



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

Sie halten nun schon die dritte Ausgabe der Zeitschrift des Lehrstuhls für Ergonomie der TUM in Händen. Nachdem sich die erste Ausgabe mit einem allgemeinen Überblick über die generellen Aktivitäten des Lehrstuhls beschäftigt hat, sollten sich die folgenden Ausgaben besonders den zentralen Forschungsgebieten des Lehrstuhls widmen. Die Ausgabe 2001 war vor allem durch die Aktivitäten auf dem Gebiet der Systemergonomie geprägt, welche sich mit der Optimierung des Informationsflusses zwischen Mensch und Maschine auseinandersetzt. Erst wenn dessen Gestaltung festliegt, kann daran gegangen werden, die geometrischen Bedingungen der Arbeitsumgebung, also auch die des bedienten Gerätes zu gestalten. Diese sog. anthropometrische Gestaltung ist ein Forschungsgebiet, auf dem der Lehrstuhl praktisch seit seinen Anfängen tätig ist. Dabei stellte sich immer mehr heraus, dass die Bildung von Gestaltungsregeln allein nicht ausreicht, die Vielfalt von Anforderungen der Praxis vollständig abzudecken. Deshalb wurde bereits in den 80er Jahren begonnen, durch Forschung für und mit Repräsentationen der menschlichen Gestalt, Regeln für die anthropometrische Produkt- und Produktionsgestaltung zu entwickeln.

Highlights

Anthropometrie - Voraussetzung für moderne ergonomische Arbeitsplatzgestaltung und -bewertung
Ein Streifzug durch die Themenfelder der Anthropometrie

E-C-N: Das Kompetenz-Netzwerk jetzt als eingetragener Verein etabliert

„Persönliches“ aus dem Lehrstuhl

Veranstaltungen

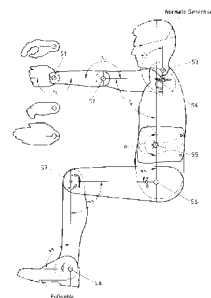
Waren zunächst die Arbeiten vor allem auf die Anwendung der „Kieler Puppe“ konzentriert, so zeigten sich bald, mit den zunehmenden Fähigkeiten der Rechner-technologie, die Vorteile einer dreidimensionalen digitalen Repräsentation des Menschen im Rechner. Durch das FAT-Forschungsprojekt „Softwaredummy“ wurden diese Arbeiten kräftig vorangetrieben. Ende der 80er Jahr entwickelte der Lehrstuhl gemeinsam mit der Firma tecmath in Kaiserslautern das Menschmodell RAMSIS (Rechnerunterstütztes Anthropometrisches Mathematisches System zur Insassen Simulation), das nun von tecmath immer noch in enger Forschungsarbeit mit dem Lehrstuhl - weiterentwickelt wird und sich weltweit zu einem der führenden digitalen Menschmodelle für das Layout von Fahrzeugen und Fahrzeugkabinen entwickelt hat. RAMSIS zeichnet sich vor anderen Menschmodellen u.a.

durch eine Spezialität aus, die bereits zu den ursprünglichen Entwicklungsideen des Lehrstuhls gehörte, nämlich der vollständigen Durchgängigkeit der Modellierung von der realen Versuchsperson zu deren Abbild als RAMSIS-Modell im Rechner.

Sozusagen als "Bruder" von RAMSIS wurde am Lehrstuhl für diesen Zweck PCMAN entwickelt, der in seiner mathematischen



Struktur RAMSIS vollkommen entspricht, aber für den genannten Zweck als Messwerkzeug konzipiert wurde und nun bereits international vielfältig eingesetzt wird.



Die kommenden Seiten geben Ihnen einen Überblick über die gegenwärtigen Forschungsaktivitäten und Ergebnisse auf diesem Gebiet.

Ich wünsche Ihnen viel Spaß und Anregung für Ihre eigene Arbeit bei der Lektüre.

Ihr

Prof. Dr. Meiner Bubb
Ordinarius

ANTHROPOMETRIE

Voraussetzung für moderne ergonomische Arbeitsplatzgestaltung und -bewertung

Thomas Seitz Tel.: 089-28915413

Die Arbeitsgruppe "**Anthropometrie und Menschmodellierung**" untersucht Aspekte wie Körpermaße, Haltung, Bewegung, Sicht, Sitzen, Komfort oder Kräfte. Unser Ziel ist es, durch Beobachten menschlicher Parameter in Abhängigkeit der geometrischen Umgebung, wie z.B. Büroarbeitsplatz oder Kraftfahrzeugcockpit, verallgemeinerte Aussagen über physisches Verhalten treffen zu können. Die Ergebnisse unserer Untersuchungen fließen direkt in das CAD Menschmodell RAMSIS ein und stehen damit umgehend den Entwicklern in der Industrie zur Verfügung.

Das *CAD Menschmodell RAMSIS* findet vorwiegend in der Autoindustrie seine Anwendung. Mit seinen Möglichkeiten, menschliche Eigenschaften (z.B. Anthropometrie, Haltungen oder Komfortempfinden) im Rechner zu simulieren, ist es der optimale Partner zur komplexen ergonomischen Arbeitsplatzgestaltung.

In unserer Arbeitsgruppe untersuchen wir derzeit das Umblickverhalten des Fahrers eines KFZ, den Sitzkomfort, insbesondere unter dem Einfluss von Schwingungen, die physikalische Kopplung von RAMSIS und Fahrzeugsitz unter Berücksichtigung von Weichteilverformungen, Haltung und Bewegung des Menschen beim Sitzen am Büroarbeitsplatz oder im KFZ, sowie die Integration unserer Simulationsmethoden in der Biomechanik und zur Optimierung von Hochleistungssportgeräten.

Zur Erfüllung unserer Aufgaben stehen uns zahlreiche, z.T. selbst entwickelte Messwerkzeuge zur Verfügung: So besitzen wir zur exakten Vermessung von Menschen einen *3-D-Laserscanner*, der binnen Sekunden ein geometrisches Modell eines Menschen im Rechner erzeugen kann. Mit diesem Werkzeug entfällt die zeitaufwändige traditionelle Vermessung von Versuchspersonen. Zum Messen von Haltungen und Bewegungen nutzen wir das markerlose, videobasierte *Messsystem PCMAN*, das am Lehrstuhl entwickelt wurde und

eine zum Menschmodell RAMSIS konforme Datenerhebung erlaubt.

Zur Untersuchung der Sichtverhältnisse im KFZ entwickelten wir den *Sichtvermessungsroboter ARGUS*, der eine präzise und schnelle Vermessung in Fahrzeugen ermöglicht.

Durch Kopplung dieser Messwerkzeuge mit unseren Versuchsständen, wie dem frei justierbaren *Fahrzeugsimulator* (Mock-up) oder unserem innovativen *Forschungsstuhl*, lässt sich die Interaktion zwischen Mensch und Maschine präzise geometrisch und physikalisch beschreiben.

Unser Mock-up beispielsweise ermöglicht die Simulation verschiedener Fahrzeuggeometrien (wie Van, Limousine oder Sportwagen), so dass der Einfluss des Packages, also der geometrischen Anordnung von z.B. Lenkrad, Sitz und Pedale auf Komfort und Haltung untersucht werden kann. Daraus abgeleitete Konstruktionshilfen ermöglichen zukünftig die noch bessere Berücksichtigung nutzerbezogener Eigenschaften im Auto.

Unser Forschungsstuhl FS2000, der mit dem Mock-up kombiniert werden kann, erlaubt die physikalischen Eigenschaften von Sitzen mit Hilfe zahlreicher Pneumatikelemente zu messen und zu simulieren.

Durch diese Werkzeuge können schon heute die Sitze der Zukunft simuliert und optimiert werden. Es stellt ein in der Welt einzigartiges Forschungsgerät dar.

Mit den hier skizzierten Aktivitäten und Möglichkeiten der Arbeitsgruppe "Anthropometrie und Menschmodellierung" bemühen wir uns, aktiv und innovativ die Zukunft des Menschen so zu gestalten, dass wir alle gesund, sicher und komfortabel die Herausforderungen des 21. Jahrhunderts bewältigen.

Lesen Sie auf den weiteren Seiten näheres zu den einzelnen Anthropometriewerkzeugen und den damit erzielten Untersuchungsergebnissen.

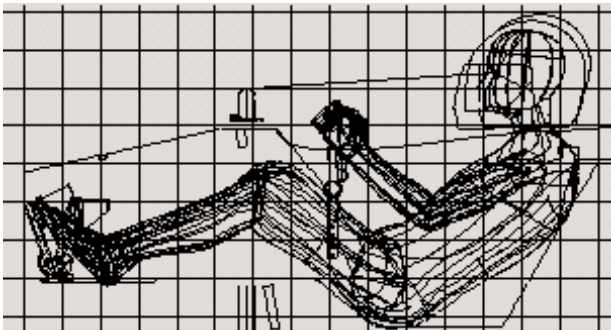
PCMAN und sein Impact beim Design innovativer Arbeitsplätze

Thomas Seitz Tel.: 089-28915413

Das Messsystem PCMAN, das in einem eigenen Artikel vorgestellt wird, ermöglicht und unterstützt moderne ergonomische Arbeitsplatzbewertung und Arbeitsplatzgestaltung hauptsächlich im Bereich der Cockpit- und Kabinengestaltung von Fahrzeugen. Im folgenden Artikel soll exemplarisch das Einsatzspektrum aufgezeigt werden, in dem PCMAN als Schlüsseltechnologie für die ergonomische Gestaltung in der Industrie zum Einsatz kam und weiterhin kommt.

In diesem Zusammenhang sei das professionelle CAD-Ergonomie-Tool RAMSIS erwähnt. Dabei handelt es sich um ein Werkzeug zur Simulation der physischen Mensch-Maschine-Interaktion (z.B. Greifräume und Sichtbereiche). Zur exakten und realistischen Simulation menschlicher Eigenschaften ist RAMSIS angewiesen auf Wissen, das von außen in das System gespeist wird. Das Ergonomie-Messsystem PCMAN dient der Erhebung solcher Daten. So sind in RAMSIS Daten über populationsspezifische Körpermaße (Typologie), Körperhaltungen in Abhängigkeit geometrischer Parameter (KFZ-Fahrerhaltungsmodell) oder Wissen über Bewegungsabläufe integriert. Der Stand der heutigen Datenbank muss aber aufgrund neuer Anforderungen stetig erweitert und ergänzt werden. Die folgenden Problem- und Fragestellungen aus der Industrie zeigen, wie der Lehrstuhl für Ergonomie (LfE) stetig das Wissen und die Erfahrung im Bereich digitaler Menschmodellierung vergrößert.

RAMSIS ist bisher optimiert für eine Analyse des Autofahrerarbeitsplatzes. Hierzu existiert das sog.



Frank Bielas virtueller Bruder im R8 Cockpit. Die Anthropometrie des Rennfahrers wurde mit PCMAN gemessen.

Fahrerhaltungsmodell, mit dessen Hilfe RAMSIS eine realistische Haltung einnimmt, so dass der

Entwicklungs-Ingenieur per Knopfdruck repräsentative Augpunktlagen, Hüftpunkte oder Fersenpunkte erhält. Wird z.B. dieses Modell auf einen Pilotenarbeitsplatz in einem Verkehrsflugzeug angewandt, so sind falsche Simulationsergebnisse zu erwarten. RAMSIS - um es in einfachen Worten zu sagen - weiß nicht, wie ein Pilot im Gegensatz zu einem Autofahrer sitzt. Um dieser Frage nachzugehen, wurde in Zusammenarbeit mit der tecmath AG, Kaiserslautern, und der Technischen Universität Darmstadt, in zahlreichen Versuchen in einem Flugsimulator Daten gesammelt, welche die Modellierung eines Pilotenhaltungsmodells erlaubten. Die Versuchspersonen waren dabei Piloten, deren Haltung beim Fliegen mit Hilfe von PCMAN vermessen wurde. Trotz der extrem beengten Verhältnisse im Simulator, was den Einsatz kommerzieller Markersysteme verhinderte, konnten durch die Verwendung konventioneller Kameratechnik exakte Daten ermittelt werden.

Ein ähnliches Problem konnte in Zusammenarbeit mit der Linde AG, Flurförderfahrzeuge, Aschaffenburg, gelöst werden. Linde stellte die Frage, ob bei einem neuen Gabelstaplermodell ein Drehsitz, der dem Fahrer eine leichtere Verdrehung im Uhrzeigersinn nach hinten ermöglicht, Vorteile bieten



Präsentation des neuen 39X Gabelstaplers auf der Hannovermesse 2002.

würde oder nicht. Hierzu sei erwähnt, dass ein Gabelstaplerfahrer gut 50% der Fahrzeit rückwärts fährt. Beim konventionellen Fahrerarbeitsplatz mit nach vorne angeordneten Bedienelementen und parallel zu den Fahrzeugkoordinatensystem ausgerichteten Sitz, ist der Fahrer gezwungen, sich beim Rückwärtsfahren stark zu verdrehen, um eine gute Sicht nach hinten zu haben. Der logisch zwingende Gedanke war also, einen Drehsitz einzubauen, der ein Umdrehen unterstützt. Das Team vom LfE führte zahlreiche Fahrversuche mit einem großen Versuchspersonenkollektiv durch und ermittelte mit PCMAN Haltungsdaten während der Fahrt. Auf Basis dieser Messungen wurden mittlere Haltungen errechnet - die Grundlage des neuen Gabelstapler-Haltungsmodell für

Vorwärts- und Rückwärtsfahrt. Auf grund dieser Messungen konnte der LfE eindeutig zeigen, wie das erfolgreiche Konzept dieses Kabinenarbeitsplatzes aussehen müsste und welches die Vor- und Nachteile eines konventionellen Sitzes gegenüber einem Drehsitz in Kombination mit verschiedenen Bedienelementen sind. Dieses Modell kann in das Ergonomie-Tool RAMSIS integriert werden und steht damit zukünftig bereits in der CAD-Phase der Prototypenentwicklung zur Verfügung. Diese Studie half dem Unternehmen schnell und erfolgreich konzeptionelle Probleme zu lösen und konnte dadurch viel Zeit und Geld einsparen.

Besonders bei der Entwicklung von Prototypen ist es sehr schwierig, die Mensch-Maschine-Interaktion im Vorfeld zu untersuchen. Während es heute kein Problem ist, ergonomische Standardfragen im Fahrzeugbau mit entsprechender Software zu beantworten, ist dies jedoch um so schwieriger, je innovativer der Prototyp ist. Volkswagen entwickelte in den letzten Jahren ein Fahrzeugkonzept, das mittlerweile unter dem Begriff „1-Liter-Auto“ allseits bekannt ist. Bei diesem Konzept wurde konsequent auf Leichtbau gesetzt und kompromisslos eine optimale Aerodynamik angestrebt.



Vorstellung des 1-Liter-Autos auf der Volkswagen Hauptversammlung, 2002.

Dies wirkt sich allerdings auf den Fahrerarbeitsplatz aus, denn das Fahrzeug ist sehr flach und schmal. Die Passagiere sitzen nicht nebeneinander sondern hintereinander - eine gewisse Analogie zum Cockpit eines Segelflugezeugs ist nicht zu übersehen. Doch ist das daraus resultierende eigenwillige Ein- und Aussteigen in dieses Fahrzeug akzeptabel? Genau dieser Frage ging Volkswagen mit Unterstützung des LfE nach und optimierte mit Hilfe von PCMAN-basierten Ein- und Ausstiegsuntersuchungen einen Prototypen, so dass heute ein Konzept vorliegt, welches den Bedürfnissen des Menschen nach einem einfachen, bequemen und sicheren Ein- und Aussteigen entgegenkommt.

Zum Schluss soll an dieser Stelle ein Arbeitsplatz erwähnt werden, der ein Höchstmaß an ergonomischer Perfektion und Präzision verlangt - der Ar-



Frank Biela im Cockpit des R8.

beitsplatz der Piloten der AUDI R8 Rennwagen. Beim 24-Stunden-Rennen von Le Mans müssen die Piloten lange Zeit bei höchster Konzentration ihren R8 sicher beherrschen. Jeder Schalter, jedes Pedal muss an der richtigen Stelle sitzen, so dass alles schnell und optimal bedienbar ist. Eine besondere Herausforderung bei der Gestaltung der R8 Cockpits ist dabei die Tatsache, dass der R8 von mehreren Piloten gefahren wird, d.h. für alle Piloten eines Fahrzeugs muss das Cockpit ergonomisch optimal gestaltet sein. Hierzu erstellte der



AUDI R8.

