



EDITORIAL

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

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

Am 6. Juni 2007 konnte Prof. Rühmann seinen 65. Geburtstag feiern. Damit endet nach den Regeln, die das gegenwärtig noch gültige Hochschulgesetz vorschreibt, in dem Semester seine Dienstzeit, in der er dieses denkwürdige Alter erreicht. Nach einem langen, über 36-jährigen, erfolgreichen Wirken am Lehrstuhl für Ergonomie und an der Technischen Universität München, scheidet er deshalb mit dem 30. September 07 aus dem aktiven Berufsleben aus. Deshalb soll die "Ergonomie aktuell" in diesem Frühjahr seinem Wirken gewidmet sein. Der Lehrstuhl und alle seine Mitarbeiter, die gegenwärtigen - ich bin mir da ganz sicher - aber auch alle, die in dieser langen Zeit am Lehrstuhl zeitweise tätig waren, denken gerne an gemeinsame Arbeiten, Diskussionen und Erlebnisse mit ihm zusammen zurück und danken ihm für seinen unermüdlichen Einsatz. Ich persönlich habe ihm in vielerlei Hinsicht zu danken, angefangen von den gemeinsamen Arbeiten für meine eigene Promotion über die vielen Debatten bezüglich "unserer" Auffassung von Ergono-

mie beim Erstellen der ersten Entwürfe für die Vorlesungen bis hin zu seinen vielen Arbeiten, die er mir später bei der Leitung des Lehrstuhls abgenommen hat. Über all die Jahre verband mich eine wirkliche Freundschaft mit ihm, wofür ich mich hier ganz speziell bedanken möchte. Wir alle wünschen ihm im wohlverdienten Ruhestand weiter sein ausgeglichenes Wesen, dass er die nun mehr Gewicht erhaltenden Aufgaben im familiären Feld bewältigen kann, dass er aber sein berufliches Arbeitsfeld nicht ganz vergisst und doch immer wieder einmal am Lehrstuhl erscheint und uns mit seinem Rat weiterhilft.

Lieber Peter,
Dir und Deiner Familie wünsche ich alles Gute. Mache das Beste aus allem und wenn die "Wetterlage" es einmal verlangt, dann herrscht im "Ergonomenland" immer ein erholsames Klima. Ich wünsche mir sehr, dass unser gemeinsamer Weg auch nach dieser Weggabelung, an der Du nun angelangt bist, weiter geht. Dir und Deiner Familie wünsche ich alles Gute für die weitere Zukunft
Dein Heiner

Und Ihnen liebe Leserin und lieber Leser wünsche ich viel Spaß bei der Lektüre der vorliegenden Ausgabe. Schmökern Sie mit uns etwas in der Vergangenheit, vielleicht kommt für den einen oder anderen wieder etwas in Erinnerung und vielleicht ist auch etwas Neues dabei. Jedenfalls wünsche ich Ihnen für die folgenden Seiten viel Vergnügen!

Ihr
Heiner Bubb

Ein Arbeitsleben für die Ergonomie

**Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. habil.
Heinzpeter Rühmann**

Editorial
1

**Daten für die ergonomische Gestaltung
in der Produktion und für Produkte**
2
Heinz Schmidtke

**Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. habil.
Heinzpeter Rühmann
Ein Arbeitsleben für die Ergonomie**
4
Heiner Bubb

**Digitale Menschmodelle bei der virtuellen
Absicherung manueller Montagevorgänge im Fahrzeugbau**
14
Domingo Rodriguez Flick

**Auf hedonistischen Pfaden - unterwegs
zu autonomen Menschmodellen**
17
Peter Schaefer und Iris Zacher

**Ergonomische Aspekte in der virtuellen
Produktentwicklung**
19
Till Voß

Gäste und neue Mitarbeiter am Lehrstuhl
21

**Abschiedsfest von Prof. Rühmann in
einer Bildernachlese**
23

Impressum
21

Daten für die ergonomische Gestaltung in der Produktion und für Produkte

Rede anlässlich des Festkolloquiums im August 2007

Heinz Schmidtke

Es gehört zu den wichtigen Aufgaben der in Universitäten und Forschungseinrichtungen tätigen Menschen, das Wissen und den Erkenntnisstand über jegliche Forschungsgegenstände zu erweitern, mögen die Gegenstände nun einen unmittelbaren Bezug zu unserem Alltag haben oder mögen sie schlicht dem Bestreben dienen, die Einbindung des Menschen in seine physikalische und soziale Umwelt besser zu verstehen.



musste, die Voraussetzungen für sinnvolle Forschung zu schaffen. Aber Herr Rühmann hat diese Zeit ohne Murren hinter sich gebracht und seine Forschungsergebnisse haben letztendlich dazu beigetragen, den Auftraggebern und Herstellern geländegängiger Fahrzeuge Daten zu liefern, ab wann es unerlässlich ist, dem Menschen als Glied solcher dynamischer Systeme durch Sitz- und Sichtstabilisierung die Voraussetzungen für optimale Sachleistung zu bieten.

Wer – wie Herr Prof. Rühmann – fast sein gesamtes Berufsleben diesem Ziel des Erkenntnisfortschrittes und der Erkenntnisvermittlung gewidmet hat, hat damit auch den Anspruch erarbeitet, dass diese seine Lebensleistung eine Würdigung erfährt.

Diese Würdigung wird Prof. Bubb vornehmen. Ich möchte mich hier darauf beschränken, einige wenige Rückblicke auf diejenigen Arbeiten von Herrn Rühmann zu werfen, die zu konkreten Daten und Gestaltungsempfehlungen für Produkte und Produktionen geführt haben.

Seine erste Bewährungsprobe bestand Herr Rühmann als Konstruktionsingenieur mit der Entwicklung und dem Bau eines Schwingungssimulators, mit dem es erstmals möglich war, die Wirkungen von vertikalen Schwingungseinwirkungen kombiniert mit Roll- und Nickschwingungen auf den Menschen und deren Wirkung auf die Aufnahme und Umsetzung von Informationen systematisch zu untersuchen. Da die Konstruktion, der

Diese teure und große Simulationsanlage wurde zwar mit viel finanziellem Aufwand von der Lothstrasse in München nach Garching umgezogen, leider jedoch hier nach Wiederaufbau letztendlich verschrottet, obwohl noch immer eine Reihe offener Fragen im Felde der mechanischen Schwingungen der Beantwortung harren.

Lassen Sie mich noch auf einen zweiten Forschungsbereich hinweisen, in dem Herr Rühmann grundlegende Daten erarbeitet hat.

Die deutsche Gesellschaft für Arbeitsmedizin beklagt z.B. seit Jahren, dass immer mehr Menschen in der industriellen Produktion und bei der Verteilung von Gütern mit Beschwerden am Skelett-Muskel-System erkranken und sich Rückenbeschwerden geradezu zu einer Volkskrankheit entwickeln. Die dadurch für die Krankenkassen und die Unternehmen entstehenden Kosten betragen jährlich viele hundert Millionen € und wachsen beständig. Als Ursache für diese Beschwerden hat sich u.a. der Sachverhalt ergeben, dass bei der Produktion von Gütern und deren Transport Körperkräfte aufzubringen sind, die nach ihrer Größe und ihrer Aufbringungsart – z.B. Heben, Ziehen, Schieben, Drücken usw. – auf Dauer zu Schäden am Skelett und an der Muskulatur führen. Aus den Arbeiten unseres Kollegen Rohmert wissen wir zwar, dass z.B. Haltearbeiten nur dann ermüdungs- und damit schädigungsfrei erbracht werden können, wenn die zu haltende Last $\leq 15\%$ der maximalen Haltekraft ist. Leider gab es jedoch keine belastbaren Daten über die Größe der Maximalkräfte von Männern und Frauen und deren Verteilung in der Population. Hier hat Herr Rühmann Pionierarbeit geleistet. In insgesamt 8 verschiedenen Unternehmungen wurden bei jeweils 1.800 Männern und 1.800 Frauen davon je 600 in den drei Altersgruppen < 35 Jahre, 35 bis ≤ 50 Jahre und 50 bis 65 Jahre in 9 verschiedenen Formen der Lastenmanipulation die isometrischen maximalen Stellungskräfte gemessen. Aus diesen Messwerten konnten für die 9 Formen der Kraftaufbringung die Perzentilwerte zwischen dem 1. und dem 99. Perzentil jeweils für Männer und Frauen abgeleitet werden, womit erstmals eine belastbare Datenbasis vorhanden war. Die folgenden Bilder zeigen einen Ausschnitt aus dieser Datenbasis.

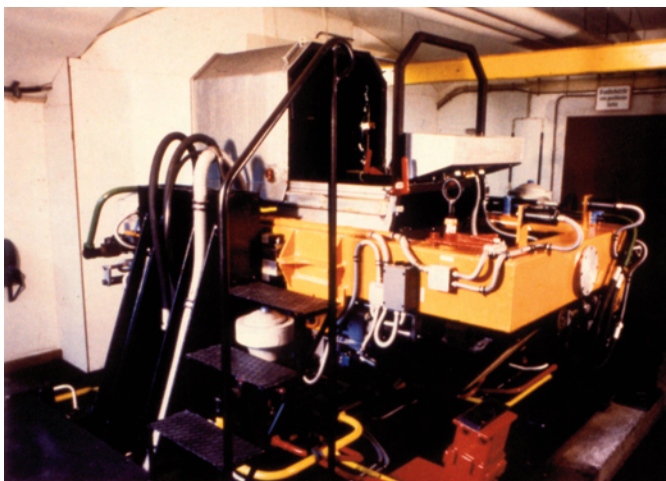


Abb. Schwingungs-Simulator FS 100

Bau und die Erprobung dieses großen

und aufwendigen Simulators verständlicherweise nicht in wenigen Monaten zu realisieren war, dauerte es vergleichsweise lange, bis Herr Rühmann schließlich mit den Untersuchungen beginnen konnte, die Gegenstand seiner Dissertation waren. Es beschleicht mich noch heute ein schlechtes Gewissen, wenn ich daran denke, zugelassen zu haben, dass ein junger Mann mehrere Jahre seines Lebens nur darauf verwenden

Perz.	untere Grenze	empir. Wert	obere Grenze	Intervall Breite	Ablage
Frauen					
1.	62,1	97,8	77,6	15,4	+ 26,0%
5.	119,0	136,8	131,3	12,3	+ 4,2%
10.	149,2	156,9	160,0	10,8	
15.	169,5	176,6	179,4	9,9	
20.	185,6	189,4	194,9	9,3	
25.	199,3	202,2	208,2	8,9	
30.	211,7	214,6	220,2	8,5	
35.	223,1	226,5	231,4	8,3	
40.	233,9	236,4	242,0	8,1	
45.	244,3	244,7	252,3	8,0	
50.	254,5	255,4	262,5	8,0	
55.	264,6	262,6	272,7	8,0	- 0,8%
60.	274,9	271,8	283,1	8,1	- 1,1%
65.	285,5	282,9	293,9	8,3	- 0,9%
70.	296,7	293,5	305,3	8,5	- 1,1%
75.	308,7	305,0	317,6	8,9	- 1,2%
80.	322,0	319,1	331,4	9,3	- 0,9%
85.	337,5	340,1	347,5	9,9	
90.	357,0	359,8	367,8	10,8	
95.	385,7	403,0	398,0	12,3	+ 1,3%
99.	439,3	484,9	454,8	15,4	+ 6,6%
Männer					
1.	182,4	229,2	202,9	20,5	+ 13,0%
5.	280,7	310,9	297,0	16,3	+ 4,7%
10.	333,0	349,3	347,3	14,3	+ 0,6%
15.	368,2	379,3	381,3	13,2	
20.	396,1	402,6	408,4	12,4	
25.	420,0	424,2	431,7	11,8	
30.	441,4	442,1	452,7	11,3	
35.	461,2	460,8	472,2	11,0	- 0,1%
40.	479,9	477,0	490,7	10,8	- 0,6%
45.	498,0	494,4	508,7	10,7	- 0,7%
50.	515,8	509,9	526,4	10,6	- 1,1%
55.	533,5	527,9	544,2	10,7	- 1,0%
60.	551,5	546,0	562,2	10,8	- 1,0%
65.	570,0	567,3	581,0	11,0	- 0,5%
70.	589,4	587,0	600,8	11,3	- 0,4%
75.	610,4	607,4	622,2	11,8	- 0,5%
80.	633,7	631,7	646,1	12,4	- 0,3%
85.	660,8	662,5	674,0	13,2	
90.	694,8	703,2	709,2	14,3	
95.	745,1	766,6	761,4	16,3	+ 0,7%
99.	839,3	913,3	859,7	20,5	+ 6,2%

Tabelle: Empirische Perzentilwerte: Beidhändige Druckkraft vor dem Körper, Kraftangriffshöhe 1350 mm

Es sei hier am Rande vermerkt, dass Herr Rühmann großzügig genug war, die unter seiner Leitung gewonnenen Daten einem inzwischen schon verstorbenen Kollegen zur Auswertung zu überlassen, der damit zur Promotion getrieben werden konnte.

Weiterhin hat sich Herr Rühmann auch mit den isometrischen Maximalkräften an den verschiedensten Stellteilen befasst. Erinnert sei hier nur an die Studien über Stellteile an Zentralver-

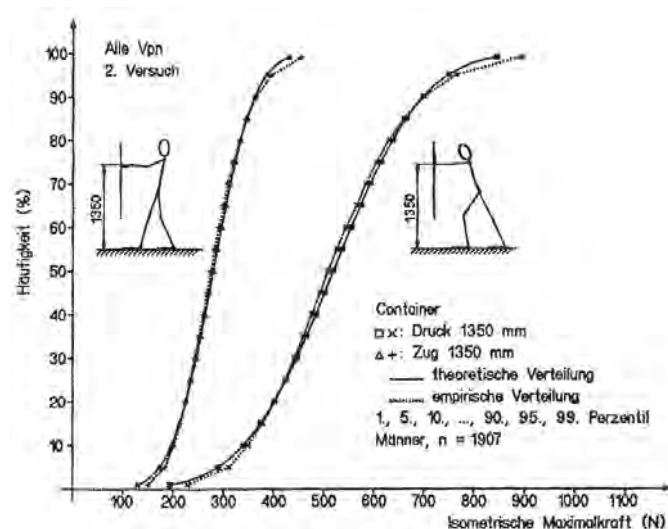


Abb. 1: Theoretische und empirische Summenhäufigkeitsverteilung für Männer. Zug- und Druckkraft vor dem Körper

schließen, Handrädern usw., denen zugleich ein hoher sicherheitstechnischer Stellenwert zukommt, denn was nutzt der schönste Zentralverschluss an einem Notausgang, wenn er von den Menschen nicht sicher geöffnet werden kann. Im Rahmen dieser vom Bundesministerium für Forschung finanzierten Studie wurden noch zwei weitere Forschungsarbeiten von Herrn Rühmann betreut, nämlich eine Grundlagenuntersuchung über konzentrische und exzentrische Beanspruchung der Armmuskulatur und eine solche über konzentrische und exzentrische Beanspruchung der Ganzkörpermuskulatur bei Hebearbeiten. Gerade die letztere Studie war dazu angetan, an einem „Dogma“ der Arbeitsphysiologie zu rütteln, nämlich der Regel, dass sich unabhängig von Arbeitsform, körperlicher Leistungsfähigkeit, Alter und Geschlecht nur dann ein steady-state der Arbeitspulsfrequenz einzustellen vermag, wenn die arbeitsbedingte Steigerung der Herzschlagfrequenz ≤ 30 Herzschläge je Minute ist (bei Messung des Ruhepulses im Stehen). Bei den hier durchgeführten Hebearbeiten in den höchsten Belastungsstufen mit 150 N (Frauen) und 250 N (Männer) mit je 10 Hüben pro Minute bildete sich jedoch noch ein steady-state der Arbeitspulsfrequenz von 80/min bzw. 96/min aus. Dies ist wahrlich ein beachtlicher Befund! Das arbeitsphysiologische „Dogma“ der steady-state-Grenze bei ≤ 30 Herzschlägen je Minute basiert möglicherweise auf einem versuchstechnischen Artefakt, nämlich der Arbeit auf einem Fahrradergometer mit einem nicht optimalen Wirkungsgrad und der Beanspruchung lediglich der Beinmuskulatur. Bei Ganzkörperarbeit vermag sich der menschliche Körper offenbar noch bei höherer Herzschlagfrequenz auf ein Gleichgewicht zwischen Sauerstoffaufnahme und Sauerstoffverbrauch einzustellen. Es ist bedauerlich, dass dieser wichtige Erkenntnisfortschritt weder von der klassischen Arbeitsphysiologie noch der Arbeitswissenschaft bisher zur Kenntnis genommen wurde und in die Lehrmeinung eingeflossen ist. Vielleicht haben wir gemeinsam mit Herrn Rühmann die „Reklametrommel“ für diesen bedeutsamen Befund nicht genügend gerührt!

Einen weiteren erwähnenswerten Beitrag von Herrn Rühmann „besitzen“ Sie gerade im wahrsten Sinne des Wortes. Wir alle haben uns schon oft über die ergonomisch miserabel gestalteten Sitzgelegenheiten in Kirchen, Vortrags- und Hörsälen gewundert. Während in den Kirchen vielleicht eine gewisse Absicht hinter den Unbequemlichkeiten steckt, um durch Schmerzen in der Sitzfläche und dem Rücken ein Einschlafen zu verhindern, steht dieses Ziel bei der Auslegung des Hörsaalgestühls sicher nicht im Vordergrund. Dennoch haben sich Generationen von Schülern und Studenten ihre Sitzflächen durch ständiges Hin- und Herrutschen wund gegessen. Hier hat Herr Rühmann Pionierarbeit geleistet. Das Hörsaalgestühl in der Fakultät für Maschinenwesen der TU in Garching wurde von ihm nicht nur entwickelt, sondern auch in der Produktion so lange begleitet, bis es seinen Vorstellungen von Formgebung und Klimaführung entsprach. Die Güte dieses Produktes können Sie jetzt selbst beurteilen.

Auch im Felde der Umweltfaktoren hat sich Herr Rühmann erfolgreich engagiert. Es sei hier an seine Beiträge über kritische Analysen der Messmethoden im Bereich der mechanischen Schwingungen, des Lärmes, der Klimaanalyse und der Lüftung erinnert.