LfE mit Hilfe seines Messsystems von den Rennfahrern Frank Biela und Emanuele Pirro, die den "roten R8" schon zweimal zum Sieg brachten, ein exaktes dreidimensionales Computermodell. Da die Fahrer nun immer virtuell verfügbar sind, konnte mit diesen Daten das Cockpit optimal an die Fahrer angepasst werden, ohne dass diese ihr Training und die Vorbereitung auf das Rennen unterbrechen mussten, um in Cockpit-Modellen, den sog. Mock-ups, Probe zu sitzen.

Wie an den ausgewählten Beispielen gezeigt wurde, findet PCMAN in der Industrie ein breites Anwendungsfeld und unterstützt Entwicklungs-Ingenieure bei der ergonomischen Auslegung innovativer Arbeitsplätze. Dabei findet das System nicht nur Anwendung im Fahrzeugbau, sondern wird auch zur Ermittlung empirischer Daten für Büroarbeitsplätze oder z.B. zur Auslegung zukünftiger Operationsarbeitsplätze für minimalinvasive Chirurgie in Zusammenarbeit mit dem Klinikum rechts der Isar der TU München und der Siemens Medical Solutions eingesetzt.

Der Lehrstuhl für Ergonomie freut sich, hierüber bald mehr berichten zu können.

Das Messsystem PCMAN

Thomas Seitz Tel.: 089-28915413

PCMAN ist eine Software mit deren Hilfe man das 3-D-Menschmodell RAMSIS an die individuelle Anthropometrie einer Versuchsperson anpassen und individuelle Haltungen bzw. Bewegungen messen kann.

Das zugrundeliegende Prinzip ist relativ einfach. Mit Hilfe von Video oder Digitalkameras werden Aufnahmen des Probanden aus unterschiedlichen Perspektiven zeitgleich aufgenommen. Ein Kalibrieralgorithmus berechnet die Kamerastandorte zueinander unter Berücksichtigung von Brennweite, CCD-Format und Auflösung sowie Linsenverzerrung. Damit kann durch Triangulation der Ort eines Punktes, der in allen Kameraansichten sichtbar sein muss, im Raum bestimmt werden. Bei einer typischen Anordnung mit einer Entfernung Kamera - Versuchsperson von ca. 3m und einer Bildauflösung von 576 x 768 Bildpunkten kommt man zu einer Genauigkeit von 3-5mm.



Abb. 1: Oben: Aufnahmen einer Versuchsperson in zwei Haltungen.
Unten: Überlagerung eines korrekten dreidimensionalen Abbilds der Versuchsperson.

Die Software kann in die kalibrierten Aufnahmen das Menschmodell RAMSIS überlagern (Abb. 1). Die in Abb. 1 dargestellte exakte Überlagerung von Versuchsperson und Modell ist das Ergebnis eines iterativen Prozesses. Hierbei verformt der Anwender mit Unterstützung der Software gezielt das CAD-Menschmodell, welches anfangs eine

Standardgröße besitzt, bis sich eine exakte Überlagerung von Modell und realer Versuchsperson ergibt. Bedingt durch die zwei Ansichten können nur Breiten und Tiefen an der Versuchsperson durch Auswerten ihrer Kontur ermittelt werden. Die dreidimensionale Oberfläche des Menschmodells wird zwischen diesen Projektionen interpoliert. Nach Abschluss dieses Prozesses sind neben Standardmaßen wie Körperhöhe, Taillenumfang und Sitzhöhe auch Maße wie Oberarmlänge, Kopfgröße, Fußgröße oder Brustumfang detailliert bekannt.

Mit Hilfe des so erzeugten Modells der Versuchsperson können beliebige Haltungen und Bewegungen vermessen werden. Hierzu müssen lediglich weitere Bilder aufgenommen werden, in die das Modell projiziert wird. Durch Verändern der Gelenkwinkel am Modell erhält man die Haltung, welche die Versuchsperson in den Aufnahmen zeigt. In Abb. 2 ist exemplarisch das Vermessen einer Sitzhaltung beim Fahren in einem "Mock-up" dargestellt.

Es zeigt eine optimale Überdeckung zwischen Proband und Modell, die sich nur ergibt, wenn das Modell exakt die Haltung aufweist, die der Proband in den Aufnahmen vorgibt.



Abb. 2: Vermessung einer Fahrerhaltung mit Hilfe des zuvor erzeugten Modells.

Bewegungsanalysen mit PCMAN

Neben einzelnen, statischen Haltungen kann PCMAN auch für die automatische Analyse ganzer Filme verwendet werden. Hierbei ist zu beachten, dass im Gegensatz zu gängigen Bewegungsanalysemethoden keinerlei Marker verwendet werden müssen. Damit entfällt die lästige Präparierung der Versuchsperson mit reflektierenden Bällchen oder ähnlichen Markierungen. Die Versuchsperson kann sich somit frei und ungehemmt bewegen.

Insbesondere dieser Aspekt, nämlich dass PCMAN eine markerlose Bewegungsanalyse ermöglicht, macht das System zum idealen Partner bei der Untersuchung von Bewegungen in komplexen Umgebungen wie beispielsweise dem KFZ. Zur Analyse eines Bewegungsfilmes muss lediglich die Starthaltung in den ersten Bildern der Sequenz angepasst werden. Die Bewegung und damit Änderung der Haltung gegenüber dem Startbild errechnet die Software automatisch. Man kann

somit ohne großen Aufwand hunderte von Haltungen generieren, die - aneinandergereiht - exakt die Bewegung der Versuchsperson im Raum wiedergeben (vgl. hierzu Abb. 3-6). Zwar ist im Hinblick auf ein vollautomatisches Ganzkörpertrackingsystem, das sich auch von Verdeckungen, Beleuchtungsschwankungen u.ä. nicht abschrecken läßt, noch reichlich Forschungsarbeit nötig, doch bietet PCMAN schon heute einige Features, die es zu einem einzigartigen und innovativen System machen.



Abb. 3: Erstes Bildpaar einer Bewegungssequenz. Die angepasste Haltung initialisiert die automatische Bewegungsanalyse.

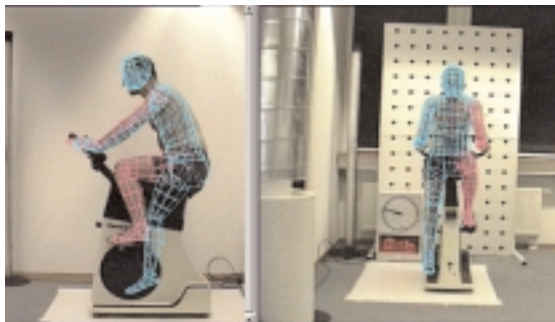


Abb. 4: Folgebild von Abb. 3. Ein Algorithmus berechnet, wohin sich Körperelemente bewegt haben und ermittelt die entsprechende neue Haltung.



Abb. 5: Weiteres Folgebildpaar. Wie im Vorbild errechnete die Bewegungsverfolgung die neue Haltung. Nach diesem Prinzip wird sukzessive ein ganzer Film analysiert und jede Haltung berechnet.

Technische Daten

PCMAN zeichnet sich durch seine Mobilität, Flexibilität und hohe Genauigkeit aus. Zur Bildgewinnung können beliebige Video- oder Digitalkameras verwendet werden. Das System arbeitet in der Regel mit Bildern im Bitmap-Format aus zwei Kameraansichten.

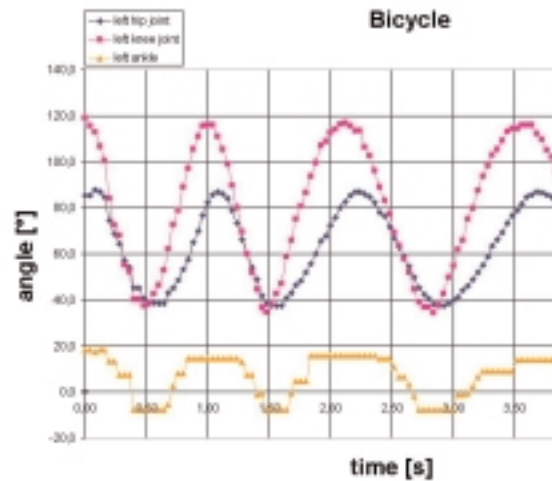


Abb. 6: Als Ergebnis einer Bewegungsanalyse erhält man Winkelverläufe über der Zeit, sowie Gelenkpositionen im Raum für sämtliche RAMSIS Gelenke.

Es können aber auch mehr Kameraansichten verwendet werden. Minimalste Systemvoraussetzung ist Windows 95. PCMAN ist voll kompatibel zum Ergonomie CAD-Tool RAMSIS. Außerdem lassen sich alle Daten im ASCII-Format exportieren, so dass auch eine Datenanalyse mit anderen Programmen (z.B. Excel) möglich ist.

Literatur

- H. Geuß, Entwicklung eines anthropometrischen Messverfahrens für das CAD-Menschmodell RAMSIS, Dissertation, TU München, 1994
- Seidl, A., Das Menschmodell RAMSIS - Analyse, Synthese und Simulation dreidimensionaler Körperhaltungen des Menschen, Dissertation, TU München, 1993
- Seitz, T., The optical measurement system PCMAN, In: Proceedings of the Workshop on 3D Anthropometry and Products Design, Paris, June 25 - 26, Editor A. Coblentz, 1998, p. 7.1 - 7.4.
- Seitz, T. and Bubb, H., Measuring of Human Anthropometry, Posture and Motion, In: Proceedings of SEA Conference on Human Modelling, The Hague, May 18-20, #1999-01-1913, SAE International, 1999.
- Seitz, T. and Bubb, H., Human model based movement-capturing without markers for ergonomic studies, Proceedings of the SAE Conference on Digital Human Modeling, June 26-28, Washington, DC, 2001.

Entwicklung eines ergonomisch optimierten Hörsaalgestühls für die Fakultät Maschinenwesen der TUM

Heinzpeter Rühmann Tel.: 089-28915390

Große Ereignisse werfen nicht nur ihre Schatten voraus, sondern erfordern auch vielfach die Etablierung von Arbeitskreisen.

Das "große Ereignis" war der Neubau der Fakultät für Maschinenwesen der Technischen Universität München (TUM) innerhalb des Forschungsgeländes Garching, mit dem der modernste Hochschulbau in Europa entstehen sollte. Der Arbeitskreis "Hörsaalgestaltung", in dem auch der Autor dieses Beitrags vertreten war, hatte die Aufgabe, die Anforderungen an die künftigen Hörsäle festzulegen. Dabei wurde dem Lehrstuhl für Ergonomie die Aufgabe übertragen, im Rahmen der einschränkenden Bedingungen bei festen Bestuhlungen in Hörsälen, die über Jahre hinweg dem Massenbetrieb an Hochschulen stand halten müssen, die Sitzbedingungen in einem Hörsaalgestühl zu optimieren. Innerhalb des für einen Studenten-Arbeitsplatz vorgegebenen Rastermaßes von 60 cm Breite und 90 cm Tiefe war ein bestmöglicher Kompromissvorschlag hinsichtlich Sitzgeometrie sowie Formgebung von Sitzfläche und Rückenlehne zu erarbeiten. Darüber hinaus sollten die mikroklimatischen Bedingungen im Kontaktbereich Gesäß-Sitzfläche optimiert werden.

Optimierung der Gestühlmaße und des Mikroklimas

Sitzgeometrie des optimierten Gestühls

Die mit Probanden unterschiedlicher Körpergröße (etwa 50. Perzentil weiblich, 5. bis 95. Perzentil männlich) durchgeführte, iterative Optimierung führte zu den in Abb. 1 dargestellten Arbeitsplatzmaßen für die optimale Sitzflächen-Rückenlehnen-Kombination.

Sitzhaltung: Bei Einhaltung des Arbeitsplatz-Rastermaßes in der Tiefe (90 cm) ergibt sich bei einer gegebenen Sitzflächen-Tiefe (45 cm) durch die in Längsrichtung s-förmig konturierte Rückenlehne der positive Nebeneffekt der gewünschten Überdeckung von Sitzflächen- und Arbeitsflächenvorderkante von selbst. Damit wird der Rundrückenhaltung, verbunden mit einer Kyphosierung der Lendenwirbelsäule und hohen ventralen (bauchseitigen) Bandscheibenbelastungen, wirkungsvoll begegnet (Kyphosierung: die Vorwärtskrümmung der Lendenwirbelsäule (Lordose) geht über in eine aufrechte oder nach rückwärts gekrümmte Stellung). Bei dem begrenzten Raumangebot in der Tiefe resultieren aus dieser sinnvollen Zuordnung

von Sitzfläche zu Arbeitsfläche eine Reihe weiterer Konsequenzen für die Arbeitsplatz-Auslegung. Rückenlehne: Durch die s-förmige Auslegung der Rückenlehne und den nach hinten geneigten oberen Lehnensabschnitt ist eine für die Rumpfmuskulatur entspannende hintere Sitzhaltung möglich, bei der der Rumpfschwerpunkt hinter den Sitzbeinhöckern liegt. Damit bei dieser Rückenlehnenform unter Einhaltung eines Spaltmaßes zwischen Sitzflächenhinterkante und Lehne von etwa 3 cm (Quetschgefahr für die Finger) und bei der maximal möglichen Arbeitsplatztiefe von 90 cm die Sitzfläche nicht zu weit nach vorne wandert, musste an der vorhandenen Rückenlehne die Längskonturierung im unteren Lehnensabschnitt so modifiziert werden, dass der untere Lehnensabschnitt einen Winkel von etwa 90° zum Fußboden (nicht zur Sitzfläche!) bildet.

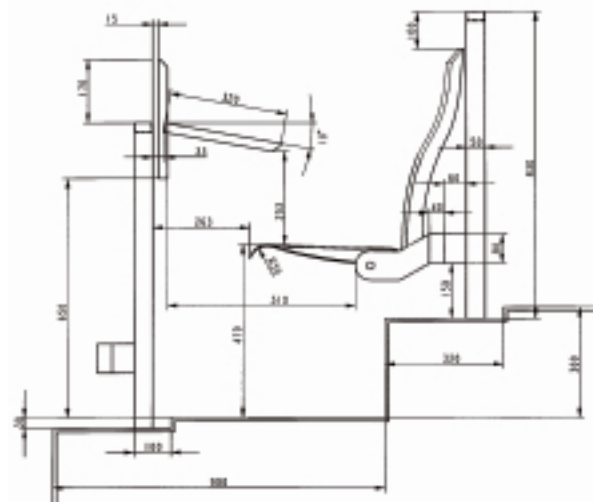


Abb. 1: Maße des optimierten Hörsaalgestühls

Fußfreiraum: Durch die nach hinten geschwungene Rückenlehne liegt die Sitzfläche zwangsläufig weiter vorne, was ggf. zu Lasten des Fußfreiraumes gehen könnte. Um Studenten mit einer Körpergröße des 95. Perzentils (für die Altersgruppe der 20-25jährigen beträgt die Körpergröße mit Schuhwerk für das 95. Perzentil männlich 1965 mm) einen ausreichenden Fuß- und Beinfreiraum zu schaffen, wurde unterhalb der Arbeitsfläche auf eine Taschenablage verzichtet und der Aufwand nicht gescheut, im Fußbereich den Fußboden um 3 cm abzusenken. Diese Fußbodenabsenkung ist insbesondere bei einer Stufenhöhe von 30 cm sinnvoll. Damit speziell bei dieser Stufenhöhe der Fußfreiraum nutzbar ist, muss die Quertraverse, an der die Sitzflächen angeschlagen sind, um etwa 6 cm nach vorne versetzt werden. Da der Fußfreiraum im Ristbereich mindestens 15 cm hoch sein sollte, muss (zumindest bei einer Stufenhöhe von 30 cm) das Anlenkblech für die Aufnahme der Sitzfläche abgewinkelt ausgeführt sein (Abb. 1). Der Drehpunkt für die Sitzfläche liegt dabei zweckmäßigerweise etwa unter den Sitzbeinhöckern (13

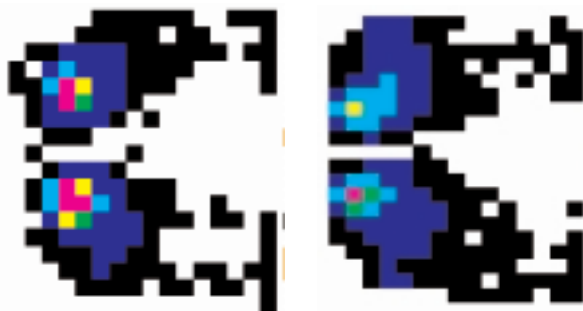
cm vor der Kreuzbein-Abstützung an der Rückenlehne).

Arbeitsfläche: Durch die weiter vorne liegende Sitzfläche, die dann auch im hochgeklappten Zustand weiter in den Durchgang hineinragt als bei einem Standard-Gestühl, kann sich bei einer nicht sinnvoll ausgelegten Klappmechanik für die Schreibfläche eine zu geringe Durchgangsbreite ergeben. An den Klappmechanismus sind zwei Forderungen zu stellen:

- Anklappen so nah wie möglich an den vertikalen Holm (Durchgangsbreite),
- vertikale Distanz Vorderkante Schreibfläche - Fußboden im hochgeklappten Zustand 65 cm (Behinderung im Oberschenkel-Knie-Bereich).