Die Forschungsarbeiten von Herrn Rühmann fanden nicht nur im Elfenbeinturm der Universität statt. Wie schon beim Hörsaalgestühl erwähnt, hat er auch an zahlreichen Untersuchungen auf der freien Wildbahn des Dienstleistungsbereiches und der industriellen Produktion mitgearbeitet. Beispielhaft sei hier erinnert an die Untersuchungen über die Auslegung der Arbeitsplätze und der Arbeitsmittel in den großen, mittleren und kleineren Kundenzentren der Post in der Bundesrepublik Deutschland. Hier wollte man die bisherigen „Glaskästen“ durch ein Open-Service-Konzept ähnlich wie in den Banken ersetzen. In einer Reihe von Postämtern in der BRD haben wir den Arbeitsablauf in diesem neuen Konzept und die Akzeptanz durch die Mitarbeiter untersucht. Auch in der industriellen Produktion, z.B. bei der Herstellung und Kontrolle von Motorrad- und Kfz-Steuerketten, hat Herr Rühmann ergonomische Studien durchgeführt, genau so, wie eine ganze Reihe von Belastungsanalysen in großen Druckereibetrieben. Es hat schließlich auch skurrile Erlebnisse gegeben, so etwa bei Untersuchungen in einem Großbetrieb der Kfz-Zulieferindustrie, in dem man an Arbeitsplätzen der Zündverteilermontage die ab-

solut gleichen Arbeiten durch Männer in stehender und durch Frauen in sitzender Körperstellung verrichten ließ, um mit diesen unterschiedlichen Körperstellungen zu begründen, dass die Männerarbeit anstrengender sei und somit besser bezahlt werden muss als die gleiche, von Frauen durchgeführte Arbeit. Die Aufzählung der Beiträge unseres Kollegen Rühmann ließe sich noch über eine längere Zeitspanne fortführen. Aber ich möchte an dieser Stelle ein Resümee ziehen:

Wann immer Herr Rühmann eine Aufgabe übernommen hat oder wann immer er um Mitarbeit an einem Projekt gebeten wurde, stets konnte man auf seine uneingeschränkte Bereitschaft bauen.

Aus der Sicht eines langjährigen Kollegen und Weggefährten von Herrn Rühmann möchte ich sagen, dass er sich nicht nur um die Ergonomie, sondern auch um den Ruf des Lehrstuhles für Ergonomie der TU München verdient gemacht hat. Ich bedauere es sehr, dass er den Lehrstuhl nun aus Altersgründen verlassen musste. Ich möchte wünschen, dass er seine Expertise auch in Zukunft einbringen kann und der Kontakt zum Lehrstuhl und zur Fakultät nicht abreißt.

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. habil. Heinzpeter Rühmann Ein Arbeitsleben für die Ergonomie

Heiner Bubb

*Prof. Rühmann hat sein Berufsleben der Ergonomie gewidmet. Die Erfahrung weiß, dass ein solches Leben nicht nach den logischen Prinzipien und Gliederung einer wissenschaftlichen Argumentation aufgebaut sein kann. Zufälligkeiten spielen darin ebenso eine Rolle wie Inkonssequenzen. Zeiten hoher Fruchtbarkeit wechseln sich mit solchen großen Freude und diese wieder mit solchen gewisser Ratlosigkeit und Unge-
machs ab. Der vorliegende Beitrag soll einerseits den wissenschaftlichen Eintrag von Rühmanns Berufsleben darstellen, andererseits aber dabei auch zugleich auf den Werdegang eingehen und die Facetten des Lebens darin nicht zukurz kommen lassen.*

Anfangszeit bis zur Dissertation

Heinzpeter Rühmann hat an der damals noch so genannten Technischen Hochschule (TH) München Maschinenwesen studiert. Am Institut für Kraftfahrzeugtechnik hat er in seiner Diplomarbeit die notwendige Stärke eines Pleuels berechnet und damit eine bis dahin bei BMW verwendete Faustformel durch eine wissenschaftlich fundierte ersetzt. Anschließend hat er mit dem sog. AWA (Arbeitswissenschaftlich-Wirtschaftswissenschaftliches Aufbaustudium) den Titel eines Diplomwirtschaftsingenieurs erworben. Während dieses Studiums genoss er auch die faszinierenden Vorlesungen von Prof. Schmidtke und entwickelte Interesse und Zuneigung für dieses Fach. Letzten Ausschlag, dort nach einer Möglichkeit für eine Promotion nachzusuchen,

Wissenschaftliche Hilfskräfte
München, den 2.2.1970

Lehrstuhl für

An das
Rektorat der Technischen Hochschule
im Hause

Betreff: Einstellung wissenschaftlicher Hilfskräfte

Ich bitte für die Zeit vom 1.2.1970 bis 31.12.1970 einzustellen:

Name, Vorname: Dipl.-Ing. Dr. Rühmann, Heinzpeter
geboren am 7.6.1922 in Berlin

Familienstand: ledig
Kinder (Namentlich, mit Geburtsdatum aufführen!):

wohnhaft in 1022 Geiselgasteig, Robert Koch Str. 20
Staatsangehörigkeit: deutsch
Höhe der monatlichen Vergütung: DM 200,00
Verbuchungsstelle:

Herr war bereits in der Zeit vom bis als in der Technischen Hochschule München beschäftigt.

Anlagen:
1) Lebenslauf
2) Personalfragebogen
3) Zeugnis über Diplomhauptprüfung und gegebenenfalls Promotionsurkunde (Photokopie mit Original zur Beglaubigung)
4) Lohnsteuerkarte
5) Angestelltenversicherungskarte
6) Überweisungsauftrag (Bankverbindung)
7) Gegebenenfalls Heiratsurkunde bzw. Geburtsurkunden der Kinder (Bei Pauschalvergütung nicht erforderlich)
8) Bestätigung, ob Ausbildung vorliegt (Rundschr. v. 28.8.67 I/3777)

[Signature]
(Unterschrift des Lehrstuhlinhabers)

Abb. 1: Einstellungsbogen von Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Heinzpeter Rühmann am Institut für Ergonomie

gab aber wohl der Umstand, dass er eine bestimmte Zeit gemeinsam mit Michael Schwabe die Schulbank gedrückt hatte, der bereits am - damals noch so benannten - "Institut für Ergonomie" tätig war und dort ebenfalls promovieren wollte. Bei einem gelegentlichen Treffen riet dieser ihm: "komm doch zu uns". Und so hat er im Juni 1970 bei Prof. Schmidtke an diesem Institut angeheuert.

Der Einstellungsbogen (siehe Abb. 1) weist eine Entlohnung von monatlich 800 DM (400 €!) aus. Ob heute selbst eine studentische Hilfskraft bereit wäre, dafür einen ganzen Tag zu schuften?

Die Arbeitswissenschaft hatte damals eine Phase der Etablierung in den verschiedenen Technischen Hochschulen hinter sich (1962 war an der TH im Maschinenwesen gerade das Institut der Arbeitsphysiologie gegründet worden und mit Prof. Müller-Limmroth besetzt worden und zeitgleich das Institut für Arbeitspsychologie und Arbeitspädagogik in der Fakultät für allgemeine Wissenschaften, auf das Heinz Schmidtke berufen worden war) und musste ihre Tragfähigkeit nun unter Beweis stellen. Die arbeitswissenschaftliche Forschung, die sich seit ihren Anfängen in der Mitte des 19. Jahrhundert in die Hauptzweige Arbeitsphysiologie und -psychologie (ein Nukleus dafür war das Max-Planck-Institut für Arbeitsphysiologie in Dortmund), Arbeitswissenschaft im Forstwesen (Hamburg) und in der Landwirtschaft (Bad Kreuznach) und die betriebswissenschaftliche Ausrichtung, welche bereits ihren Weg in verschiedene Technische Hochschulen gefunden hatte, entwickelt hatte, musste in diesen Neugründungen an den verschiedenen Hochschulen somit erst ihren Weg finden. Herr Schmidtke, selbst naturwissenschaftlich ausgebildet, hatte schnell die Bedeutung der Interaktion Mensch-Maschine erkannt und gesehen, dass diese vor allem durch die wissenschaftlich fundierte menschengerechte Gestaltung verbessert werden kann. Die Ausrichtung, die aus den immer mehr im Detail zu erforschenden Eigenschaften des Menschen Forderungen an die Technik stellt, hatte bereits einen Namen: "Ergonomie". So war es nur zu konsequent, dass er bereits bald nach Übernahme des Lehrstuhls den ursprünglichen sperrigen Namen in "Institut für Ergonomie" umwandelte. Neben den bereits virulenten Fragen des Informationsflusses zwischen Mensch und Maschine (Seibt, 1972, hat beispielsweise eine Arbeit über den Einfluss von Coulombscher Reibung am Bedienelement auf die menschliche Regel- und Steuerleistung geschrieben) und den Fragen der anthropometrischen Gestaltung waren damals Umweltfragen ein sehr aktuelles und teilweise auch noch weitgehend unerforschtes Gebiet. Dazu gehörten vor allem Fragen der richtigen Beleuchtung. Die damalige lokale Nähe zu dem von Prof. Schober geleiteten LMU-Institut "Medizinische Optik" in der Barbarastraße ließ diesen Zweig in der Ergonomie auch aufleuchten, insbesondere als der eine oder andere Mitarbeiter von dort zu dem Institut stieß. Ein weiteres wichtiges Gebiet war die Lärmwirkung und schließlich der Einfluss von mechanischen Schwingungen. Es gab damals zwar die unter Dupuis in Bad Kreuznach gemachten Versuche auf einem Hydropulser, die übrigens bis heute die Grundlage für die Bewertung von Schwingungsbelastung darstellen. Vollkommen unbekannt war aber der Einfluss von Rotationsschwingungen auf den Menschen.

In diese Welt geriet der junge Rühmann hinein. Als er zu dem Lehrstuhl stieß, erkannte Schmidtke sofort sein großes maschinenbauerliches Talent zum Konstruieren (damals wohlge-merkt noch mit Reißbrett und Rapidograph; von CAD waren wir noch weit entfernt! Gerechnet wurde ganz selbstverständlich mit Rechenschieber und ggf. mechanischer Rechenmaschine - oder eben im Kopf!). Er bekam den Auftrag, einen Simulator zu konstruieren, der für grundlegende Untersuchungen zu Rotationsschwingungen tauglich war und der zudem extrem leistungsfähig sein sollte.

Rühmann stellte sich dieser Aufgabe mit Feuereifer. Man sah ihn stundenlang vor dem Reißbrett. Darüber hinaus entwickelte sich mit dieser Aufgabe eine intensive Zusammenarbeit mit der Firma Krauss-Maffei (dort entstand auch der Name für das Gerät; "Nennen Sie ihn doch einfach FS 100, jede Zeichnung braucht einen Namen, der das Gerät bezeichnet, wofür die Zeichnung gemacht wird!"), die in den häufigen Konsultationen nicht nur ihr Know-how im Bau von schwerem

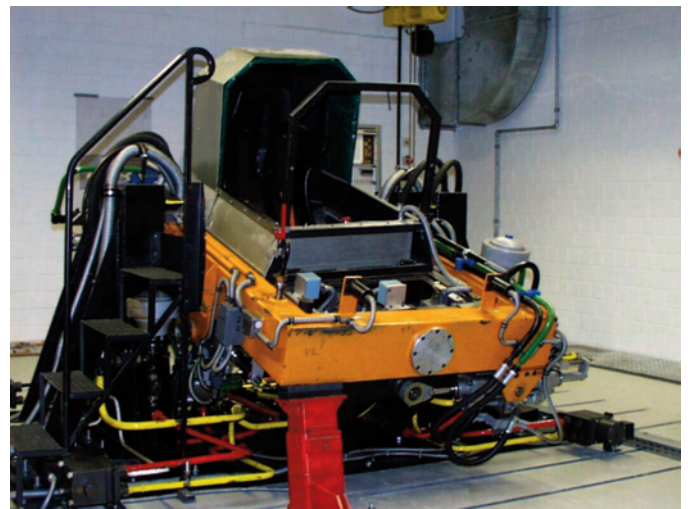


Abb. 2: Zweiachsiger Rotationsschwingungssimulator FS 100

Panzer- und Lokomotivengerät einbrachten, sondern auch die Möglichkeit bereitstellte, die in der Konstruktion entstandenen Rahmen durch Glühen spannungsfrei zubekommen. Unter Rühmanns Regie erwachte der Simulator schließlich zum Leben (siehe Abb. 2). Es war ein Zweiachsensimulator, aufgebaut wie ein kardanisches Gelenk, in dessen Drehmittelpunkt in etwa der Schwerpunkt der Versuchsperson zu liegen kam. Ursprünglich war vorgesehen, die gesamte Apparatur in zwei seitlichen Hubschlitten zu führen, um so auch transversale Longitudinalschwingungen zu erzeugen. Aus vielen Gründen - auch finanziellen - kam es dann nicht mehr dazu. Statt dessen wurde für eine spätere Untersuchung, wo es um den Vergleich von Rotationsschwingungen und Longitudinalschwingungen ging (Dissertation Rausch, 1990) im inneren Rahmen dieses "kardanischen Gelenkes" eine weitere kleinere Plattform eingehängt, die den darauf montierten Sitz zu kleinen horizontalen Longitudinalschwingungen anregen konnte.

All diese Entwicklungen hat Heinzpeter Rühmann begleitet und geleitet. Für den Aufbau dieser Apparaturen mussten nämlich nicht nur mechanische Forderungen, sondern auch elektrische, messtechnische und elektronische zur Regelung der Bewegung berücksichtigt werden. Die Hydraulik stammte

aus Frankreich, sodass er in dieser Koordinationsarbeit zusätzlich internationale Erfahrung gewann. Der Simulator wurde mit einer maximalen Beschleunigung von bis zu 4 g am Kopf der Versuchsperson die damals leistungsfähigste Versuchseinrichtung für Rotationsschwingungen (Abb. 3 zeigt, dass bei diesen Beschleunigungen, die Versuchsperson die Kontrolle über das System verlieren konnte und vom Versuchsleiter der Notaus-Knopf betätigt werden musste).



Abb. 3: Wirkung extremer Schwingungseinwirkungen am FS 100

Mit dem Bau dieses Simulators wurde Rühmann zum Hydraulik-Spezialisten des Lehrstuhls. Elektrische Antriebe hat er nie so geliebt, denn als Maschinenbauer sagte er immer: "Elektrischen Strom sieht man nicht und riecht man nicht - das ist gefährlich!", Diese Vorliebe für hydraulisches - und pneumatisches - hat sich bis heute durch den Lehrstuhl gezogen. Hydraulisch wurde auch die "Ilgmanschaukel", ein einachsiger einfacher Simulator zu Erzeugung von Rollbewegungen befeuert und später pneumatisch der Forschungsstuhl FS 2000.

(Anm.: Das jetzt aufgestellte Hexapod, das Grundlage für den neuen bewegten Fahrsimulator sein soll, wird elektrisch angetrieben - nun geht Prof. Rühmann in Pension!)

Das konstruktive Talent von Heinzpeter Rühmann wurde über diese seine eigentliche Arbeit hinaus natürlich weidlich ausgenutzt. So konnten viele weitere Forschungseinrichtungen des Lehrstuhls geschaffen werden, die mit dem Schwingungssimulator überhaupt nichts zu tun hatten. Eine solche Einrichtung war beispielsweise eine Vorrichtung zur Untersuchung der vom menschlichen Operateur beim Handsägen physikalisch notwendigen Mindestleistung, die die experimentelle Grundlage für die von Dr. Zieris durchzuführenden Untersuchungen zum Schätzen von solchen manuellen Tätigkeiten sein sollten. Nebenbei bemerkt: Für diese Arbeit schrieb ein Diplomand namens Boysen eine Diplomarbeit, gemeinsam mit Rühmann hatte ich den Auftrag, diese zu korrigieren. Es war ein Werk, das recht langweilig zu lesen war und zudem auch einige sprachliche interessante Kapriolen enthielt ("z.B. "Mikroschwischer"). So bürgerte sich zwischen uns der Spruch "Boysen leusen" ein, wenn es wieder einmal darum ging, sich ein nicht gerade von Esprit sprühendes Werk zu Gemüte zu führen. Wir bauten damals das ergonomische Praktikum auf und waren dabei bestrebt, Versuchseinrichtungen zu schaffen, ähn-

lich wie wir sie vom physikalischen Praktikum kannten. Viele der damals eingerichteten Versuche sind heute noch Bestandteil dieses Praktikums, das sich bei den Studenten nach wie vor großer Beliebtheit erfreut. Einer dieser Versuche war der "Farbversuch", eine Rühmannsche Meisterkonstruktion in "Holz und Eisen" (ein geflügeltes Wort von Prof. Schmidtke, der damit den manchmal zu großen technischen Aufwand für Versuchseinrichtungen geißelte), die in der Bedienung aber eine gewisse maschinenbauerliche Strenge - man muss ja die mögliche Dauerbeanspruchung im Auge haben - nicht leugnen konnte. Bei dieser Versuchseinrichtung mussten zwei große kreisförmige Holzscheiben, auf denen sich Farbproben befanden und die von unterschiedlichen Lichtquellen beleuchtet wurden, so gegeneinander verdreht werden, dass die Versuchsperson (Student) den Eindruck hatte, dass die gesehenen Farben jeweils gleich seien. Eines Tages kamen Studenten, die an dem Praktikumsversuch teilnahmen, zu Herrn Rühmann in sein Zimmer, zeigten ihre roten, bereits Blasen ziehenden Daumen und fragten: "Müssen wir noch weiter machen?". Beim Umzug nach Garching haben wir diesen Versuch verschrottet.

Ebenfalls in diese Zeit fällt der Aufbau des ersten Fahrsimulators am Lehrstuhl, der entsprechend der damals zur Verfügung stehenden Technik halbmechanisch funktionierte. Die Besonderheit war, dass ein Antriebsmotor einen auf einem Rollenfeld aufgewickelten Teppich, der das Bild der Straße enthielt, unter sich hindurch zog. Um die Querdynamik zu simulieren, konnte dieser Teppich auch seitlich bewegt werden, wenn das ortsfeste "Fahrzeug" auf diesem Teppich schräg stand. Zu diesem Zweck war das gesamte Rollenfeld auf Gleitlagern seitlich sehr leichtgängig verschiebbar. An das "Fahrzeug" war eine (damals noch) Schwarz-weiß-Fernsehkamera montiert, die über einen Spiegel in der modellmaßstabsgerechten Höhe auf das auf den Teppich aufgemalte Straßenbild gerichtet war. Um das um seine Hochachse drehbar gelagerte, aber sonst nicht bewegliche Fahrzeug zu lenken, konstruierte Rühmann das sog. "Umweltgetriebe", ein Differential gekoppelt mit einem Umkehrgetriebe, das es erlaubte, bei beliebiger Stellung des Fahrzeugs, den relativen Winkel zwischen den starren Stützrädern (die im Modell die Hinterräder darstellten) und der gelenkten Antriebsachse einzustellen. Abb. 5 zeigt den Autor auf dem Fahrer-



Abb. 5: Heiner Bubb erprobt den neuen FS 3

stand des FS 3 genannten Simulators und Abb. 7 das besagte Rollenfeld (nach dem Vorbild des FS 100 wurden fortan alle in irgendeiner Weise eine Steueraufgabe darstellenden Simulatoren des Lehrstuhls "FS" genannt. FS 1 verlangte eine sehr einfache Nachführaufgabe, die auf Papier aufgetragen war - siehe Abb. 6 - und FS 2 eine als einen Zufallsverlauf auf Filmstreifen festgehaltenen Verlauf, der mittels eines über ein Lenkrad zu betätigenden Kursor verfolgt werden musste). Die Bewegungen am Lenkrad des Fahrerstandes wurden über Drahtseile auf das Fahrzeug übertragen. Später wurde der Fahrerstand durch eine ganze Karosserie ersetzt. Die Längsdynamik wurde am Analogrechner simuliert. Zudem wurde durch spezielle, sog. Umweltprojektoren, auf seitliche Leinwände Lichtreflexe projiziert, die ein verbessertes Bewegungsempfinden der Versuchsperson bewerkstelligen sollte (Abb. 8, siehe Salzberger 1976). In einer anschließenden Aktion wurde der Simulator sogar noch durch die Darstellung eines vorausfahrenden Fahrzeugs ergänzt (Abb. 9, Stürzer 1983).