Der Schreibflächen-Neigungswinkel wurde auf 10° eingestellt. Dieser Winkel erschien ein brauchbarer Kompromiss zur Reduzierung der Parallaxe einerseits und zur Vermeidung des Wegrutschens von Arbeitsunterlagen andererseits.

Druckverteilung: Im Kontaktbereich zwischen dem Gesäß und der Sitzfläche wurde die Druckverteilung für beide Sitzflächen - optimale Sitzfläche vs. Standard-Sitzfläche - mit einer Druckmessmatte gemessen. Auffällig bei der Standard-Sitzfläche ist, dass die Hauptlast vom Gesäßbereich aufgenommen wird und die Oberschenkel nur geringfügig - an den seitlichen Sitzflächenrändern und am vorderen Rand - zur Lastaufnahme beitragen (Abb. 2). Daraus resultieren hohe Flächendrücke im Bereich um die Sitzbeinhöcker mit einem Spitzenwert von 9,2 N/cm².



>0,2 >0,7 >1,3 >1,9 >2,7 >3,1 >3,8 (N/cm²)

Abb. 2: Druckverteilungsdarstellung für die vordere Sitzhaltung auf einer Standardsitzfläche (links) und der optimierten Sitzfläche (rechts)

Bei der dem Gesäß gut angeformten Sitzfläche des optimierten Hörsaal-Gestühls ist die lastaufnehmende Kontaktfläche gegenüber der Standard-Sitzfläche um ca. 30% größer, was zu einer deutlichen Reduktion des Maximaldrucks unter den Sitzbeinhöckern führt. Im Vergleich zu der Standard-Sitzfläche ist der Spitzendruck auf der vor allem im seitlichen Gesäßbereich gut ausgeformten Sitzfläche um etwa 55 % geringer.

Mikroklimatische Optimierung der Sitzfläche

Neben der Arbeitsplatz-Geometrie sowie der Formgebung von Sitzfläche und Rückenlehne

spielen die mikroklimatischen Bedingungen eine wesentliche Rolle für die Bequemlichkeit eines Sitzarbeitsplatzes. Auch im thermischen Neutralbereich (ca. 21 bis 22°C Lufttemperatur, 50% relative Luftfeuchte) gibt der körperlich nicht sonderlich aktive Mensch Feuchtigkeit ab (insensible Feuchtigkeitsabgabe), die möglichst vollständig verdunsten soll. Sind die Kontaktflächen zum menschlichen Körper nicht wasserdampfaufnahmefähig oder -durchlässig, so wird die Feuchtigkeit von der Bekleidung aufgenommen, die dann zunehmend durchfeuchtet wird. Das Kleben der Kleidung an der Haut ist nicht nur unangenehm, feuchte aufgequollene Haut ist anfällig gegenüber Reizungen und Entzündungen durch das Eindringen von Mikroorganismen.

In einer weiteren Versuchsreihe wurde untersucht, inwieweit sich die mikroklimatischen Eigenschaften von Holzgestühl durch Maßnahmen an der Sitzfläche (Perforierungen, Quernuten) verbessern lassen.

Ausgehend von der Bezugs-Sitzvariante (Standardsitzfläche) wurden verschiedene Maßnahmen zur Verbesserung des horizontalen und vertikalen trockenen und feuchten Wärmetransportes realisiert. Der horizontale Wärmetransport lässt sich beispielsweise durch Quernuten in der Sitzfläche, der vertikale durch eine Perforation des Sitzes, z.B. in Form einer gelochten Sitzfläche realisieren. Die Holzsitzflächen sind 48 cm breit und 42 cm tief. Die Quernuten verlaufen über die gesamte Sitzflächenbreite. Eine rechteckige Fläche von 38 x 28 cm wurde für Perforationsbohrungen vorgesehen.

Da sowohl der Perforationsgrad (Anteil der Lochfläche, bezogen auf die gesamte Fläche mit Perforationen x 100 (%)) als auch der Modus der Bohrungen (Bohrlochdurchmesser, -mittenabstand) in der Sitzfläche den Feuchte- und Wärmetransport beeinflussen, wurden diese Einflussgrößen systematisch variiert. Für die Mikroperforation mit einem Perforationsgrad von 20% (Bohrungsdurchmesser 3 mm, Bohrungsabstand 6 mm) ergeben sich ca. 2950 Bohrungen.

Zu Vergleichszwecken wurden folgende weitere Stuhlvarianten in die Untersuchungen miteinbezogen:

- Kunststoffsitz, wie er in Sportstadien verwendet wird,
- Standard-Bürodrehstuhl mit guten mikroklimatischen Eigenschaften.

Um das Mikroklima im Kontaktbereich Mensch/Sitz unmittelbar am menschlichen Körper zu erfassen, wurde ein spezielles Klimamesssystem verwendet, das es gestattet, bei minimaler Fühlergröße sowohl Temperaturen von 10 °C bis 40 °C (Messgenauigkeit ± 0,5 °C) als auch die relative Feuchte in einem Bereich von 10% bis 100% r.F. (Messgenauigkeit ± 3% r.F.) zu erfassen.

Drei kombinierte Temperatur- bzw. Feuchte-Messfühler - jeweils ein Messfühler an der linken und

rechten Oberschenkelunterseite und ein Messfühler in der Gesäßmitte - wurden mittels an der Hose angenähter Taschen aus netzartigem Stoffmaterial an den Probanden fixiert.

Abb. 3 zeigt die über alle Versuchspersonen und alle Messstellen gemittelten Zeitverläufe der relativen Luftfeuchte für vier ausgewählte Sitzvarianten.

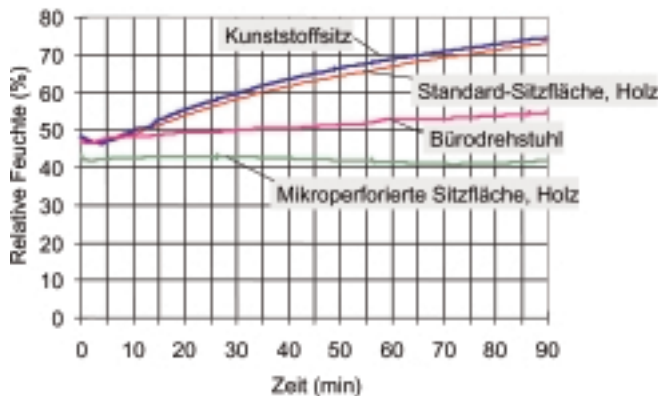


Abb. 3: Zeitverläufe der relativen Feuchte für 4 Sitzflächen

- Die höchsten Messwerte für die relative Feuchte mit Werten bis ca. 75 % werden für den Kunststoffstuhlsitz erreicht. Ebenfalls im obersten Bereich liegt die geschlossene Sitzfläche Holz - Standard (Bezugs-Sitzvariante) mit relativen Feuchtwerten bis über 73 %.
- Eine deutliche Verbesserung um ca. 20%-Punkte wird mit dem Bürodrehstuhl erzielt, für den nach einer 90-minütigen Benutzung die relative Feuchte bei etwa 55% liegt.
- Die niedrigsten Messergebnisse werden mit der mikroperforierten Sitzfläche erreicht. Hierbei erreicht die relative Feuchte Werte von etwa 42 %.
- Die Mittelwertskurven der relativen Feuchte zeigen für die meisten untersuchten Sitze (außer der mikroperforierten Variante) einen ansteigenden Verlauf. Für die mikroperforierte Sitzfläche ist während der Benutzung kein Anstieg der relativen Feuchte feststellbar. Sie zeichnet sich gegenüber einem gepolsterten Bürodrehstuhl mit guten mikroklimatischen Eigenschaften durch eine noch bessere Wasserdampfdurchlässigkeit aus.

Der horizontale Wasserdampftransport durch Quernuten in der Sitzfläche ist so gering, dass diese Variante zur Optimierung des Mikroklimas ausscheidet.

Nach einer Sitzdauer von 90 Minuten streuen die Kontakttemperaturen in einem Bereich von 2,5 °C, z.B. beträgt dann für den Bürodrehstuhl die Kontakttemperatur 35,5 °C, für den mikroperforierten Sitz und den Kunststoffstuhlsitz 33 °C.

Zusammenfassung der Ergebnisse

Die iterative Optimierung eines Hörsaal-Arbeitsplatzes hinsichtlich Sitzgeometrie (räumliche Anordnung der Arbeitsplatzelemente Sitzfläche, Rückenlehne und Arbeitsfläche), Formgestaltung und Mikroklima der Körperunterstützungsflächen hat schließlich zu einem Hörsaalgestühl geführt, dessen Gebrauchseigenschaften sich deutlich von den üblicherweise in Hörsälen installierten Studenten-Arbeitsplätzen unterscheiden. Dies konnte sowohl durch physikalische Messungen (Druckverteilung im Sitzbereich, Feuchte- und Temperaturmessungen) als auch durch Fragebogenerhebungen nachgewiesen werden.

Bei einem fest vorgegebenen Rastermaß für einen Studenten-Arbeitsplatz im Hörsaal (60 cm breit, 90 cm tief) stehen einer optimalen Lösung schlicht maßliche Grenzwerte im Wege, so dass eine 'optimierte Lösung' zwangsläufig nur als eine 'Kompromisslösung' gewertet werden kann. Da diese Kompromisslösung zudem über keinerlei individuelle Anpassungsmöglichkeiten verfügt, kann sie auch nicht jedem Studenten gerecht werden. In diesem Sinne sind auch die Ergebnisse der subjektiven Beurteilung zu bewerten, d.h. eine 100-prozentige Befürwortung des optimierten Gestühls kann nicht erwartet werden.

Die im Rahmen dieser Studie gewonnenen physikalischen und subjektiven Ergebnisse sprechen jedoch eindeutig für die optimierte Lösung, die - bezogen auf derzeit in Hörsälen installierte Gestühle - einen ergonomischen 'Schritt nach vorne' darstellt.

Praktische Umsetzung und Perspektiven

Mit den gewonnenen Ergebnissen konnten auch die mit der Hörsaalplanung für den Neubau der Fakultät Maschinenwesen in Garching beauftragten Architekten überzeugt werden, diesen Schritt nach vorne zu gehen. Die für das Hörsaalgestühl erarbeiteten Maße wurden der Ausschreibung zugrundegelegt. In Zusammenarbeit mit der beauftragten Sitzmöbelfabrik und den Architekten wurden industriell gefertigte Musterarbeitsplätze in einigen Details und im Design weiter verbessert. Abb. 4 zeigt einige wesentliche konstruktive Merkmale:

- Befestigung der Sitzbeschläge mittels Schellen an einer vor den Standpfosten verlaufenden Quertraverse (zwischen den Standpfosten sind jeweils zwei Arbeitsplätze angeordnet, um Einschränkungen im Fußbereich zu minimieren).
- Weit vor die Quertraverse gelegte Drehbeschläge für die Sitzfläche, um den horizontalen Freiraum für die s-förmig nach hinten geschwungene Rückenlehne zu realisieren.

- Anordnung der Drehbeschläge unter der Sitzfläche, um eine möglichst breite Sitzfläche (52 cm) unterbringen zu können.
- Mikroperforation der Sitzfläche.
- Bei einer Stufenhöhe von 30 cm ist die Stufe unter der Sitzfläche in einer Tiefe von 32 cm (Schuhlänge), gemessen von der Stufenkante, um 3 cm abgesenkt, um einen nutzbaren Fußfreiraum für sehr große Studenten zu schaffen.

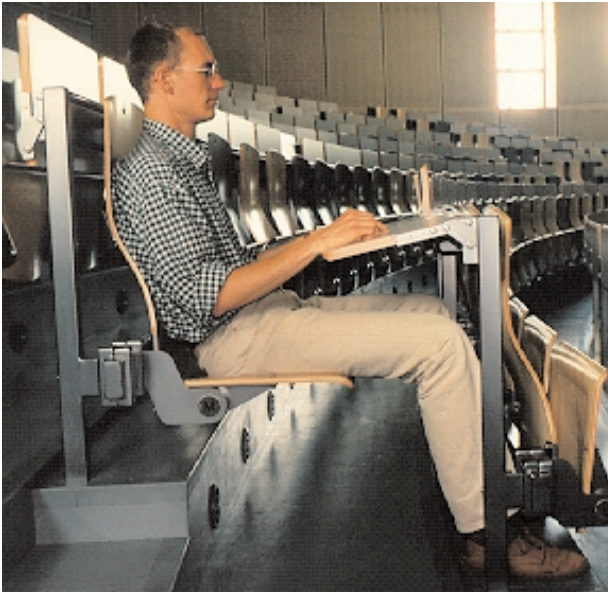


Abb. 4: Optimiertes Hörsaalgestühl im Neubau der Fakultät Maschinenwesen

Das neue Hörsaalgestühl wird von den Studierenden uneingeschränkt positiv aufgenommen. Das "Ambiente" moderner Hörsäle wird von modernster Technik geprägt - Medientechnik, Schallreflektoren, Schallabsorptionsflächen, Beleuchtung über Fluter und Spiegelreflektoren -, wobei dem Gestühl eher der Stellenwert des 'Notwendigen' und 'Gebräuchlichen' eingeräumt wird. Mit den Ergebnissen der vorliegenden Studie und ihrer Umsetzung in ein Produkt konnte gezeigt werden, dass es bei vertretbarem Aufwand möglich ist, den Studierenden anstelle des gebräuchlichen einen ergonomischen Arbeitsplatz im Hörsaal zu schaffen. Dies war jedoch nur durch die enge Kooperation mit den Architekten und Herstellern möglich. Unser besonderer Dank gebührt daher

- dem Architekturbüro Henn, München,
 - der Sitzmöbelfabrik Schröder und Henzelmann, Vlotho,
 - der Holzwarenfabrik Fritz Emme, Bad Pyrmont und
 - dem Holzbearbeitungswerk Reese, Emmerthal.
- Mit einigen geringfügigen Modifikationen (z.B. geteilte Schreibplatte) wird das ergonomisch optimierte Hörsaalgestühl seit einiger Zeit von der Fa. Grammer Bürostühle GmbH, Amberg mit der Produktbezeichnung "Leonardo" und dem Motto "das ergonomische Genie unter den Hörsaalstühlen"

angeboten (Abb. 5). Zum Wohle der Studierenden wünschen wir diesem Produkt hohe Verkaufszahlen.



Abb. 5: "Leonardo" - das ergonomische Genie unter den Hörsaalstühlen (Foto: Grammer Bürostühle GmbH)

Erinnern Sie sich ?

Wir suchten in der letzten Ausgabe den treffendsten Ergonomie-Slogan. Wir baten um Ihre Ideen, was Ihnen Ergonomie bedeutet.

Wir bekamen von Ihnen viele interessante Vorschläge, für die wir uns auf diesem Weg ganz herzlich bedanken.

Leider konnte sich unsere Jury noch für keinen Sieger entscheiden. Und deshalb sind alle teilnehmenden Vorschläge selbstverständlich noch im Rennen!

Wir werden in einem zweiten, erweiterten Verfahren alle Beiträge noch einmal einer erneuten Begutachtung unterziehen und dann . . .!

Also, wir bitten Sie um noch etwas Geduld und versprechen Ihnen, so schnell wie möglich, einen Slogan und den Gewinner zu präsentieren.

Das Redaktionsteam

PS.: Es werden noch Beiträge angenommen

Ist Denken im Sitzen komfortabel?

Jürgen Hartung Tel.: 089-28915401

"Homo Sedens"

Der Mensch entwickelte sich vom Affen zum "Homo sapiens", dem denkenden Menschen. Doch die Entwicklung blieb nicht stehen und so wurde aus dem "Homo sapiens" der "Homo sedens", der sitzende Mensch. Sitzen ist ein wichtiger Bestandteil unseres Lebens geworden. Die meisten von uns sitzen, wenn sie arbeiten oder sich erholen. Paradoxe Weise sitzen wir sogar, wenn wir uns fortbewegen im Auto, im Flugzeug, im Bus usw..

Der Ergonomie war es deshalb schon immer ein Anliegen, für die Gestaltung von Sitzarbeitsplätzen richtige Wege zu weisen. Zu Beginn wurden nur Körpermaße verwendet, die später in einfache 2-dimensionalen Zeichenschablonen umgesetzt wurden. Die 2-Dimensionalität und die Vereinfachung der Bandbreite von unterschiedlichen Körperbautypen der Zeichenschablonen waren für die wachsenden Anforderungen nicht mehr ausreichend. So wurde hier am LfE, finanziert durch ein Konsortium der deutschen Automobilindustrie, das 3-D Computer-Menschmodell RAMSIS entwickelt. Mit RAMSIS ist es möglich in einer 3D CAD-Umgebung ergonomische Studien durchzuführen. Um diese Studien sinnvoll durchführen zu können, muss das Menschmodell so positioniert werden, wie es der Realität entspricht. Die Haltung wird dabei über ein aus Versuchen entwickeltes Haltungsmodell berechnet.

Anthropometrie des Sitzens

Insbesondere bei der Untersuchung von sitzenden Haltungen besteht die Problematik der richtigen Positionierung des Menschmodells in Relation zum Sitz. Da RAMSIS über keine Simulation des Materialverhaltens des Menschen oder Sitzes verfügt, gibt es keine Möglichkeit einer Interaktion zwischen Mensch und Sitz. Um eine in der Realität auftretende Positionierung zu erreichen, werden entsprechende Untersuchungen mit Versuchspersonen durchgeführt, bei denen die Position der Probanden gemessen wird. Da diese Position stark

von den Eigenschaften des Sitzes abhängt, müssen für jeden neu konzeptionierten Sitz diese Versuche erneut durchgeführt werden.

Da diese Versuche sehr zeit- und kostenintensiv sind, ist es das Ziel der weiteren Forschung, die Interaktion zwischen Mensch und Sitz zu modellieren. Um dieses zu erreichen, werden grundlegende Versuche zum Materialverhalten menschlicher Weichteile durchgeführt, die dann als Basis für eine Modellierung mit der Methode der finiten Elemente dienen.

Sitzkomfort

Durch den Fortschritt der Forschung im Bereich des Sitzens wurde bereits sehr viel für die Erhaltung der Gesundheit an Sitzarbeitsplätzen erreicht. Bei Berücksichtigung des aktuellen Wissenstandes in diesem Bereich kann ein Sitzarbeitsplatz so ausgelegt werden, dass gesundheitliche Schädigungen minimiert werden. Es rückt deshalb eine höhere Stufe der Sitzbewertung in das Blickfeld der Wissenschaft: der Sitzkomfort.

Der Schwerpunkt der Forschung am LfE liegt in der Beziehung zwischen den Kräfteverhältnissen in der Kontaktfläche zwischen Versuchsperson und Sitz und den subjektiven Wertungen von Versuchspersonen.



Auguste Rodin (1840-1917): Der Denker. Collection Kraas

Forschungsstuhl 2000

Um die oben genannten Untersuchungen durchzuführen, wurde der Forschungsstuhl 2000 entwickelt. Sitz- und Lehnenfläche des Forschungsstuhles bestehen aus je 9 x 9 Verfahreinheiten. Jede Einheit ist mit einem Wegmesssystem und einem Kraftaufnehmer versehen.

Durch Abtasten eines bestehenden Sitzes mit den Verfahreinheiten kann die Oberflächenkontur des Sitzes aufgenommen werden. In einem weiteren Schritt werden die Verfahreinheiten mit einer definierten Kraft in den Sitz gepresst. Durch sukzessive Erhöhung der Prüfkraft werden die Federeigenschaften des Sitzes erfasst. Auf Basis der Oberflächendaten und der Federkennlinien lässt sich der so vermessene Sitz auf dem Forschungsstuhl simulieren.

Die Simulation auf dem Forschungsstuhl bietet folgende Vorteile gegenüber dem herkömmlichen Versuchsaufbau mit Sitz und Druckmessmatte:

- direkte Erfassung der Druckverteilung an der

Kontaktfläche Mensch-Sitz

- direkte Erfassung des Einsinkprofils
- Online-Variation der Sitzparameter „Geometrie“ und „Federsteifigkeit“

Der Forschungsstuhl ist zur Zeit weltweit die einzige bekannte Versuchseinrichtung, die diese Fähigkeiten in sich vereint.



Versuchsaufbau des Forschungsstuhls 2000

Der Forschungsstuhl ist modular und hochflexibel aufgebaut, so dass sich zukünftige Forschungsvorhaben durch Modifikationen der Steuerungssoftware für die Verfahrenseinheiten realisieren lassen. Eine denkbare Erweiterung ist z.B. die Untersuchung der Wirkung von Massagefunktionen in verschiedenen Körperbereichen auf das Komfortempfinden.

Ergonomische Gestaltung von Websites

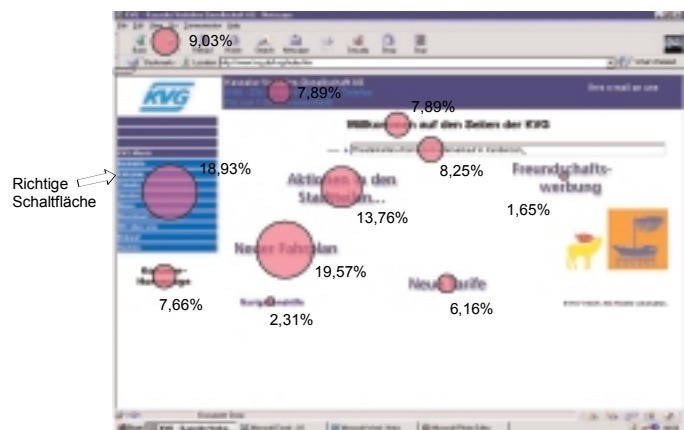
Ryoko Fukuda Tel.: 089-28915409

Herkömmliche Untersuchungen zur Webnutzung wurden meistens durch die subjektive Bewertung oder die Analyse von Log-Files durchgeführt. Objektive Analysen der menschlichen Seite, welche die Informationsaufnahme dabei berücksichtigen, sind nur selten zu finden. In einer Arbeit wurden die Schwierigkeiten bei der Informationssuche im World Wide Web durch Blick- und Verhaltensanalysen untersucht. Es wurde dabei festgestellt, dass die Abweichung zwischen der Soll-Vorstellung des Nutzers und der realisierten Webgestaltung zu Verwirrungen und Schwierigkeiten führt. Durch ei-

ne ungünstige Strukturierung ist das Fehlen des direkten Zugangs zur gewünschten Seite, die unerwartete Navigation sowie die schwer verständliche Unterteilung der Website (= Menügestaltung) als Ursache der Verwirrungen anzuführen. Bezüglich der Seitengestaltung ereignen sich häufig Verwirrungen, wenn die zu suchende Schaltfläche nur durch Scrollen sichtbar wird oder wenn dessen Lage und Größe unauffällig ist bzw. dessen Beschriftung nicht eindeutig erfassbar ist. Existieren daneben andere verwechselbare Schaltflächen, verstärkt sich diese Verwirrung noch.

Bei Senioren fallen außerdem Schwierigkeiten mit dem Lesen der kleinen Schriften sowie mit der Betätigung kleiner Schaltflächen auf. Diese Schwierigkeiten beziehen sich auf altersbedingte Veränderungen der Sehfunktion. Senioren tendieren durch die Verwirrung dazu, eine eigene sichere Navigations-Strategie aufzubauen. Dabei wird hauptsächlich eine bekannte Schaltfläche, wie die Rücksprungfunktion des Browsers, betätigt. Der Unterschied zwischen erfahrenen Nutzern und Anfängern ist in der Navigationsstrategie erkennbar, jedoch nur bei einer ungünstigen Sitestruktur.

Für eine gute Webgestaltung, sind die dargestellten Probleme zu vermeiden. Die Sitestruktur muss die Soll-Abläufe der gesamten Informationssuche berücksichtigen. Ein Menü, mit höchstens einer Bildschirmgröße inklusive voneinander unterscheidbarer, benannter Alternativen, ist zu empfehlen. Bei der Seitengestaltung sollen alle Navigationsschaltflächen immer ohne „Scrollen“ sichtbar sein; dafür eignet sich die Frame-Struktur. Um eine optimale Lesbarkeit zu gewährleisten, sollen die Schriften groß genug sein; für die auf Senioren abgestimmten Websites ist mindestens die Größe 3 (entspricht 12 pt) zu verwenden. Die Anordnung der Elemente soll die Reihenfolge der Tätigkeiten berücksichtigen, die auf der Seite durchgeführt werden. Die Beschriftung für Hyperlinks sollte leicht verständlich und deutlich voneinander unterscheidbar sein. Zudem wird die Standardisierung der Beschriftung von Navigationshilfen erwartet.



Größe des Kreises = Fixierungshäufigkeit (Fixierungsdauer)
Blickverteilung bei der Navigation auf der Startseite von KVG

Entwicklung eines Sitzdummys für Komfort-Untersuchungen

Christian Mergl Tel.: 089-28915400

In der Sitzentwicklung steht man immer wieder vor dem Problem, einen neuen Sitz objektiv bewerten zu müssen. Der einzige Weg der oft bleibt ist der, aufwendige Versuchsreihen mit einer entsprechend großen Anzahl von Probanden durchzuführen, um repräsentative Ergebnisse zu erzielen. Da solche Versuchsreihen oft zu zeit- und kostenintensiv sind, beschränken sich diese Bewertungen meistens auf wenige Versuchspersonen, die dann keineswegs repräsentativ sein können. Es fehlt somit ein objektives Messwerkzeug zur schnellen Bewertung von Sitzen.

Im Rahmen dieses Forschungsprojektes soll ein objektives Verfahren entwickelt werden, das es mittels eines Hardwaredummys erlaubt, über die Qualität eines Sitzes bezüglich des statischen Sitzkomforts eine Aussage zu treffen.

Dimensionen des Sitzkomforts:

Der Sitzkomfort ist kein eindimensionales Gebilde, sondern wird von vielen Faktoren beeinflusst. Eine kleine Auswahl ist in nachstehendem Bild dargestellt. Das Forschungsvorhaben befasst sich hier



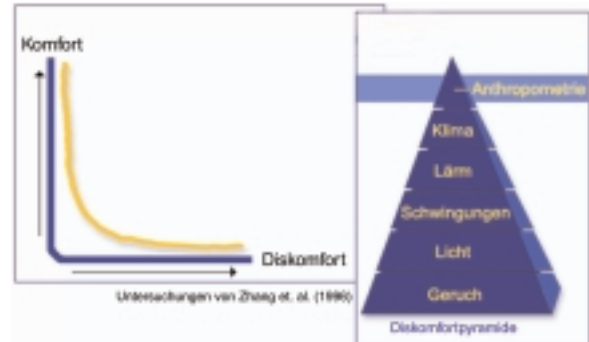
Die Dimensionen des Sitzkomforts

hauptsächlich mit dem Einfluss der Druckverteilung, die sich an der Schnittstelle Mensch - Sitz einstellt sowie auch indirekt mit dem Haltungskomfort.

Komfort und Diskomfort:

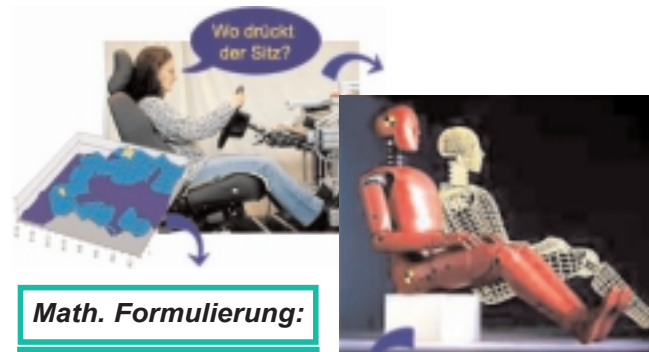
Für den Komfort ist eine allgemeingültige Definition schwer aufzustellen. Hertzberg versuchte 1958, Komfort als Abwesenheit von Diskomfort zu definieren. Hierzu entwickelten Zhang und seine Kollegen (Zhang et al., 1996, Helander and Zhang, 1997) ein Modell, nachdem Komfort und Diskomfort nicht die Extremas einer kontinuierlichen Skala darstellen, sondern zwei gegensätzliche Empfindungen sind (vgl. nebenstehende Abbildung). Während Diskomfort im engen Zusammenhang zu physischen und biomechanischen Einflüssen steht ("erleiden"), bezieht sich Komfort mehr auf ästhetische Aspekte ("gefallen"). In ihren Untersu-

chungen zeigten sie, dass Komfort und Diskomfort unabhängig voneinander sind. Während sich zwischen Komfort und Stuhl-Design ein Zusammenhang ergab, konnte keiner zwischen Diskomfort und Stuhl-Design gefunden werden. Deswegen ist es wichtig, zwischen Komfort und Diskomfort zu unterscheiden. Nach diesen Untersuchungen kann nur Diskomfort objektiv durch physikalische Größen erfasst werden. Deswegen beschränken sich diese Untersuchungen auf die Erfassung von Diskomfort. Ergänzend ist in der Abbildung noch die



„Maslow'sche Bedürfnispyramide“ zu sehen, die besagt, dass erst grundlegende Bedürfnisse erfüllt sein müssen, bevor andere Einflüsse in Erscheinung treten. So wird z.B. in einem Raum, in dem eine große Geruchsbelästigung vorliegt nicht bemängelt, dass es laut ist.

Der Weg zu einer objektiven Aussage bezüglich des Diskomforts:



Math. Formulierung:

$$\text{Diskomfort} = f(\text{Druckverteilung})$$

Prognostizierung des Diskomforts

Druckverteilung:

$$\text{Diskomfort}_{\text{Prognostiziert}} = f(\text{Druckverteilung})$$

Die Grundlage für die Prognostizierung des Diskomforts durch den Dummy bilden Versuche mit 40 Probanden auf sechs unterschiedlichen Sitzen. Während sich die Probanden auf den Sitzen befinden, wird die Druckverteilung sowie die Haltung aufgenommen und das Diskomfortempfinden der Personen durch Interviews abgefragt. Aus diesen Daten soll ein allgemeingültiges Modell abgeleitet werden, das einen Zusammenhang zwischen subjektivem Dis-

komfort und objektiver Druckverteilung herstellt. Mit Hilfe des gefundenen Zusammenhangs soll die Sitzdruckverteilung, die der Dummy beim Sitzen erzeugt, genutzt werden, um einen Diskomfortwert zu prognostizieren. Der Dummy dient als Prüfkörper und damit als objektives Messverfahren zur Bewertung von Sitzen.

Der Hardwaredummy

Ein Schwerpunkt bei der Entwicklung des Dummys liegt auf der exakten Reproduktion des Weichteilverhaltens des Menschen. Die Abmessungen und die Gewichtsverteilung des Dummys repräsentieren einen mittleren Mann (50. Perzentil). Der zweite Schwerpunkt des Dummies liegt auf der Messtechnik, die möglichst gut über die Kontaktkräfte zwischen Dummy und Sitz Aufschluss geben soll. So sind zur Erfassung der Druckverteilung auf der gesamte Kontaktfläche ca. 200 Foliensensoren über die Oberfläche des Dummys verteilt. Des Weiteren besitzt er an exponierten Knochenstellen, wie beispielsweise den Sitzbeinhöckern, Druck- und Scherkraftsensoren.



Hardwaredummy am LfE

IMPRESSUM

Herausgegeben vom
Lehrstuhl für Ergonomie, Technische Universität München,
Boltzmannstraße 15,
85747 Garching b. München
Tel.: +49-(0)89 289 15388
<http://www.ergonomie.tum.de>

Verantw. i. S. d. P.
Prof. Dr. Heiner Bubb
Gestaltung: Werner Zopf
Redaktion: Dr. Werner Kusch
Druck & Herstellung: Humbach & Nemazal, Pfaffenhofen-Ilm
ISSN: 1616 - 7627

Sie wollen die Lehrstuhl-Zeitung abonnieren?

Gerne senden wir Ihnen die weiteren Druck-Ausgaben zu, wenn Sie uns Ihre E-mail Adresse, Ihren Namen und Ihre Postanschrift mitteilen. Als PDF-Datei steht Ihnen die Lehrstuhl-Zeitung jeweils auf unseren Webseiten (www.ergonomie.tum.de) zum downloaden bereit.
Kontakt: Werner Zopf, Tel.: 089 - 289 15391
E-mail: zopf@lfe.mw.tum.de



Gründungsversammlung des Ergonomie Kompetenz Netzwerk e. V. bei der Fa. Tecnomatix Technologies in Stuttgart am 12. Sept. 2001; Gründungsmitglieder siehe unten.

Gründung des Ergonomie Kompetenz Netzwerk e.V.

von Werner Kusch

Am 12. September 2001 fand in Stuttgart die Gründungsversammlung für das Ergonomie Kompetenz Netzwerk e. V. statt. Mit der Überleitung des ECN aus einem vom bmb+f geförderten Projekt in einen eigenwirtschaftlich arbeitenden eingetragenen Verein, konnte auch eines der Förderziele des Bundes erreicht werden. Der ECN e. V. mit Sitz in München verfolgt ausschließlich und unmittelbar gemeinnützige Zwecke im Sinne einer Förderung von Wissenschaft, Forschung und Bildung in Verbindung mit dem Austausch von Know-how auf dem Gebiet der Ergonomie und Arbeitswissenschaft. Vor allem klein- und mittelständischen Unternehmen soll bei der Gestaltung und Optimierung von Arbeitsplätzen und Produkten durch die Vermittlung von kompetenten Partnern für Dienstleistungen in den Bereichen Beratung, Problemlösung und Qualifizierung Hilfestellungen gegeben werden. Eine Vielzahl von Evaluierungsbeispielen belegen schon jetzt die Leistungsfähigkeit des neuen Vereins mit seiner Zielsetzung.