Abb. 6: FS 1 genannte einfache Versuchseinrichtung zur Darstellung der menschlichen Regelleistung.

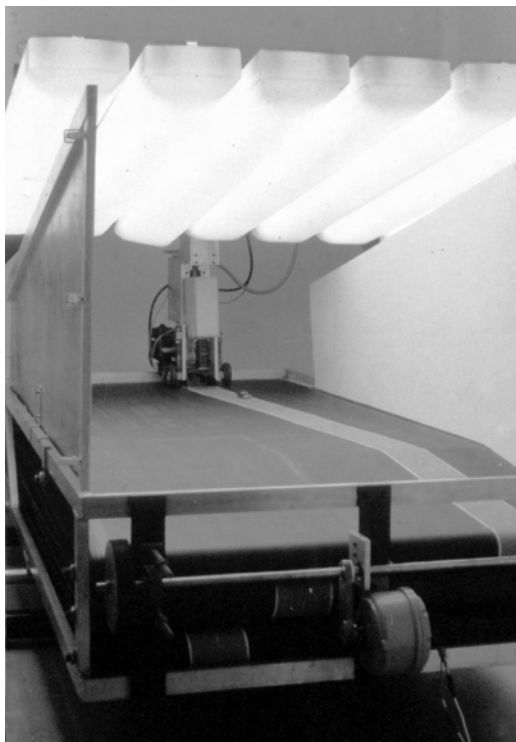


Abb. 7: Rollenfeld zur Darstellung der Straße am Fahrsimulator FS 3

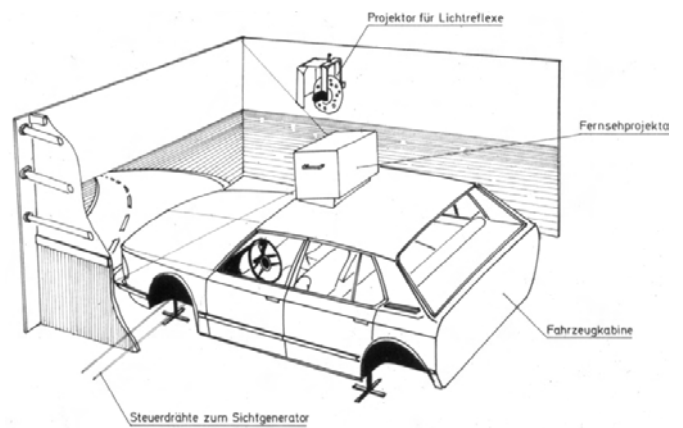


Abb. 8: Gesamtaufbau des FS 3 mit Frontalleinwand zur Darstellung der Straße und seitlichen Leinwänden zur Darstellung peripherer Lichtreflexe

Bei all diesen vielen Aufgaben blieb die Dissertation zunächst ein wenig auf der Strecke. Insbesondere zeichnete sich ab, dass der Aufbau des Simulators FS 100 doch soviel Zeit in Anspruch nehmen würde, dass mit einem Abschluss der Dissetation in vertretbarem Zeitaufwand nicht mehr zu rechnen war. Er schloss sich deshalb dem Team "Peter Bubb - Wilhelm Ilgmann" an, die zur Aufgabe hatten, die menschliche Regelleistung bei unterschiedlicher Maschinendynamik und unter dem Einfluss von Rollschwingungen zu untersuchen. Zu diesem Zweck stand ja inzwischen, dank Rühmanns Wirken der einachsige kleine Schwingungssimulator ("Ilgmannschaukel") zur Verfügung (Abb. 10).

Abb. 9: Blick aus der Fahrerkabine des Fahrsimulators FS 3 auf das vorausfahrenden Fahrzeug



Rühmanns Dissertation sollte nun den Titel tragen: "Untersuchung über den Einfluss der mechanischen Eigenschaften von Bedienelementen auf die Steuerleistung des Menschen". Auch hinter dieser Arbeit warteten wieder konstruktive Aufgaben, denn die dafür notwendigen speziellen Joysticks, die einerseits extrem leichtgängig, andererseits reibungsfreie Rückstellkräfte aufweisen bzw. hydraulisch gedämpft sein sollten, gab es damals überhaupt nicht auf dem Markt (die Computermouse war ein damals noch vollkommen unbekanntes Bedienelement. Am Institut lief zu dieser Zeit gerade eine Untersuchung über die Eignung des Rollballs für die Ortung von Objekten

auf dem Radarschirm; Schmucker 1966, Pretsch 1966).
Ausgehend von einer systematischen Betrachtung von zweidimensionalen Stellteilen (siehe Abb. 11, sog. Joysticks) konstruierte Rühmann

- ein von Rückstellmomenten freies,
- ein mit Federrückstellung versehenes, aber absolut reibungsfreies (es kamen dabei gerade im Weltraum erprobte Kreuzfedergelenke zum Einsatz),
- ein isometrisches Bedienelement, das über Dehnmessstreifen die aufgetragenen Kräfte erfasste, und
- ein hydraulisch gedämpftes Bedienelement zum Einsatz.



Abb 10: Einachsiger Schwingungssimulator, der u.a. bei der Dissertation "Rühmann" zum Einsatz kam (sog. "Ilgmannschaukel")

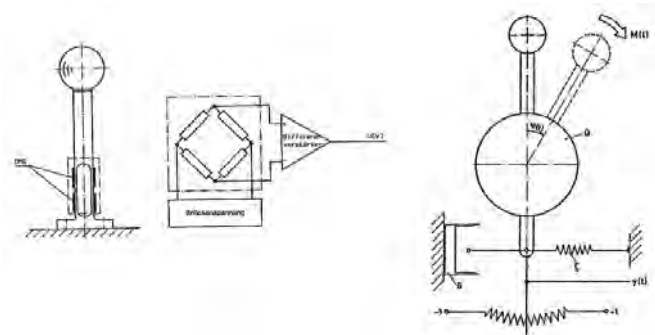


Abb. 11: Allgemeine mechanische Eigenschaften von Joysticks

Für letzteres wurde im Feingerätebau eingesetzte Luftdämpferelemente zu hydraulischen Dämpfern umgebaut. Dazu wurde eine eigene Kalibriereinrichtung gebaut, die wegen ihrer merkwürdigen Erscheinung von uns "Uhr von Loewe" genannt wurde (siehe Abb. 13).

Abb. 12 zeigt die in der Untersuchung zum Einsatz gekommenen Bedienelemente. Die Schwingungsbeltung der Versuchsperson wurde durch einen Beschleunigungsaufnehmer, der mittels eines Stirnbandes am Kopf befestigt war, gemessen (Es handelte sich dabei um einen elektronischen Rotationsbeschleunigungsaufnehmer, der damals leider noch nicht in so kompakten Ausmaßen zur Verfügung stand, wie das heute üblich ist). Abb. 14 zeigt den Zusammenhang von der Schwingungseinleitung über den Schwingungssimulator und der auf diese Weise gemessenen Schwingungsbeltung.

Man erkennt die durch die ausgleichenden Körperbewegungen individuell unterschiedlich reduzierte Belastung.

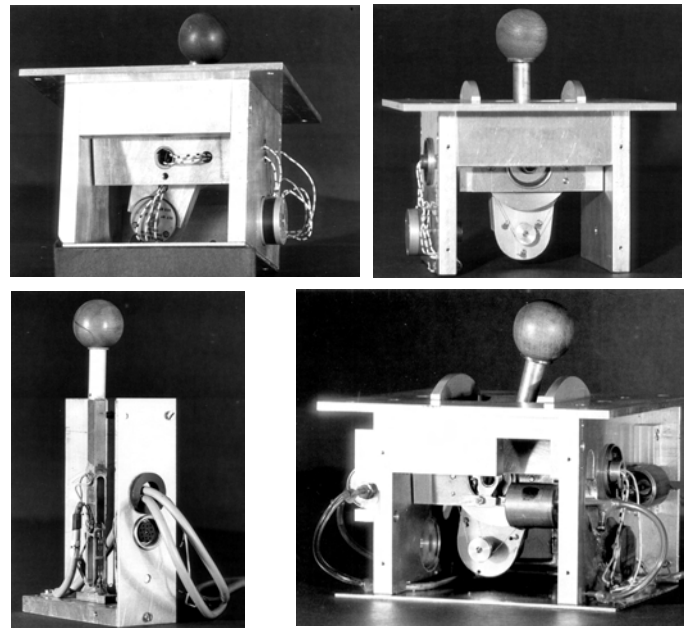
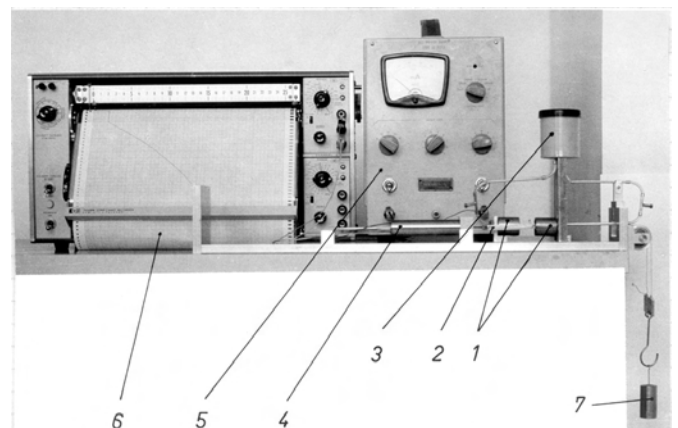