Gründungsmitglieder waren die Herren Prof. Dr. H. Bubb (1. Vorsitzender), Prof. Dr. K. Landau (2. Vorsitzender), Dr. J. Balzulat (1. Schriftführer), Dr. M. Geyer (2. Schriftführer), Dr. H. Rausch (1. Rechner), B. Rösch (2. Rechner), B. Özdemir (1. Beisitzer), Dr. Rolf Helbig (2. Beisitzer) und Dr. W. Kusch.

Ab sofort ist der Verein unter folgender Adresse für alle erreichbar:



Info: Ergonomie Kompetenz Netzwerk e. V.
c/o Technische Universität München - LfE -
Boltzmannstraße 15, 85747 Garching b. München
Tel. (089) 28915425, Fax. (089) 28915389
E-mail: info@e-c-n.de, Internet: www.e-c-n.de

Menschmodellierung mit Mehrkörpersystemen

Florian Fritzsche Tel.: 089-28915413

Mit Hilfe von Mehrkörpersystemen (MKS) kann das „mechanische“ Verhalten des Menschen modelliert werden. Einzelne Körperteile werden aufgrund ihrer Trägheitseigenschaften beschrieben und können durch Gelenke miteinander verbunden werden. Biologische Systeme sind ebenso simulierbar wie technische Systeme, da beide durch die gleichen Bewegungsgleichungen beschrieben werden. Der komplexe Charakter des Bewegungsapparates zwingt, je nach Simulationszweck, zu Annahmen und Vereinfachungen bei der Modellbildung.

Biomechanische Menschmodelle haben eine breite Anwendung. In der Orthopädie werden Ganganalysen betrieben, in der Sportwissenschaft möchte man die Entstehung einer Bewegung besser verstehen, sowie Bewegungsabläufe im Hinblick auf die Leistungsfähigkeit optimieren. In der Ergonomie stellen sich Fragen hinsichtlich der auf den Menschen einwirkenden Schwingungen und des damit zusammenhängenden Diskomfort-Empfindens.

Am Lehrstuhl für Ergonomie wird ein MKS - Menschmodell entwickelt, das die Schwingungseigenschaften einer realen Person widerspiegelt. Das Modell besteht aus 17 Starrkörpern mit insgesamt 50 Freiheitsgraden, die Teilkörpersegmente sind durch technische Gelenke (Scharnier-, Kugelgelenke) oder Lager miteinander verbunden. Die viskoelastischen Eigenschaften der Gelenke imitieren das Weichteilgewebe, wie z.B. die Bänder. Das Modell wird mit Hilfe von Schwingungsmessungen verifiziert.



MKS-Menschmodell mit 50 Freiheitsgraden

Die Modellierung stellt einen Teil eines Projektes innerhalb des FAT (Forschungsverbund Automobiltechnologie AG) dar, welches zum Ziel hat, bereits in der Phase der Sitz- und Fahrzeugentwicklung mit einem Sitz-Mensch-Modell Aussagen im CAD - System über den statischen und dynamischen Sitzkomfort liefern zu können, wobei dann auch unterschiedliche Fahrbahnanregungen, Sitzparameter (z.B. Schäume mit unterschiedlich elastisch-dämpfendem Verhalten) simuliert werden

Die Modellierung stellt einen Teil eines Projektes innerhalb des FAT (Forschungsverbund Automobiltechnologie AG) dar, welches zum Ziel hat, bereits in der Phase der Sitz- und Fahrzeugentwicklung mit einem Sitz-Mensch-Modell Aussagen im CAD - System über den statischen und dynamischen Sitzkomfort liefern zu können, wobei dann auch unterschiedliche Fahrbahnanregungen, Sitzparameter (z.B. Schäume mit unterschiedlich elastisch-dämpfendem Verhalten) simuliert werden

sollen. Dazu müssen die kinematischen bzw. dynamischen Ergebnisse der Simulation mit subjektiven Diskomfortaussagen von Versuchspersonen in Korrelation gesetzt werden, die vom Institut für Fahrzeugtechnik in Braunschweig erhoben werden.

Die mechanischen Parameter des Modells können weiterhin dazu verwendet werden, um einen Hardwardummy zu konstruieren, der zur Messung im realen Fahrzeug den statischen und dynamischen Sitzkomfort zu bewerten ermöglicht.

Simulation und Visualisierung menschlicher Bewegungen in virtuellen Umgebungen

Iris Zacher Tel.: 089-28915416

Mit den Partnern RENAULT, PSA und INRETS (F), ALENIA (I), CEIT (Esp), UniPATRAS (Gr) und tecmath (D) arbeitet der LfE innerhalb des EU-Projektes REALMAN zusammen.

Ziel dieses Projektes ist die Entwicklung einer integrierten Technologie für die Simulation und die Visualisierung menschlicher Bewegungen in virtuellen Umgebungen.

Hierbei werden nicht nur physikalische sondern auch die physiologischen Aspekte menschlicher Bewegung berücksichtigt.

Durch die Entwicklung und Einbindung verschiedener Modellierungs- und Simulations-Techniken wird erwartet, dass das Projekt eine, im Vergleich zum momentanen

Stand der Technik, intelligentere Lösung für das Problem der Simulation menschlicher Bewegungen liefert.



Messvorrichtung zur Bestimmung der maximalen Momente im Kniegelenk

Die momentane Aufgabe des LfE besteht darin, die maximal auftretenden Drehmomente innerhalb aller Körpergelenke zu bestimmen. Dazu werden die Gelenke in verschiedenen Gelenkstellungen

mit speziellen Vorrichtungen vermessen. Die Messvorrichtungen sind so konzipiert, dass in allen unterschiedlichen, fest einstellbaren Gelenkwinkelstellungen sämtliche auftretenden Momente gemessen werden können. Gearbeitet wird hier mit der Mess-Software LabView.

Zusätzlich wird eine Analyse des Diskomfort-Empfindens durchgeführt, um zu einem späteren Zeitpunkt die Ergebnisse dieser Analyse in die Erstellung eines generellen Diskomfort-Modells einfließen zu lassen.

Im weiteren Verlauf des Projektes wird sich der LfE mit der Durchführung von Experimenten zur Analyse vorgegebener Bewegungsabläufe beschäftigen.

Die Erkenntnisse, die im Zuge der Arbeit an diesem Projekt gewonnen werden, wird der LfE als Ausgangspunkt für weitere F&E-Projekte innerhalb der Grundlagenforschung und in Zusammenarbeit mit nationalen und internationalen Industriepartnern nutzen.

Außerdem wird durch die Einbindung der Ergebnisse das Menschmodell RAMSIS weiter verbessert und somit dessen Anwendungsbereich auf dem Gebiet der Ergonomie ausgeweitet werden.

Beweglichkeit bei älteren Menschen

Marianne Zumbusch Tel.: 089-28915409

Moderne Wissenschaft, Entwicklungen in der Medizin und Errungenschaften im Bereich der Ernährung und Hygiene sowie Veränderungen bei der Arbeit haben dazu geführt, dass sich unsere durchschnittliche Lebenserwartung stark erhöht hat. Diese Entwicklung ist jedoch noch nicht in ihrer gesamten Tragweite in das Bewusstsein, zum Beispiel der Industrie, eingegangen. Allmählich beginnen jetzt Stimmen laut zu werden, die von Herstellern ein Umdenken und eine altersgerechte Produktgestaltung fordern, so dass auch älteren Mitbürgern ein besserer Zugang und eine effektivere Nutzung der Erzeugnisse möglich wird.



Bild Mauritius MB 131 A2

Problematisch ist dies, da keine Daten und Erkenntnisse vorliegen, die diese Zielgruppe ausreichend beschreiben würden. So werden bisher nur anthropometrische Daten für die erwerbstätige Bevölkerung erhoben, weil diese hinsichtlich der Arbeitsplatzgestaltung von Bedeutung sind. Im Hinblick auf die Produktgestaltung existiert aber auch ein erhebliches Interesse an Erkenntnissen, die sich mit der Einschränkung der Beweglichkeit oder der Fähigkeit, Kräfte aufzubringen, beschäftigen.

In diesem Zusammenhang wird ein weiteres Problem sichtbar: was oder wer ist der "gesunde Alte"?

Mittels Literaturrecherche sowie Kontaktieren medizinischer Fachleute soll zu diesem Begriff eine Definition erarbeitet werden. Dabei sollen krankheitsbedingte Degenerationen von der Betrachtung ausgeschlossen werden, auch wenn deren Wahrscheinlichkeit mit zunehmendem Alter steigt.

Für Betroffene solcher Einschränkungen müssen auch in Zukunft - gerade im Hinblick auf die Individualität solcher Krankheiten - Spezialanfertigungen und -anpassungen von entsprechenden Anbietern bereitgestellt werden. Ein Massenhersteller kann nur die "übliche" Variationsbreite menschlicher Erscheinungsformen berücksichtigen.

Anschließend sollen Personen, die der Definition des "gesunden Alten" entsprechen, für Versuche gewonnen werden. Sie sollen anthropometrisch vermessen werden sowie Beweglichkeitsexperimente und bewegungsorientierte Aufgaben durchführen.

Konkurrenzfähiger sein durch ergonomische Produkte und Arbeitsplätze?

Das Ergonomie Kompetenz Netzwerk (ECN e.V.) ist ein zuverlässiger Partner für Beratung und Problemlösung sowie für Weiterbildung und Qualifizierung in den Bereichen Ergonomie und Arbeitswissenschaft. Sie finden bei uns unabhängige und praxiserfahrene Experten zu allen Fragen aus der Produkt- und Produktionsergonomie die Ihnen gerne weiterhelfen.



Info: Ergonomie Kompetenz Netzwerk e. V.
c/o Technische Universität München - LfE -
Boltzmannstraße 15, 85747 Garching b. München
Tel. (089) 28915425, Fax. (089) 28915389
E-mail: info@e-c-n.de, Internet: www.e-c-n.de

RAMSIS - Das Menschmodell

Jörg Hudelmaier Tel.: 089-28915414

Produkte an die körperlichen Bedürfnisse des Menschen optimal anzupassen, stellt von jeher ein nicht zu unterschätzendes Problem für den Konstrukteur dar.

Da es ausgesprochen unwirtschaftlich ist, Produkte für die körperlichen Eigenschaften eines speziellen Kunden zu optimieren, bleibt zumindest der Großserien- und Massenproduktion nichts anderes übrig, als möglichst viele der angestrebten, im Einzelnen aber unbekannten Benutzer zu berücksichtigen. Neben den subjektiven Vorlieben dieser Personen erweist sich vor allem die Berücksichtigung der höchst unterschiedlichen Körpergrößen und Proportionen als problematisch. Um diese Variationsbreiten dennoch möglichst gut in der Konstruktionsphase berücksichtigen zu können, wurden schon relativ früh Längen- und Umfangsmaße des Menschen ermittelt, statistisch ausgewertet und zunächst in rein tabellarischer Form im Konstruktionsprozess eingesetzt.

Zur leichteren Handhabung wurden aus diesen Maßen Zeichenschablonen entwickelt, die mit Ein-

schränkungen die mittleren Proportionen von Menschen wiedergeben (Abb. 1). Da diese Zeichenschablonen nur zweidimensional vorliegen und zudem unterschiedliche Körperproportionen (z.B. besonders langbeinige oder besonders dicke Personen) nicht berücksichtigen können, stellen sie für die Auslegung von Arbeitsplätzen ein nur sehr unzureichendes Medium dar.



Abb. 1: Zweidimensionale Körperumrisschablone

Dies führte - insbesondere in der Konsequenz des Erfolges von CAD-Methoden - an verschiedenen Stellen zur Entwicklung dreidimensionaler, im Rechner verfügbarer Dummies. Den meisten dieser Dummies haftet allerdings der Nachteil an, dass sie im Grund lediglich die ins Dreidimensionale übertragenen Zeichenschablonen darstellen und dass, ähnlich wie bei diesen, die Stellung der Gelenke

vom Operateur des CAD-Systems selbst nach "künstlerischem Gefühl" vorgenommen werden muss.

Dass gerade die Automobilindustrie ein gesteigertes Interesse an einer Verbesserung der beschriebenen Situation hatte, leuchtet ein, wenn man bedenkt, wie hochkomplex und damit teuer die Entwicklung heutiger Automobile ist. Je früher daher im Entwicklungsprozess etwaige Fehler in der anthropometrischen Auslegung erkannt werden können, desto besser.

Daher wurde durch die Forschungsgruppe Automobiltechnik (FAT) unter Einbindung Deutscher Automobilfirmen und Sitzhersteller die Firma tecmath in Kaiserslautern beauftragt, ein CAD-Tool für die anthropometrische Konstruktion von Fahrzeuginnenräumen zu entwickeln, das die besagten Nachteile kompensiert. Das dafür notwendige ergonomische Datenmaterial wurde durch den Lehrstuhl für Ergonomie der Technischen Universität München erstellt.

Das entstandene Menschmodell erhielt den Namen RAMSIS, nicht etwa weil sein Aussehen an den großen vorchristlichen, ägyptischen Herrscher erinnert, sondern vielmehr, weil es als Akronym für **R**echnerunterstütztes **A**nthropologisches **M**athematisches **S**ystem zur **I**nsassen**S**imulation zu verstehen ist.

Ganz entscheidend für ein Modell des Menschen ist, dass die im Computer generierte Simulation auch tatsächlich die realen, heute (und in Zukunft) lebenden Menschen hinsichtlich ihrer Maße widerspiegelt. Um dies zu gewährleisten, wurden Einzelmessungen an über 6000 Versuchspersonen so aufbereitet, dass den Nutzern ein realistisches Abbild der Population in Form von dreidimensionalen, anthropometrisch korrekten Typen (sog. Manikin) zur Verfügung steht. Damit können Fragen der anthropometrischen Auslegung umfassender beantwortet werden, als dies mit zweidimensionalen Schablonen möglich ist.



Abb. 2: Das Menschmodell RAMSIS in seinen unterschiedlichen Darstellungsformen

Diese so genannte RAMSIS-Typologie besteht aus 45 Typen für jedes Geschlecht. Diese können nach Körperhöhe, Korpulenz und Proportion frei

gewählt werden. Weiter können auch Altersabhängigkeiten berücksichtigt werden. So steht eine gemittelte Altersgruppe 18 - 70 Jahren und drei altersdifferenzierte Typologien der Altersgruppen 18 - 29 Jahren, 30 - 49 Jahren und 50 - 70 Jahren zur Wahl. Kinder finden durch das implementierte Kindmodell Beachtung. Weiterhin erlaubt die Betrachtung der anthropometrischen Maßentwicklung über einen Zeitraum von 40 Jahren via Extrapolation die Modellierung der Akzeleration.

Über die Standardmanikin hinaus kann der Nutzer von RAMSIS Typen frei definieren. Durch bestimmte Algorithmen wird sichergestellt, dass auch diese frei definierten Manikin realistisch sind. Die realistischste Darstellung des Menschen nutzt in Auslegungsfragen allerdings wenig, wenn es dem Konstrukteur überlassen bleibt, welche Haltung für die Erfüllung einer bestimmten Aufgabe realistisch erscheint. Anders als bei den immer besser werdenden Animationsfilmen, die heute fast ausschliesslich im Computer entstehen und in denen täuschend echt aussehende Charaktere sich verblüffend realistisch bewegen, muss z. B. bei der Fahrzeuginnenraumauslegung das Menschmodell den Konstrukteur leiten und nicht umgekehrt.

Hierzu dienen die eigens entwickelten RAMSIS-Haltungsmodelle, die es gestatten, die verschiedenen Manikin in unterschiedlichen Umgebungen unter variablen, frei wählbaren Randbedingungen zu positionieren.

Hierzu wurden Versuchspersonen zunächst anthropometrisch vermessen und dann beim Verrichten verschiedener Tätigkeiten (z.B. beim Autofahren) mit Hilfe von Videokameras beobachtet. Die aufgenommenen Körperhaltungen wurden mit einem Haltungsanalysesystem (PCMAN) ausgewertet.

Aus den untersuchten Haltungen wurde für jedes Körpergelenk eine mehrdimensionale Optimierungsfunktion entwickelt, mit deren Hilfe RAMSIS in der Lage ist, die realen Körperhaltungen der gemessenen Versuchspersonen zu simulieren. Grundlage der Optimierungsfunktionen sind die bei den Messungen ermittelten Häufigkeitsverteilungen jedes Gelenkfreiheitsgrades.