Abb. 12: Joysticks, die speziell für die Dissertation Rühmanns gefertigt worden sind:

links oben rückstellmomentfreies Joystick, **rechts oben** Joystick mit reibungsfreier Federrückstellung, **links unten** isometrisches Joystick, **rechts unten** Joystick mit geschwindigkeitsabhängiger Dämpfung



- | | |
|---------------------------|-------------|
| 1 Dämpfungszylinder | 5 Meßgerät |
| 2 Joeh | 6 Zeitgeber |
| 3 Ausglenkgefäß | 7 Gewicht |
| 4 induktiver Wegaufnehmer | |

Abb. 5.1.2-10 Gidapparatur zur Bestimmung der Dämpfungskonstante

Abb. 13:

Kalibriereinrichtung für das flüssigkeitsgedämpfte und damit geschwindigkeitsabhängige Joystick (sog. "Uhr von Loewe")

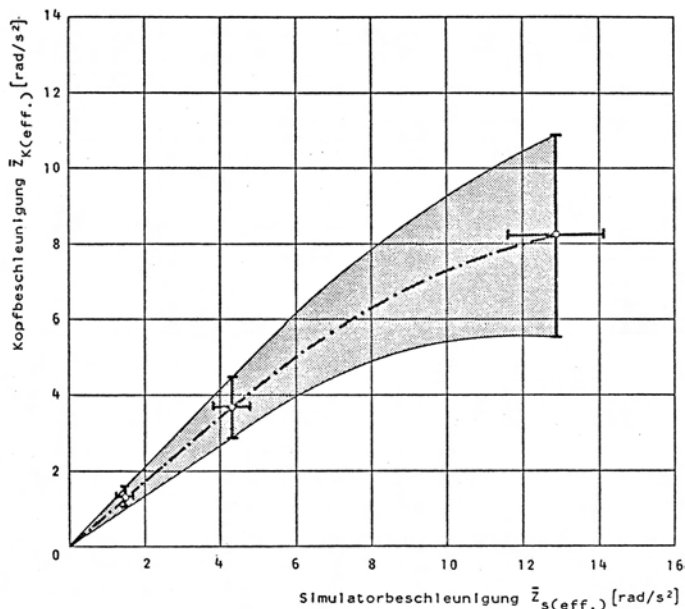


Abb. 14: Zusammenhang von Schwingungseinwirkung und Schwingungsbelastung am Kopf der Versuchsperson

Die Versuche wurden über den Analogrechner gesteuert und die Ergebnisse auf Lochstreifen gestanzt. Bemerkenswert ist ein Satz in Rühmanns Dissertation: "Da im Rechenzentrum LRZ noch kein leistungsfähiger Magnetbandspeicher zur Verfügung stand, mussten die Daten auf Lochstreifen gestanzt angeliefert werden". Was nicht in der Dissertation stand, war, dass diese Lochstreifen in Plastikbadewannen aufgefangen werden mussten, von wo sie dann mittels einer eigens konstruierten Wickelmaschine aufgespult wurden.

Das Ergebnis der Untersuchung konnte in einer Empfehlungstabelle zusammengefasst werden (siehe Tab 1). Diese Ergebnisse waren die Grundlage für eine Vielzahl von Veröffentlichungen, die sich mit menschlicher Regelleistung und insbesondere der Gestaltung der Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine auseinandersetzten (Rühmann 1979, 1989 a, b, c, 1990, 1992, 1993 a, b, c, d, 1994).

Zeit der Reife: Habilitation

Inzwischen war auch der FS 100 fertig gestellt und mehrere wichtige Forschungsarbeiten wurden mit ihm durchgeführt, die das Wissen über den Einfluss von Rotationsschwingungen auf das menschliche Empfinden und auf die menschliche Leistungsfähigkeit wesentlich prägten (Ilgmann 1979, Rausch 1990).

Rühmanns Habilitationsarbeit war dem Einfluss von komplexen Rotationsschwingungen auf die Bedienelementauslegung gewidmet. Nun konnte er endlich die Apparatur, die er gebaut hatte und die so vielen anderen als Vehikel zur Promotion gedient hatte, für die eigene Forschungsarbeit einsetzen. Der Versuch sah vor, dass unter dem Einfluss verschiedener Schwingungsamplituden und -frequenzen in Nick- und Rollrichtung Versuchspersonen auf einem Bedienbrett (ähnlich den heutigen Touchscreens) virtuelle Tastenfelder drücken sollten, wenn nach einem Zufallsmuster dahinter liegende Lämpchen dazu aufforderten. Die Position, an der der Finger bei dieser Aufgabe "landete" wurde magnettechnisch genau gemessen. Die dafür notwendige Anordnung zeigt Abb. 15. Die Ergebnisse wurden statistisch "nach allen Regeln der

Vergleichende Bewertung der Bedienelemente bei rotatorischer Schwingungsbelastung					
Steuerungsart	Eignung bei Schwingungsbelastung	Bedienelemente 0.-ter Ordnung			Bedienelemente 1. Ordnung
		wegfrei	federzentriert	kräftefrei	viskos gedämpft
Lage-Steuerung	leicht-mittel	-*)	+	+	+
	stark	-*)	-	o	+
	gesamt	--	o	+	++
Geschwindigkeitssteuerung	leicht-mittel	-	+	+	+
	stark	-	+	o	+
	gesamt	--	++	+	++
Beschleunigungssteuerung	leicht-mittel	+	o	-	-
	stark	+	o	-	-
	gesamt	++	o	-	--
Übergeordnetes Konstruktionskriterium		Wegfreie Bedienelemente		wegbehaftete Bedienelemente	

*) nicht steuerbar
 ++ sehr günstige, + günstige, o hinreichende, - ungünstige und -- sehr ungünstige
 Kombination von Bedienelement und Regelstrecke

Tabelle 1: Vergleichende Bewertung

Kunst" aufgearbeitet und zunächst für jede Versuchsbedingung in Form von Summenhäufigkeitsdarstellungen visualisiert (Beispiel siehe Abb. 16). Die dafür benötigten Programm-

routinen hat Rühmann sich im Rahmen seiner Dissertation beim Rechenzentrum besorgt. Sie liefen mittlerweile sehr zuverlässig auf der inzwischen im Institut verwendeten PDP 11, dem sog. "Wasserrechner", so bezeichnet, weil er wassergekühlt war, ein Umstand, der uns nach seinem Umzug nach Garching mit einigem Kopfzerbrechen belastete (in Zeiten von perfekt aufbereiteten Statistikprogrammen wie SPSS und SPS und für einfache Fälle sogar EXCEL, die heute alle am PC zur Verfügung stehen, ist der Wert einer Statistikprogramm-routine kaum mehr abzuschätzen). Die Ergebnisse liegen nun in Form von Empfehlungen für die notwendige Tastengröße für statische und dynamische Systeme vor (siehe Abb. 16), eine Empfehlung, die gerade unter dem Blickfeld des Designers, der oft filigrane Tastengrößen bevorzugt, grob außer acht gelassen wird. Auch die Ergebnisse dieser Arbeit fanden reichen Niederschlag in diversen Veröffentlichungen (z.B. Rühmann 1984, 1985).

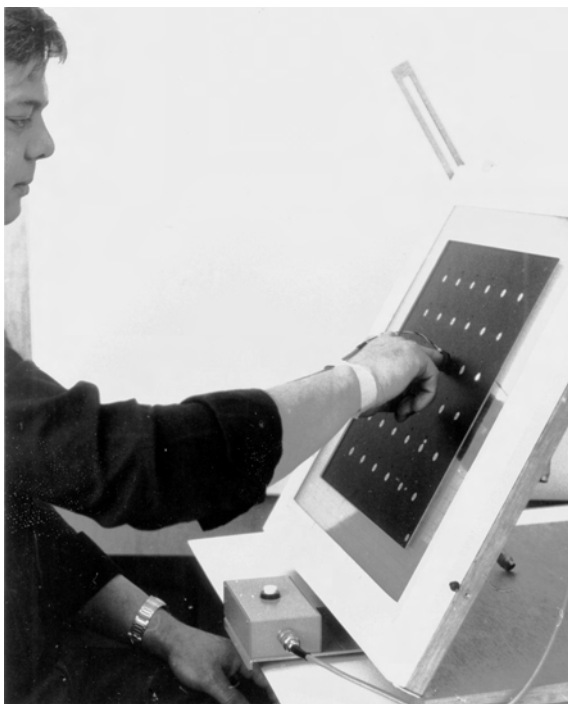


Abb. 15: Eigenkonstruktion eines "Touch Screen" für die Untersuchungen der notwendigen Tastengröße unter dem Einfluss von mechanischen Rotationsschwingungen.

Zeit der Ernte: Prof. Dr. Rühmann

1984 wurde der inzwischen zum Dr.-Ing. habil. avancierte Dr. Rühmann 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 Körperkräfte des Menschen durch, das auf dem Kraftsektor die Parallele zu den weltweit üblichen Perzentiltabellen über anthropometrische Längenmaße lieferte. Auch diese Aufgabe war wieder mit konstruktiver Tätigkeit verbunden. Es mussten Versuchsstände konzipiert werden, die leicht demontierbar waren, da für die avisierte relativ große Versuchspersonenzahl von bis zu 2000 die Apparatur zu verschiedenen kooperierenden Institutionen und Unternehmen gebracht werden musste.