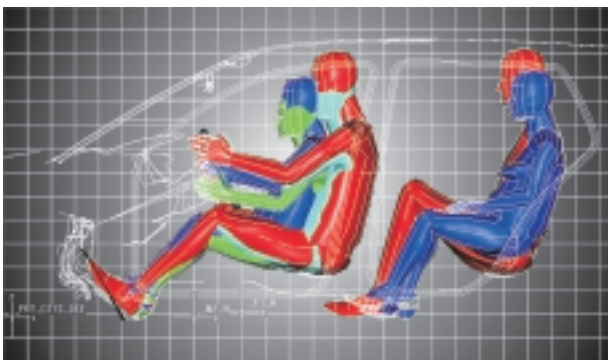


Abb. 3: RAMSIS in der Innenraumauslegung eines Kraftfahrzeugs

Wie im richtigen Leben, so gibt es auch für RAM-

SIS verschiedene Möglichkeiten eine Aufgabe zu erfüllen. Des Weiteren ist es für den Konstrukteur natürlich auch sehr wichtig, verschiedene Lösungen, z.B. was die Position des Lenkrades angeht, bewerten zu können. Liegt dieses außer Reichweite ist die Situation klar, doch wie soll die optimale Lage innerhalb des Erreichbarkeitsraumes gefunden werden?

Eine Möglichkeit bietet das RAMSIS-Komfortmodell. Dieses lässt Rückschlüsse auf den bei einer bestimmten Tätigkeit zu erwartenden Haltungscomfort zu. Weitere Komfort beeinflussende Parameter, wie z.B. das Klima, Sitzdruckverteilungen oder aufzubringende Kräfte, werden z. Zt. allerdings noch nicht berücksichtigt.

Neben den schon erwähnten Komfortbewertungen stehen weitere Bewertungsmöglichkeiten in RAMSIS zur Verfügung. So kann z.B. die Wirbelsäule hinsichtlich einer möglichen Schädigung bei der eingenommenen Haltung untersucht werden.



Abb. 4: Sicht einer kleinen Frau (l.) und eines sehr großen Mannes auf den Instrumententräger

Ein besonderes Augenmerk widmet die Konstruktion der Sichtbarkeit aller sicherheitsrelevanten Bedien- und Anzeigeelemente für das gesamte Versuchspersonenkollektiv. Das CAD-Tool bietet hierfür die Möglichkeit, den Kameraprojektionspunkt in die einzelnen Augen des RAMSIS-Modells zu legen (Abb. 4). Des Weiteren kann der Scharfsichtbereich, der Optimalsichtbereich und der Maximalsichtbereich berechnet werden. Für die Extremitäten können die jeweiligen Bewegungsräume ermittelt werden. Diese beantworten Fragen nach der Erreichbarkeit.



Abb. 5: Analyse der Haltungen und Sichtbereiche in einem Gabelstapler mit Hilfe von RAMSIS

Zusätzlich können Standardfragen über Analysefunktionen, wie z.B. "Abstand von Hautpunkten zur

Fahrzeugumgebung", "Gelenkwinkel", "Koordinaten von designrelevanten Körperpunkten" und "Körpermaße" geklärt werden. Unterstützt werden diese Arbeiten durch eine Makrosprache, die es erlaubt, rechenintensive Vorgänge systematisch zu automatisieren.

Vertiefende Literatur zum Thema

- ◆ Geuß, Hartwig: Entwicklung eines anthropometrischen Messverfahrens für das CAD-Menschmodell RAMSIS, Lehrstuhl für Ergonomie TUM, 1995.
- ◆ Krist, Renate: Modellierung des Sitzkomforts - eine experimentelle Studie, Lehrstuhl für Ergonomie TUM, 1993.
- ◆ Seidl, Andreas: Das Menschmodell RAMSIS - Analyse, Synthese und Simulation dreidimensionaler Körperhaltungen des Menschen, Lehrstuhl für Ergonomie TUM, 1994.

RAMSIS-Vertrieb: tecmath AG, Kaiserslautern;
www.tecmath.de

Das 3-D-Bodyscan-Messverfahren

Florian Fritzsche Tel.: 089-28915413

Eine von der tecmath AG entwickelte Lösung zur Vermessung und Simulation des Menschen ist das 3-D-Bodyscan-Messverfahren. In Verbindung mit Menschmodellen, die in CAD eingesetzt werden, lassen sich individuelle oder perzentilierte Anthropometrien in verschiedenen Arbeitsbereichen anwen-

den. In der Ergonomie schafft eine Kopplung an das weltweit führende CAD Werkzeug zur Menschmodellierung RAMSIS ein auf das Individuum zugeschnittenes Werkzeug zur Auslegung von Fahrzeuginnenräumen und von Arbeitsplätzen. Weiter stellen die Scannergebnisse



Abb. 1: Bodyscanner

in der Medizin ein Hilfsmittel zur Planung und Dokumentation plastisch chirurgischer Eingriffe dar. Das Verfahren wird auch von Schneidereien verwendet, um Maßanzüge zu fertigen.

Am Lehrstuhl für Ergonomie wird der Bodyscanner derzeit verwendet, um Patienten, die sich einer plastischen Operation unterziehen, einzuscannen. Aus dem Vergleich der Daten vor und nach dem Eingriff können objektive Daten zur Dokumentation des Ergebnisses gewonnen werden. Dies ist von Interesse, um etwa verschiedene Operationsmethoden

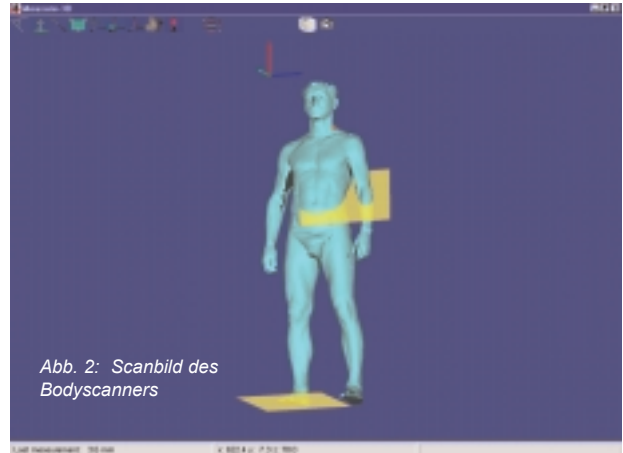


Abb. 2: Scanbild des Bodyscanners

vergleichen zu können. Mit den bestehenden Kooperationen zum Klinikum rechts der Isar und zur Mathematik der TU München wird das weitere Ziel verfolgt, durch ein

Patchwork von verschiedenen Scanverfahren (Laserscanner, holographische Methoden, MRT-Aufnahmen), den Menschen noch exakter erfassen zu können und in den für die Operation interessanten Bereichen mit einer noch größeren Auflösung zu scannen. Schließlich soll durch die Modellierung des Weichgewebes mit FE-Methoden auch das Verhalten des Fettgewebes und der Muskeln bei der Operationsplanung schon mitberücksichtigt werden. Für die Ergonomie ergibt sich durch die Übertragung der Scannergebnisse auf ein Menschmodell der Vorteil eines verbesserten Messwerkzeuges.

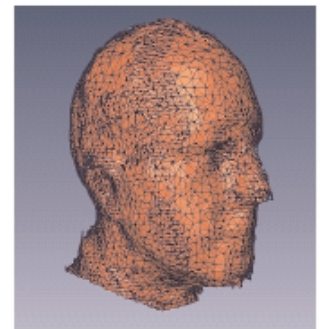


Abb. 3: 3-D-Abbildung eines menschlichen Kopfes

Hier könnte Ihre Werbung stehen!

Präsentieren Sie Ihre Produkte und Leistungen aus Ergonomie und Arbeitswissenschaft vor internationaler Leserschaft. Diese Publikation wird in einer Auflage von 1500 Exemplaren gedruckt und an anerkannte Fachleute versandt. Nützen Sie dieses Medium als Podium für Ihr Angebot.

Kontakt: Dr.-Ing. Herbert Rausch, Tel.: 089 - 289 15394,
e-mail: rausch@lfe.mw.tum.de



Themen der Konferenz

- 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

Vorankündigung:

**Internationale Frühjahrskonferenz
50 Jahre Gesellschaft für Arbeits-
wissenschaft
vom 07. bis 09. Mai 2003
im Forum Hotel München**

Informationen unter:
www.muenchen2003.com

- 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 . . .

Präsentieren Sie Ihre Produkte und Leistungen den internationalen Fachleuten. Anbietern mit arbeitswissenschaftlichen Dienstleistungen und Produkten stehen attraktive, variable Ausstellungsflächen während der Tagung zur Verfügung. Nützen Sie die Chancen für internationale Kontaktaufnahmen. Informationen: Dr.-Ing. H. Rausch, Tel.: +49 (0)89 - 28915394 oder per mail: rausch@lfe.mw.tum.de

Das **Ergonomie Kompetenz Netzwerk e. V.** ist präsent auf Messen und Veranstaltungen wie hier auf der Frühjahrskonferenz der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V. in Linz/Österreich vom 20. bis 22. Februar 2002:



Frau Dr. Fraczek, Herr Dr. Rausch am ECN Stand



Herr Dr. Kusch am ECN Messestand in Magdeburg im Oktober 2001

Sichtoptimierung im Pkw

Jörg Hudelmaier Tel.: 089-28915414

Jeder der sich schon einmal mit einem Fahrrad in den (Berufs-)Verkehr einer Großstadt, wie z. B. Hamburg oder München gewagt hat, kennt das Problem. Da eine plötzlich vorschießende Motorhaube, die es mit einem kühnen Hechtsprung zu überwinden gilt, dort eine abrupt aufgeschwungene Autotür, die der flotten Fahrt ein jähes Ende bereitet. Dabei kann nur in ausgesprochen seltenen Fällen von der Boshaftigkeit des die eigene Bahn kreuzenden Autofahrers ausgegangen werden. Denn meistens kann auch dieser gar nichts dafür. Der andere Verkehrsteilnehmer, der jetzt „leicht verärgert“ auf einer fremden Motorhaube rumlummelt, wurde schlicht durch die A-, B- oder C-Säule des Fahrzeuges, durch den Beifahrersitz oder andere Fahrzeugkomponenten verdeckt, so dass er von dem nun schuldbewusst dreinblickenden Autofahrer gar nicht gesehen werden konnte. Dieselbe Gefahr stellt sich beim Überholen und Einscheren in den fließenden Verkehr. Und das Problem nimmt zu!

Durch den immer stärker werdenden Individual- und Transportverkehr wird die Fülle, der auf einen Autofahrer einströmenden Informationen immer größer. 90% seiner Umwelt und damit das ihn umgebende Verkehrsgeschehen, nimmt ein Autofahrer über seinen optischen Sinneskanal wahr (etwas, das jeder leicht selbst ausprobieren kann. Es stellt z. B. kein Problem dar, mit aufgesetztem Hörschutz unfallfrei zu fahren, aber mit verbundenen Augen...?!).

Dies macht deutlich, wie wichtig die Sichtverhältnisse für das Sicherheitskonzept aber auch die ergonomische Qualität eines Fahrzeuges sind. Zum einen legen sie die Rundumsicht des Fahrers fest und somit inwieweit das Fahrzeugumfeld von ihm wahrgenommen werden kann. Zum anderen entscheiden die Sichtverhältnisse auch darüber, wie Fahrer und Passagiere ein Fahrzeug - unbewusst wahrnehmen, also empfinden und somit auch welcher Komforteindruck sich einstellt. Im Spannungsfeld der vielfältigen Anforderungen, denen ein neu zu entwickelndes Fahrzeug genügen soll, kommt ihnen damit eine große Bedeutung zu.

Paradox aber wahr: konsequent wird- vor allem aus Unkenntnis- dafür gesorgt, dass die Sichtverhältnisse immer schlechter werden. Dies liegt nicht zuletzt an den veralteten Verfahren mit denen in modernen Fahrzeugen die Sicht des Fahrers festgelegt wird.

Eines dieser- auch gesetzlich vorgeschriebenen Hilfsmittel- ist die Augenellipse nach SAE J941 (SAE = Society of Automotive Engineers). Sie stellt

ein Hilfsmittel zur Konstruktion von Sichtlinien unter Berücksichtigung der Verteilung der Augenlagen im Fahrzeug dar. Mit Hilfe der Augenellipsen lassen sich im Fahrzeug extreme Sichtwinkel bestimmen, indem Tangenten an die jeweilige Ellipse angelegt werden (Abb. 1). Damit erlaubt sie, schon im Vorfeld der Konstruktion eine Grundaussage darüber zu treffen, wie hoch der Anteil der Personen sein wird, der bestimmte Bereiche außerhalb des Fahrzeugs einsehen bzw. nicht einsehen wird. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass die Untersuchungen, aus denen die Augenellipsen hervorgingen, bereits 1965 von J. F. Meldrum in amerikanischen Fahrzeugen des Baujahres '63 gemacht wurden. Anstelle der heute üblichen Einzelsitze hatten diese eine Sitzbank mit starrem Lehnenwinkel. Der Sitzverstellbereich war zu dieser Zeit noch sehr klein. Des Weiteren existierte keine Sitzhöhen- und Lenkradverstellung wie sie heute üblich ist. Da die Sitzhaltung- und damit auch die Augenlage eines Fahrers- neben seinen körperlichen Eigenschaften- sehr stark von der Art des Sitzes, seinen Verstellmöglichkeiten und anderen Elementen des Fahrzeuginnenraums, wie z. B. der Lage des Lenkrades abhängt, wird schon hieraus deutlich, dass die aus diesen Untersuchungen stammenden Ergebnisse nur schwer auf heutige Fahrzeuge übertragbar sind.

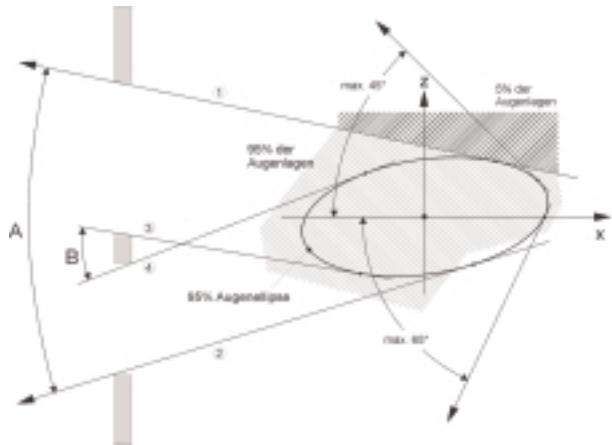


Abb. 1: Die Augenellipse nach SAE 941J

Es erscheint daher wenig sinnvoll, Fahrzeuge erst mit viel Aufwand und mit Hilfe von CAD-Systemen (CAD = Computer Aided Design) zu konstruieren, für die ergonomische Auslegung moderne 3-D-Menschmodelle, wie z. B. RAMSIS, heranzuziehen, nur um dann mit einem veralteten Werkzeug all diese Bemühungen ad absurdum zu führen. Aus diesem Grund ist es ausgesprochen entscheidend, die Außensichtverhältnisse darzulegen, bewerten und vergleichen zu können, da nur so Möglichkeiten für ihre Optimierung gefunden werden können.

Neben der Augenellipse, die zu den virtuellen Auslegungsverfahren der Sicht gezählt und damit eher

in der Konzeptions- und Konstruktionsphase eines Fahrzeugs eingesetzt wird, existieren die so genannten Realmessverfahren. Mit ihnen lassen sich die Sichtverhältnisse von Autofahrern an Realfahrzeugen durch die Darstellung der frei einsehbaren Umgebungsbereiche beurteilen, was unter bestimmten Voraussetzungen von Vorteil ist. Denn während die Vermessung an Fahrzeugen, bei denen entsprechende Datensätze vorliegen, prinzipiell auch direkt mit Hilfe von CAD möglich ist, scheidet dies für Fahrzeuge, deren Daten hierzu erst erhoben werden müssten, aufgrund des notwendigen enorm hohen Vermessungsaufwandes weitgehend aus. Daher kommt den Realmessmethoden auch im Zeitalter des CAD vor allem in den folgenden Bereichen immer noch eine große Bedeutung zu:

- Bereich 1: bei der Vermessung von Fahrzeugen, um die Einhaltung bestehender Vorschriften (z.B. StVZO §35b und EWG 77/649) bezüglich der Außensichtverhältnisse am Realfahrzeug zu überprüfen.
- Bereich 2: Vermessungen, um verschiedene Fahrzeuge oder Fahrzeugkonzepte miteinander vergleichen zu können.