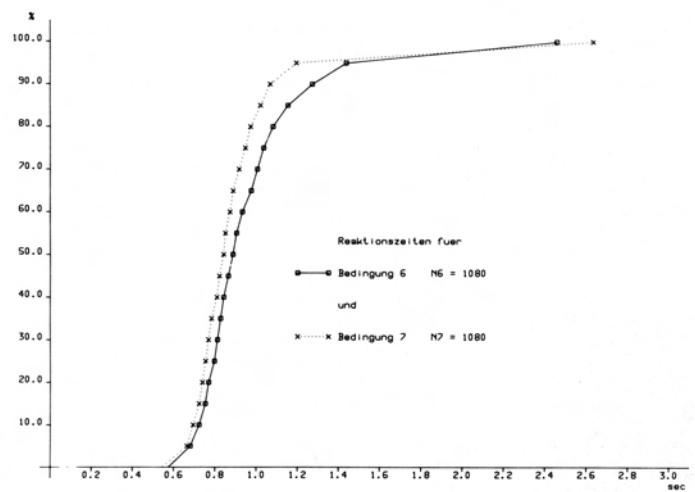


Abb. 16: Abweichung der "Landeposition" des Fingers vom geometrischen Mittelpunkt der Taste, dargestellt als Summenhäufigkeitskurve

Abb.17 zeigt diese Apparatur. In ihr wurden verschiedene mit Kraftaufnehmern versehene Griffvarianten angebracht, um so die unterschiedlichsten Krafteinsätze zu untersuchen. Abb. 18 gibt dafür einige Beispiele.

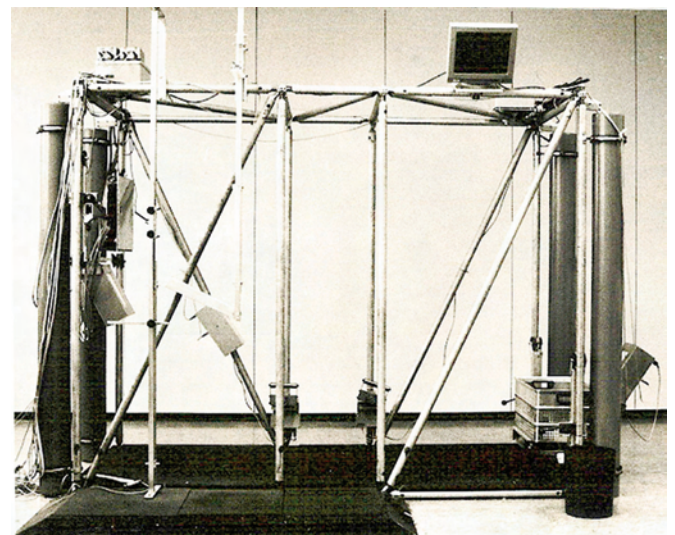


Abb. 17: Mero-Gestell zur Aufnahme verschiedener Krafteinleitungsobjekte, entworfen für eine ausgedehnte Reihenuntersuchung zur Perzentilierung von Betätigungskräften.

Eine Besonderheit war bei diesen Versuchen die "Münchner" Festlegung der Maximalkraft. Die Versuchsperson musste auf einem großen Zeigerdisplay durch Kraftaufbringen einem Führungszeiger solange folgen, bis sie den Krafteinsatz nicht mehr weiter steigern konnte. Der Abbruchpunkt definierte die Maximalkraft. Es zeigte sich in entsprechenden Vorversuchen, dass so recht gut reproduzierbare Ergebnisse erreicht werden konnten. Abb. 19 zeigt ein typisches Ergebnis dieser Versuche. In Form einer Summenhäufigkeit ist das Ergebnis für eine bestimmte Kraftaufwendung aufgetragen. Beliebige Perzentile können daraus ohne Schwierigkeiten entnommen werden. Abb. 20 zeigt für einen Anwendungsfall die Vorgehensweise, wie man zu Kraftaufwendungen kommt, die für einen

bestimmten Bevölkerungsbereich ausführbar sind. Sie sind damit eine wichtige Grundlage zur Auslegung von Arbeitsplätzen mit manueller Kraftaufwendung.

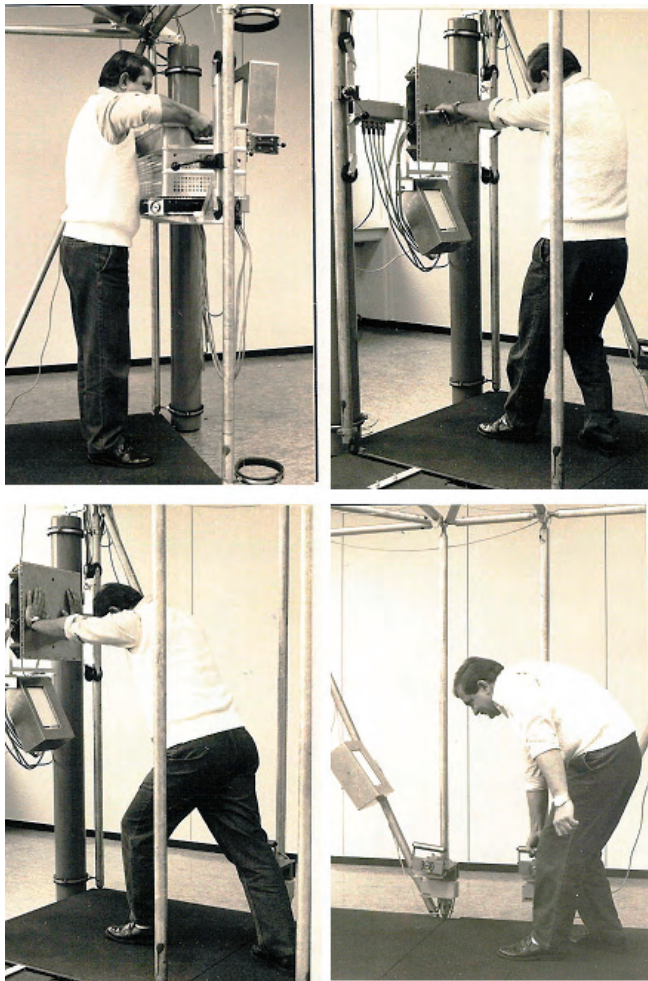


Abb. 18: Beispiele für verschiedene Kraftaufwendungen im Rahmen der erwähnten Reihenuntersuchung.

scher Schaltungen und dem Erarbeiten steuernder Rechenprogramme einbrachte.

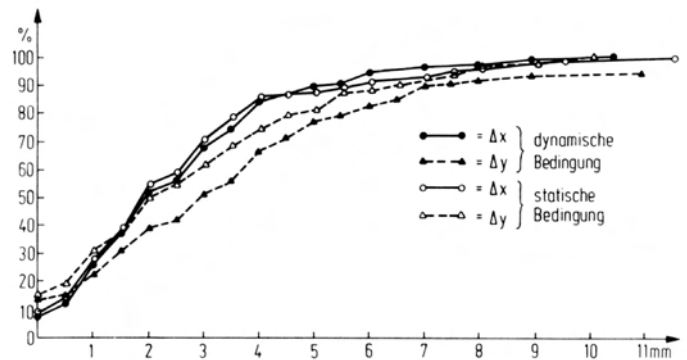


Abb. 20: Anwendungsbeispiel der Summenhäufigkeitskurven zum Auffinden der ausführbaren Kraft im Anwendungsfall.

Es soll hier natürlich auch nicht unerwähnt bleiben, dass diese Freundschaft auch in umgekehrter Richtung Früchte trug: Teile des erwähnten Kraftmessprojektes bildeten die Grundlage für Schwabes Dissertation, an deren Zustandekommen somit Prof. Rühmann nicht ganz unschuldig war. Viele weitere Forschungsarbeiten in kleinen und mittelständischen Betrieben, sowie im Verladebetrieb der Lufthansa festigten in der Folgezeit Prof. Rühmanns Ruf eines hervorragenden Beraters für den Bereich der Produktionsergonomie. 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 (Rühmann, Heidinger und Jaspers, 1997).