Ein für diese Zwecke eingesetztes Verfahren ist z.B. das Lasertheodoliten-Verfahren. Dabei handelt es sich um eine Weiterentwicklung des Schattenwurfverfahrens, bei dem eine oder zwei Lichtquellen in Augpunktlage eines fiktiven Fahrers im Fahrzeug angebracht, einen Schatten der Fahrzeugkonturen auf Boden und Wände werfen. Ein im Mittelpunkt der SAE-Augenellipse kardanisch gelagerter Lasertheodolit, der einen monokularen Sehstrahl des Fahrers simuliert, wird entlang der Fensterkanten geführt. Dabei kann durch Anvisieren beliebiger Punkte deren Raumwinkelkoordinaten ermittelt und an einen Rechner übergeben werden.

Doch auch wenn dieses Verfahren gegenüber allen anderen gängigen Methoden zumindest den Vorteil aufweist, dass eine Auswertung der Daten am Rechner möglich ist, so zeigen sich immer noch die folgenden gravierenden Nachteile dieser Methode:

- Die manuelle Durchführung verfälscht die Ergebnisse und beschränkt die Reproduzierbarkeit.
- Die Größe und die Proportionen unterschiedlicher Fahrer werden nicht berücksichtigt.
- Der Drehpunkt des Lasertheodoliten liegt in einem festen, theoretischen Punkt.

Gerade der feste Drehpunkt verbindet zwei entscheidende Nachteile des Verfahrens in sich: Als Drehpunkt wird zumeist der Mittelpunkt der SAE-Augenellipse herangezogen. Wie bereits erwähnt, stimmen deren Punkte mit heutigen Augpunktlagen nicht mehr überein. Da die Lage der Augenellipse strikt fahrzeugabhängig reglementiert ist, ist es ausgesprochen unwahrscheinlich, dass

der Mittelpunkt der Ellipse überhaupt dem Augpunkt einer bestimmten Person bzw. eines bestimmten Personentyps entspricht. Noch viel unwahrscheinlicher ist es, dass in verschiedenen Fahrzeug(klass)en immer ein und derselbe Personentyp "getroffen" wird. Personenbezogen sind die Messungen daher auch nicht vergleichbar. Doch noch schwerer wiegt, dass ein fester Augpunkt nicht die sich in der Realität bei einer Kopf- und Torsobewegung einstellenden Augpunkte und damit auch nicht den realen Sichtbereich bzw. reale Verdeckungen wieder gibt (Abb. 2).

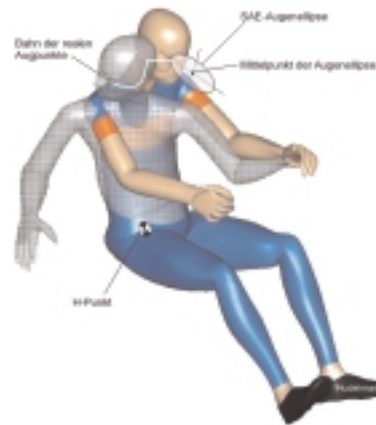


Abb. 2: Gegenüberstellung des fixen Messpunktes nach SAE und der Bahn realer Augpunktlagen bei Haltungsänderungen.

Will man eine der Wirklichkeit entsprechende Vermessung der Außensichtverhältnisse reali-

sieren, so sind folgende Punkte zu berücksichtigen:

- Die Augpunktlagen des Fahrers hängen wesentlich von seiner eingenommenen Haltung ab, die wiederum stark von den Packagemäßen, also dem Interieur und dem Gesamtaufbau des Fahrzeugs beeinflusst wird.
- Die Augpunkte sind nicht fix, sondern blickrichtungsabhängig.
- Die individuellen Faktoren des Fahrers, wie Größe, Proportionen und Beweglichkeit, beeinflussen stark die Augpunktlagen.
- Ein Autofahrer sieht die Welt nicht mono- sondern binokular. Dies beeinflusst entscheidend auftretende Verdeckungen und ist für eine realistische Beurteilung bei einer Vermessung zu berücksichtigen.

Um diesen Ansprüchen an eine möglichst reale Darstellung der Sichtverhältnisse in einem Pkw Rechnung zu tragen, wurde am Lehrstuhl für Ergonomie der Technischen Universität München in Zusammenarbeit mit der tecmath AG, Kaiserslautern, das Sichtanalysesystem ARGUS (Automatisches Ramsis-gestütztes Grenzkanten Untersuchungs-System) entwickelt und realisiert.

Teil des Systems ist ein Messroboter (Abb. 3), der eine CCD-Kamera trägt, die zunächst das linke, dann das rechte Auge des Fahrers simuliert. Die Kamera ist dabei mit einer Bildverarbeitung verbunden, die eine Kantenfindung durch einen Hell/Dunkel-Abgleich ermöglicht. Der Roboter wird in das zu vermessende Fahrzeug gesetzt (Abb. 4) und in diesem auf das Fahrzeugkoordinatensystem kalibriert.

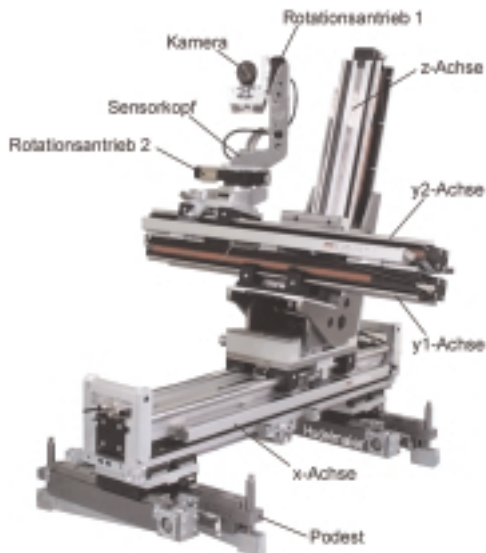


Abb. 3: Messroboter (MARVIN) des Sichtanalyse-systems ARGUS

Für die Vermessung werden dem System Blickrichtungen in einem bestimmten Raumbereich vorgegeben (z.B. horizontal 360°, vertikal +60° und -45°). Jeder Blickrichtung ist dabei ein der Realität entsprechender Augpunkt zugeordnet. Diese Augpunkte werden von einer Software ermittelt, der die Typologie des 3D-Menschmodells RAMSIS sowie das RAMSIS-Fahrerhaltungsmodell zugrunde liegen. Erst hierdurch werden die realistischen Vermessungen der Außensichtverhältnisse möglich. RAMSIS wurde maßgeblich am Lehrstuhl für Ergonomie entwickelt und stellt heute das in den Automobilfirmen am häufigsten eingesetzte Menschmodell dar. Durch RAMSIS wird es möglich, jeden gewünschten Personentyp für eine Fahrzeugvermessung bereit zu stellen. Eine weitere Besonderheit stellt das Haltungsmodell von RAMSIS dar. Unter der Vorgabe bestimmter Aufgabenstellungen ermöglicht es die Berechnung realistischer, der Aufgabe entsprechenden Haltungen, wobei die Umgebung mit einbezogen werden kann. Gibt man nun als Aufgabe das Fahren eines bestimmten Fahrzeugs und zudem eine festgelegte Blickrichtung vor, so erhält man zu jeder Blickrichtungsvorgabe eine der Realität entsprechende Augpunktlage. Diese können dann wiederum für eine vollautomatische Vermessung eines Fahrzeugs durch ARGUS herangezogen werden. Somit lassen sich für beliebig zu definierende "Personen" Augpunktlagen beim Rundumblick bereit stellen. Wie schon erwähnt, ist für eine realistische Haltungsprognose neben den (Körper-)Daten der Versuchspersonen, unbedingt das Fahrzeug mit zu berücksichtigen. Um dies tun zu können, werden dem Berechnungsprogramm bestimmte Stützpunkte der Fahrzeuggeometrie mitgeteilt, die mit Hilfe einer 3D-Koordinatenmessmaschine von jedem beliebigen Fahrzeug abgenommen werden können. Diese Packagegeometrie wird von dem jeweiligen RAMSIS-Typ bei der Erstellung seines Um-blickverhaltens berücksichtigt.

Abb. 4: Messroboter im Fahrzeug montiert.



Für die Messung der freien Sichtbereiche eines Fahrzeugs simuliert die Kamera- gesteuert durch den Roboter- die vorgegebene Blickrichtung und fährt den jeweils zugehörigen Augpunkt an. Eine spezielle Steuerungssoftware führt sie an den Scheibenkanten entlang, wobei bei jedem Folgeschritt eine neue Blickrichtung und Augpunktlage eingenommen wird. Das Ergebnis ist ein Vektorfeld der Blickrichtungen, die die freie Sicht des Fahrers bei einem 360°-Umblick innerhalb seines Fahrzeugs einschließen. Diese werden abgelegt und können mit Hilfe des Systems auf verschiedene Weise analysiert und beurteilt werden (Abb. 5).

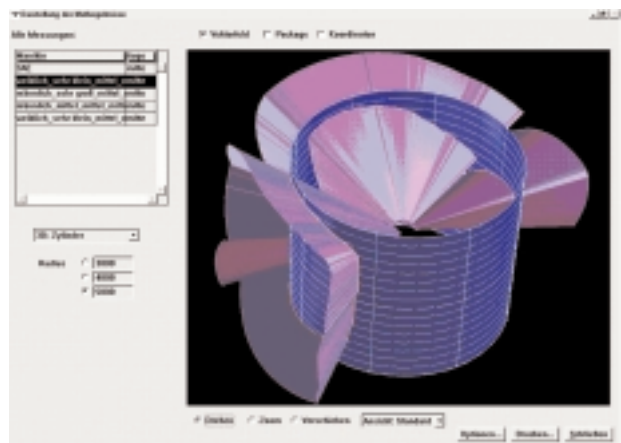


Abb. 5: Mögliches Ergebnis einer Sichtvermessung mit ARGUS. Zu sehen sind dreidimensionale Strahlengänge des Fahrers durch die Fensterflächen des Fahrzeugs. Diese Strahlengänge können in beliebiger Weise weiter verarbeitet werden.

Mit dem Analysesystem ARGUS ist es damit erstmals möglich, einen Überblick über die Sichtverhältnisse verschiedener Personengruppen in einem Fahrzeug so zu erhalten, wie diese sich auch in der Realität für jede Einzelperson darstellen würden. Da Fahrzeug und Person dabei Berücksichtigung finden, sind die gewonnenen Daten verschiedener Fahrzeuge auch vergleichbar. Dies stellt die Grundlage für die Beseitigung von Missständen hinsichtlich der Messung der Außensichtverhältnisse dar.

Dr.-Ing. Andreas Penka, ein weiterer „Titelträger“ aus dem Lehrstuhl für Ergonomie

Kurzfassung seiner Dissertationsschrift mit dem Titel:

„Vergleichende Untersuchung zu Fahrerassistenzsystemen mit unterschiedlichen aktiven Bedienelementen“

Nach der weitgehenden Ausreizung der Möglichkeiten der sog. "passiven Sicherheit" im Pkw-Bau wird zunehmend die Verbesserung der sog. "aktiven Sicherheit" zum Gegenstand der Entwicklung und in deren Vorfeld die Forschung. Längst versteht man darunter nicht mehr allein die Verbesserung der Fahrwerke und der rein mechanischen Handhabbarkeit der Fahrzeuge. Elektronische Unterstützung in Form von z.B. der Blockierverhinderung der Bremse (ABS), des Vermeidens von unkontrolliertem Durchdrehen der Antriebsräder (ASR) und des gezielten Eingriffs in das Bremssystem der Einzelräder in Abhängigkeit von Lenkradstellung und Fahrgeschwindigkeit (ESP), gehören heute zum Angebot auch in der unteren Mittelklasse. Ebenso werden heute fast in allen Fahrzeugklassen Navigationssysteme angeboten. Diese sog. Assistenzsysteme liefern gemäß den in der Fahrzeugergonomie üblichen



Prof. H. Bubb bei der Gratulation zur Doktorwürde

hierarchisch gegliederten Aufgabenniveaus Unterstützung auf der Ebene der Navigation und der Stabilisierung. Unterstützungen auf dem mittleren (kritischen) Niveau der Bahnführung sind in jüngster Zeit in Form der automatischen Abstandsregelung in Verbindung mit dem Tempomaten bekannt geworden (DISTRONIC bzw. ACC). Mit der weiteren Entwicklung von neuartiger Sensorik werden aber auch auf diesem Niveau mehr und mehr Assistenzsysteme entstehen, die in ihrer Wirkung auf den Menschen neuartige ergonomische Probleme darstellen, auf die bereits im Vorfeld einer Einführung Lösungen angeboten werden müssen.

Ziel der Arbeit von Andreas Penka war die Untersuchung des Erstkontaktes mit solchen Fahrerassistenzsystemen. Zentrum des Interesses sind dabei Systeme zur Spurhalteunterstützung, wodurch die Frage nach der Benutzerschnittstelle auftaucht. Unter anderem wurde hier das vom Lehrstuhl für Ergonomie vorgeschlagene alternative Ak-



tive Stellteil untersucht, das nunmehr bereits von verschiedenen Fahrzeugherstellern aufgebaut wird, um Erfahrung damit zu sammeln. Die Motivation für Aktive Stellteile zur Fahrzeugführung erfolgt dabei aus systemergonomischen Überlegungen, wonach beim konventionellen Bedienkonzept (Lenkrad und handgeschaltetes Getriebe) bis zu 5 Bedienelemente für die 2-dim Fahraufgabe benötigt werden und zudem bei der Regelung der Längsdynamik die gleiche Betätigungsrichtung zu entgegengesetzten Effekten führt (Problem der Pedalverwechs-

lung). Das joystickartige Bedienelement erlaubt demgegenüber die Kopplung von Längs- und Querdynamik. Um ein optimales Systemverhalten zu erreichen, müssen dem Fahrer dabei allerdings die Größen zurückgemeldet werden, die er beeinflussen möchte. Nach systemergonomischen Überlegungen ist dies in Längsrichtung die Fahrgeschwindigkeit, in Querrichtung bei niedrigen Geschwindigkeiten der Einschlagwinkel der Vorderräder (Kurvenradius), bei hohen Geschwindigkeiten die Gierwinkelgeschwindigkeit oder die Querbeschleunigung des Fahrzeugs.



Der Schwerpunkt der Untersuchung liegt auf der Reaktion bei Systemfehlfunktionen besonders bei Spurhalteunterstützungssystemen. Für die Untersuchung wurden zwei unterschiedliche Spurhalteunterstützungssysteme simulationstechnisch realisiert: eines mit permanentem Eingriff, das bereits geringe Abweichungen vom Sollkurs rückmeldet (sog. "Permanentsystem") und eines, bei dem der Fahrer innerhalb eines Korridors unbeeinflusst fahren kann und das eine Rückmeldung nur an den Rändern gibt (sog. "Korridorsystem"). Die Sollspur war in jedem Fall die Mitte der eigenen Fahrspur. Bei der konventionellen Bedienung wird die Rückmeldung so realisiert, dass durch die Spurführung die Momentenkennlinie des Lenkrads quasi in die gewünschte Richtung verschoben wird. Sowohl beim konventionellen wie beim aktiven Bedienkonzept verspürt der Fahrer keine Kraft, wenn er sich genau in der Sollspur befindet. In Längsrichtung wurde eine stark vereinfachte ACC-Funktion realisiert, die dem Fahrer nur dann Rückmeldung (im Falle des aktiven Gaspedals als zusätzliche verstärkte Rückstellkraft, im Falle des aktiven Stellteils als Versteifung bei vom Soll abweichenden Eingaben spürbar) gibt, wenn er zu nahe (Zeitabstand 1,2 s) auf ein vorausfahrendes Fahrzeug auffährt.

Die Systeme wurden in dem institutseigenen Fahrsimulator durchgeführt. Folgende Ergebnisse können zusammenfassend festgehalten werden. Das Korridorsystem zeigt eine verbesserte Fahrgüte, die offensichtlich wesentlich dadurch zustande kam, dass die Versuchspersonen die Berührung mit dem Korridorrand zu vermeiden suchten. Die damit verbundene erhöhte Anstrengung wird mit einer entsprechenden schlechteren subjektiven Beurteilung quittiert. In Verbindung mit dem Lenkrad wird das Permanentsystem noch schlechter beurteilt, weil damit eine starke Freiheitseinschränkung verbunden ist. Da beim Aktiven Stellteil die Rückmeldegröße unabhängig von der Unterstützungsart erhalten bleibt, zeigt sich hier diese Einschränkung nicht. In Zusammenfassung aller Beobachtungen ist mit der permanenten Unterstützung in Verbindung mit dem Aktiven Stellteil ein System entstanden, das einerseits eindeutig zu besserer Fahrqualität führt und andererseits vom Fahrer auch als Hilfe akzeptiert wird. Aus der Sicht des Fahrers steht bei solchen Assistenzsystemen der Sicherheitsaspekt vor dem Komfortaspekt, obwohl letzter - auch aus Gründen der Produkthaftung - von den Herstellern werbetechnisch in den Vordergrund gerückt wird.

Andreas Penka studierte an der TU München und wirkte einige Jahre sehr erfolgreich am Lehrstuhl. Im Frühjahr 2001 verließ er die TU, um sich in der Industrie neuen Aufgaben zu stellen. Wir wünschen ihm auf diesem Wege alles Gute.

Prof. Rühmann zum 60. Geburtstag

Prof. Heinzpeter Rühmann gehört sozusagen zum "Urgestein" des Lehrstuhls für Ergonomie. Schon 1970 stieß er nach seinem Studium des Maschinenbaus und dem Arbeits- und wirtschaftswissenschaftlichen Aufbaustudium (AWA) zu den Ergonomen. Mit Blick auf seine Ausbildung übertrug ihm Prof. H.

Schmidtke die Aufgabe, einen Simulator für Rollschwingungen zu konstruieren. Es entwickelte sich daraus eine intensive Zusammenarbeit mit der Firma Krauss-Maffei in München, bei der er für diese Aufgabe mehrere Monate im Konstruktionsbüro zubrachte und die schließlich auch die Rahmen dieses Simulators baute, weil nur dort die Möglichkeit bestand, mittels Glühen die Schweißspannungen in diesen aufzuheben. Unter seiner Regie kam der Simulator zum Leben, was nicht einfach war, da nicht nur mechanische Forderungen zu berücksichtigen waren, sondern auch elektrische, messtechnische und elektronische zur Regelung der Bewegung. Die Hydraulik stammte aus Frankreich, sodass er in dieser Koordinationsarbeit zusätzlich noch internationale Erfahrung gewann. Der Simulator wurde mit einer maximalen Beschleunigung von bis zu 4 g am Kopf der Versuchsperson die damals leistungsfähigste Versuchseinrichtung für Rollschwingungen. Mehrere wichtige Forschungsarbeiten wurden damit durchgeführt, die das Wissen über den Einfluss von Rollschwingungen auf das menschliche Empfinden und auf die menschliche Leistungsfähigkeit wesentlich prägten. Auch für seine spätere Habilitationsarbeit war der Simulator eine tragende Basis. Doch zunächst wurde das konstruktive Talent von Peter Rühmann weidlich ausgenutzt, um viele weitere Forschungseinrichtungen des Lehrstuhls zu schaffen, die mit dem Schwingungssimulator überhaupt nichts zu tun hatten. Sie reichten von Vorrichtungen zur Untersuchung der vom menschlichen Operateur beim Handsägen physikalisch notwendigen Mindestleistung über Versuchseinrichtungen zur Farbwahrnehmung bis hin zu dem ersten Fahrsimulator des Lehrstuhls, der entsprechend der damals zur Verfügung stehenden Technik, halbmechanisch funktionierte.

Seine Dissertation schrieb Peter Rühmann über den Einfluss von Rollschwingungen auf die menschliche Regelleistung unter besonderer Berücksichtigung verschiedener Stellteile. Die dafür notwendigen speziellen Joysticks, die einerseits extrem leichtgängig, andererseits reibungsfreie Rückstellkräfte aufweisen bzw. hydraulisch gedämpft sein mussten, wurden alle von ihm konstruiert, da



damals entsprechende Kaufteile noch nicht zur Verfügung standen. Weil die Fertigstellung und Inbetriebnahmen viel zulange gedauert hätte, wurden die Versuche dafür allerdings nicht auf dem aufwändigen neuen Simulator durchgeführt, sondern auf einer einfacheren Vorläufer-

version, die auch unter Rühmanns Betreuung entstand.

Seine Habilitation war schließlich dem Einfluss von komplexen Rollschwingungen auf die notwendige Bedienelementauslegung gewidmet. Nun konnte er endlich die Maschine, die er gebaut hatte und die so vielen Anderen als Vehikel zur Promotion gedient hatte, für die eigene Forschungsarbeit einsetzen.

1984 wurde er auf die Professur für Arbeitswissenschaft, die dem damaligen Institut für Ergonomie zugeordnet war, berufen. Teilweise gemeinsam mit Heinz Schmidtke führte er in der Folgezeit ein groß angelegtes Forschungsprojekt über Kräfte des Menschen durch, das auf dem Kraftsektor die Parallele zu den weltweit üblichen Perzentiltabellen über anthropometrische Längenmaße lieferte. Viele weitere Forschungsarbeiten in kleinen und mittelständischen Betrieben, sowie im Verladebetrieb der Lufthansa festigten seinen Ruf eines hervorragenden Beraters für den Bereich der Produktionsergonomie. Auch auf dem Gebiet der Produktgestaltung arbeitete er mit verschiedenen Sitzherstellern zusammen. Unter seiner Regie entstand das viel gelobte Hörsaalgestühl des neuen Fakultätsgebäudes für Maschinenwesen in Garching, das heute von der Firma Grammer erfolgreich vermarktet wird (siehe eigener Artikel in diesem Heft).

Prof. Rühmann ist ein beliebter Hochschullehrer, der hervorragende Bewertungen bei den nun jährlich durchgeführten Evaluierungen erfährt, da er es versteht, auch komplizierte Sachverhalte in einfacher und klarer Sprache zu vermitteln. Er hat sehr erfolgreich zahlreiche Diplomarbeiten und viele Dissertationen betreut. In besondere Weise ist er in der Ausbildung der Lehramtsanwärter tätig, was ihm eine mehrjährige Tätigkeit als Vorsitzender der Lehrerbildungskommission einbrachte.

Prof. Rühmann hat nun über 30 Jahre Berufstätigkeit ganz in den Dienst der Ergonomie gestellt. Als er 1970 zum Lehrstuhl kam, nahm man ihm gegenüber naturgemäß zunächst eine gewisse abwartende Haltung ein, denn er war immerhin der einzige Sohn des damals wohl bekanntesten und beliebtesten Schauspielers Deutschlands Heinz Rühmann. Er verstand es schnell, solche Situationen zu überspielen und sich durch Sachverstand und Können Anerkennung und Respekt zu verschaffen. Seine persönliche gewinnende Art, sein

Mutterwitz und seine allseitige Hilfsbereitschaft machten ihn in kurzer Zeit für alle, die mit ihm zu tun hatten, zum geschätzten Kollegen und Freund. Nicht zuletzt dadurch vermochte er im "Ergonomienland" zu einer Atmosphäre beizutragen, die zur ungewöhnlichen Verweildauer mancher Mitarbeiter am Lehrstuhl führte, denn wer mit ihm zusammenarbeitet, kann dann doch persönlich den unnachahmlichen verschmitzten Charme erleben, der sonst aus den Ritzen der alten Rühmannfilme blitzt.

Im Juni konnte Prof. Rühmann seinen 60. Geburtstag feiern. Wir gratulieren ihm sehr herzlich dazu und wünschen ihm, dass ihm für die restlichen Berufsjahre der alte Schwung erhalten bleibt. Wir wünschen ihm die dafür notwendige Gesundheit und das familiäre Wohlergehen, was beides als Hintergrund für berufliche Leistungen unerlässlich ist. Ganz persönlich blicke ich dankbar auf nun 32 Jahre fruchtbarer Freundschaft mit ihm zurück und wünsche mir, dass die davon ausgehende Harmonie auch weiterhin zum guten Betriebsklima des Lehrstuhls beiträgt.

Heiner Bubb

Seit dem 1.7.2002 ist Herr Dipl.-Ing. (univ.) **Hagen Wolf** am Lehrstuhl tätig. Nach seinem Studium des Maschinenbaus (Module Ergonomie und Fahrzeugtechnik) an der TU München sowie einer Diplomarbeit in der Fahrzeugindustrie, wird er sich innerhalb der Arbeitsgruppe Anthropometrie mit der Weiterentwicklung des CAD-Menschmodells RAMSIS beschäftigen. Für diese Aufgabe wünschen wir ihm viel Freude und Erfolg.



Seit März 2002 ergänzt Dipl. Sportwiss. (univ.) **Iris Zacher** als wissenschaftliche Mitarbeiterin den



Lehrstuhl. Bereits während ihres Studiums der Diplom-Sportwissenschaft an der TU in München sammelte sie im Bereich Kraftmessung/Leistungsdiagnostik wertvolle Kenntnisse, die sie in unserer Anthropometriegruppe im REALMAN-Projekt bei Un-

tersuchungen zur Bewertung des Diskomfortempfindens erfolgreich einbringen kann.

Für ihren Start am Lehrstuhl wünschen wir ihr alles Gute.

Dipl.Psych.(univ.) **Rolf Zöllner** verstärkt seit Februar 2002 die Arbeitsgruppe Systemergonomie.



Herr Zöllner studierte Psychologie mit Schwerpunkt Arbeits-, Wirtschafts- und Organisationspsychologie an der Universität Eichstätt. Zunächst war er als freier Mitarbeiter bei der HypoVer-einsbank AG im Bereich Personalentwicklung und Perso-

nalmarketing tätig. Danach wechselte er zu GULP Information Services GmbH. Beim Marktführer für die Vermittlung von IT-Projekten arbeitete er drei Jahre lang als Spezialist für Marktforschung und Customer-Relationship. Am Lehrstuhl für Ergonomie übernahm Herr Zöllner das vom BMU/BfS geförderte Vorhaben SR2400. Das Projekt beschäftigte sich mit den technischen und organisatorischen Voraussetzungen für ein Wissensmanagementsystem im Bereich der Reaktorsicherheit. Seine Tätigkeitsgebiete werden auch zukünftig im Wissensmanagement und im Bereich Kernenergie angesiedelt sein. Wir wünschen ihm viel Freude und einen erfolgreichen Start.

Dipl.-Biol. (univ.) **Marianne Zumbusch** studierte

Biologie mit Hauptfach Anthropologie an der LMU München. Ihre Diplomarbeit in Zusammenarbeit mit dem LfE zum Thema: „Systematik zur anthropometrischen Analyse von 3D-Oberflächenscandaten“ lag bereits im Bereich Anthropometrie, sodass der Wechsel an den Lehrstuhl in die gleichnamige Arbeitsgruppe eine logische Folge war.

Hier untersucht sie die „Beweglichkeit bei älteren Menschen“. Für ihre Arbeit im Lehrstuhl wünschen wir ihr viel Freude und Erfolg.



Dipl.-Ing. **Olivier Colinet** studierte Mechanik an der Ecole Centrale de Paris in Frankreich von

1986 - 1990. Bis 1996 war er tätig als Einkaufsingenieur bei Schlumberger und Valeo, Frankreich; danach als International Consultant bei Portenaires Management Casseil & Computer Sciences Corp.. Nach seiner Übersiedlung nach München und seinem Start im Herbst 2001 am Lehrstuhl arbeitet er am europäischen Projekt REALMAN, zu dem wir ihm guten Erfolg und viel Freude wünschen.



„Feldversuche“ oder wie der LfE auf den Hund kam . . .

Werner Zopf Tel.: 089-28915391

Nach langen Vorbereitungen ging nicht nur der vielfache Wunsch in Erfüllung sondern auch der Lehrstuhl an die frische Luft. Nahezu alle Kolleginnen und Kollegen samt den beiden Hunden der Gebrüder Bubb wanderten von Kreuth aus in der Nähe des Tegernsee, bergauf/bergab den Wanderweg H3 entlang, um endlich die ersehnte Brotzeit in der Schwarzentennalm einzunehmen. Den Rückweg an den Nordabstürzen des Leonhardsteins zum Parkplatz bei Scharling schafften auch alle. Denn mit der Aussicht, sich im Tegernseer Bräuhaus zu einem zünftigen Ausflugsabschluss zu treffen mobilisierte die restlichen Kräfte.





Ergonomie ist zunehmend ein entscheidender Wettbewerbsfaktor besonders für klein- und mittelständische Unternehmen

von Werner Kusch

Bei der Fa. tecmath AG in Kaiserslautern fand am 23. April 2002 die Abschlusspräsentation des ECN - Ergonomie Kompetenz Netzwerks, bis dato gefördert vom bmb+f, unter dem Thema Übersicht & Perspektiven statt. Ziel der Veranstaltung war es, sowohl die anwesenden Teilnehmer als auch die früheren Förderer von der Zielsetzung und der Leistungsfähigkeit des neu aufgebauten Netzwerks zu überzeugen sowie Perspektiven aufzuzeigen, welche die Nachhaltigkeit des ECN in Zukunft gewährleisten sollen (s. a. Beitrag zur ECN e.V. Vereinsgründung am 12. September 2001 in diesem Heft). Die mit Engagement gehaltenen Vorträge beinhalteten Aussagen z. B. zur Bestandsaufnahme der Ergonomie in der Produkt- und Produktionsgestaltung, den Aufbau, die Arbeitsweise des Netzwerks, der Aus- und Weiterbildung über das ECN und endete mit einem Resümee sowie den Perspektiven des Netzwerks. Zwei Evaluierungsbeispiele, eines aus dem Bereich der Produktergonomie zum Thema "Anthropometrische Gestaltung von Trekkingrädern", beauftragt und durchgeführt von der Fa. DerbyCycle, der tecmath AG und dem Lehrstuhl für Ergonomie der Technischen Universität München und ein Zweites, aus dem Bereich der Produktionsgestaltung zum Thema "3D-Simulation von Montagearbeitsplätzen", beauftragt und durchgeführt von der Fa. Brose, der Fa. Tecnomatix Technologies und dem Institut für Arbeitswissenschaft der Technischen Universität in Darmstadt, verdeutlichten den Nutzen des Netzwerks für den jeweiligen Auftraggeber, der sich aus Synergieeffekten bei der Zusammenarbeit innerhalb des Netzwerks und der Partnerzusammensetzung ergibt. Die Programmpunkte im Einzelnen:

10:00 Uhr	Begrüßung
10:15 Uhr	Eine Bestandsaufnahme: Ergonomie in der Produkt- und Produktionsgestaltung. Methoden, angewandte Werkzeuge, Ausbildung, Fortbildung <i>Prof. Dr. H. Bubb</i> (Lehrstuhl für Ergonomie der TU München)
10:45 Uhr	Das Ergonomie Kompetenz Netzwerk ECN Aufbau, Arbeitsweise, Partner <i>Dr. J. Balzlat</i> (tecmath AG)
11:15 Uhr	Kaffeepause
11:30 Uhr	Aus- und Weiterbildung über das ECN Systematik, Angebotsspektrum, Didaktik, Kundenorientierung <i>Dr. R. Helbig</i> (Institut für Arbeitswissenschaft der TU Darmstadt)
12:00 Uhr	Praxisbeispiel Produktgestaltung: Anthropometrische Gestaltung von Trekkingrädern Auslegung mit CAD Ergonomie-Tool, empirische Experimente <i>Dr. R. Kaiser</i> (tecmath AG) <i>Dr. W. Kusch</i> (Lehrstuhl für Ergonomie der TU München)
12:30 Uhr	Mittagsimbiss & Demonstration von Werkzeugen Menschmodelle, Körpermesssysteme, Datenbanken
14:00 Uhr	Praxisbeispiel Produktionsgestaltung: Virtuelle Gestaltungsprinzipien im Vergleich zu "Papier- und Bleistift-Methoden" 3D-Simulation von Montagearbeitsplätzen, eine ergonomische Bewertung <i>Dr. M. Geyer</i> (Tecnomatix Technologies GmbH)
14:30 Uhr	Das Projekt ECN: Resümee & Perspektiven Nutzen für die Industrie, Vereinsgründung, Nachhaltigkeit <i>Prof. Dr. K. Landau</i> (Institut für Arbeitswissenschaft der TU Darmstadt)
15:00 Uhr	Diskussion

Gegen 16 Uhr endete die Veranstaltung mit der geäußerten Überzeugung vieler Teilnehmer von namhaften Firmen (z. B. Fa. Opel AG, Bosch Rexroth AG, EDAG, Forschungszentrum Karlsruhe, ibe-Ingenieurbüro für Ergonomie, Keiper GmbH&Co, König+Neurath AG, MTM-Institut Deutsche MTM Vereinigung e.V., Ulrich Alber GmbH&Co.KG, Weigel Investitionsgüter Design), daß sich die Ergonomie in zunehmenden Maß zu einem entscheidenden Wettbewerbsfaktor entwickelt. Ergonomisch gestaltete Produkte erhöhen die Attraktivität beim Kunden und eine ergonomische Optimierung der Produktion führt zu Produktivitätssteigerungen. Durch die Reduzierung gesundheitlicher Probleme werden letztendlich Kosten eingespart. Nur wer die ergonomische Gestaltung und die gesetzlichen Vorgaben schon in einem frühen Stadium der Entwicklung von Produkten und Arbeitssystemen berücksichtigt, kann diese Potenziale optimal nutzen. Hilfestellung dafür bietet in Zukunft das Ergonomie Kompetenz Netzwerk e. V.