Quasi eine Fortsetzung fand sein ergonomisches Wissen um das Sitzen in seiner beratenden Einbindung in das FAT-Projekt "Schwingungsdummy", für das er die Apparatur zur künst-

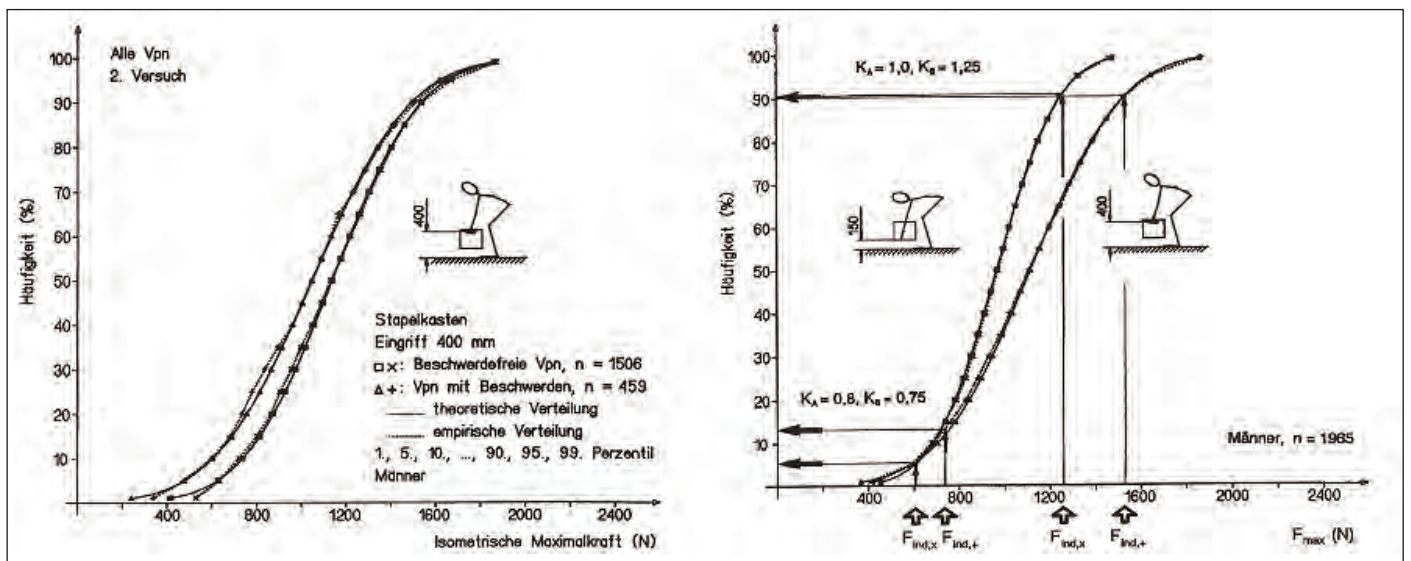


Abb. 19: Ergebnis von Versuchen zur Maximalkraft, dargestellt als Summenhäufigkeitskurve

Bei der Planung und Auswertung der beschriebenen Versuche bewährte sich die alte Schulfreundschaft mit Michael Schwabe, der dafür sein ganzes Talent im Erstellen elektroni-

lichen Alterung der verwendeten Sitze entwickelte. Mit der von ihm betreuten Dissertation von Jürgen Hartung (2007), die letztlich zu ganz neuen Erkenntnissen bezüglich der Bewertung der Sitzdruckverteilung führte, fand dieses Projekt seinen krönenden Abschluss.

Ein besonderes Steckenpferd von Prof. Rühmann war der Umweltfaktor "Klima". Er entwickelte dafür eine eigene Messbatterie, mit deren Hilfe schnell und unkompliziert die bekannten Klimagrundgrößen Lufttemperatur, Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit und Strahlungstemperatur erfasst werden können. Auch dazu verfasste er entsprechende Veröffentlichungen. (z.B. Rühmann 1992)

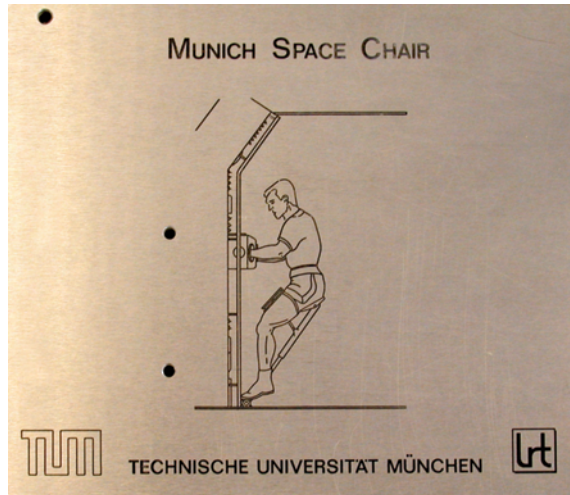


Abb. 21: Modell des MSC (Munich Space Chair), wodurch dessen Anwendung dargestellt ist

Immer wieder holte ihn bei seiner Forschungstätigkeit seine früher aktiv geübte Freude an der Fliegerei ein. Nicht nur, dass er Dissertationen betreute, die in Verbindung mit Fluggeräte herstellenden Firmen standen (Dreyer, D. 2006), sondern er ließ sich dabei auch noch weiter tragen, sozusagen bis in den Weltraum. In einer gemeinsamen Forschungsarbeit mit Prof. Igenbergs, die schlussendlich in der Dissertation Pfeiffer (1996) gipfelte, arbeitet er an den mechanischen Voraussetzungen für den "Munich Space Chair", der später sowohl auf der MIR als auch jetzt auf der ISS zum Einsatz kam. Die einfache Idee des jungen Architekturstudenten Hans Huber, nämlich eine Vorrichtung vorzusehen, in der sich der Astro- bzw. Kosmonaut zwischen Oberschenkel und Gesäß einklemmen kann, um so auch unter der Bedingung der Schwerelosigkeit feinmotorische Tätigkeiten durchführen zu können, ohne befürchten zu müssen, bedingt durch die Reaktionskräfte davon zu schweben oder eben, so wie es bisher üblich ist, sich durch irgendwelche Schlaufen zu sichern, hat an sich hohe ergonomische Qualität, weil die besagte Sicherung sozusagen vollkommen intuitiv erfolgen kann (siehe Abb. 21). Prof. Rühmann hatte gemeinsam mit Dr. Schwabe in diesem Zusammenhang die Aufgabe übernommen, an einem aus preiswerterem Material aufgebauten und stabilerem Modell des Stuhls auf der Erde und im Parabelflug mittels Dehnmessstreifentechnik die in dem Stuhl auftretenden Reaktionskräfte zu messen, die zustande kommen, wenn sich die Person auf dem Stuhl bewegt. Abb. 22 zeigt den Messaufbau, wie er in den Experimenten im Parabelflug zum Einsatz kam. Bei den "Erdexperimenten" musste natürlich die Schwerkraft abgezogen werden, um auf die im Weltraum wirkenden Kräfte zu schließen. Diese waren dann aber die Grundlage für den Bau des eigentlichen MSC

(Munich Space Chair). Da jedes Gramm an Material, das in den Weltraum geschossen wird, respektable Kosten verursacht, kam es dabei natürlich darauf an, den Stuhl aus stabilem und sehr leichtem Material (Magnesium) zu fertigen und auf jedes unnötige Gramm zu verzichten. Die Ergebnisse der Rühmannschen Experimente leisteten dabei eine ganz wesentliche Hilfestellung.



Abb. 22: Messaufbau für den MSC im Einsatz bei einem Parabelflug.

Aber im Wesentlichen blieb Prof. Rühmann trotz dieses Ausflugs in das All mit beiden Beinen auf der Erde. So entwickelte sich über die Jahre ein guter Austausch mit der Abteilung für Ergonomie im Produktionsbereich der BMW AG unter Herrn Morlang, der in einem Nehmen und Geben im guten Sinn bestand und Prof. Rühmann immer mit aktuellen Beispielen für die Vorlesung aus dem Produktionsbereich versorgte. Und nicht nur deswegen, sondern auch wegen seiner einzigartigen Begabung, komplizierte Sachverhalte in einfacher und ruhig vorgetragener Sprache vorzubringen ist Prof. Rühmann ein beliebter Hochschullehrer, der hervorragende Bewertungen bei den nun jährlich durchgeführten Evaluierungen erfährt. Er hat sehr erfolgreich zahlreiche Diplomarbeiten und viele Dissertationen betreut. In besonderer Weise ist er in der Ausbildung der Lehramtsanwärter tätig, was ihm eine mehrjährige Tätigkeit als Vorsitzender der Lehrerbildungskommission einbrachte. Und seine Kenntnisse in der Personalentwicklung, die auch irgendwie mit dem von ihm vertretenen Fach verbunden sind, ließen ihn jahrelang der Kommission für Personalentwicklung in der Fakultät für Maschinenwesen vorstehen.

Rückblick auf ein Leben im "Ergonomenland"

Prof. Rühmann kann nun auf über 36 Jahre erfolgreicher Berufstätigkeit ganz im Dienst der Ergonomie zurückschauen. Diese Zeit hätte für alle Beteiligten nicht so harmonisch ablaufen können, wenn die Sachkenntnis, die sich im Laufe dieser langen Periode ganz selbstverständlich zusehends vermehrte und verfestigte und die letztlich seinen Ruf auch außerhalb des Lehrstuhls bestimmte, nicht auf dem Boden eines von Grund auf offenen und humorvollen Wesens herangewachsen

wäre. Jedermann konnte jederzeit mit Fragen zu ihm kommen. Er wurde allzeit freundlich empfangen und mit Engagement wurden seine Wünsche zufrieden gestellt. Dabei kam stets sein Mutterwitz zum Vorschein, sodass eine solche Beratungsstunde auch immer ein Vergnügen war. Nicht zuletzt durch diese Eigenschaften hat Prof. Rühmann wesentlich zu der angenehmen Atmosphäre beigetragen, die den Lehrstuhl nach dem Urteil vieler auszeichnet und die irgendwie sicherstellt, dass eine Institution, die sich der Arbeitswissenschaft verpflichtet fühlt und damit ihren Beitrag zur Arbeitszufriedenheit leisten

will, nicht nur "Wegweiser ist, der nicht mitgeht", wie es Prof. Schmidtke einmal ausgedrückt hat, sondern schon selbst ihren kleinen Beitrag zu diesem Ideal geben will. Ich bin mir sicher, dass Prof. Rühmann in Zukunft, wenn er sich nun mehr seinen erzieherischen Aufgaben als Großvater widmen wird, das kleine "Paradies" im Ergonomenland vermissen wird. Es sei ihm aber auch an dieser Stelle versichert: Er ist hier auch in Zukunft ein herzlich willkommener Gast und jederzeit gerne gesehen.

Literatur

- Rühmann, P. (1978): Untersuchung über den Einfluss der mechanischen Eigenschaften von Bedienelementen auf die Steuerleistung des Menschen bei stochastischen Rollschwingungen. Dissertation an der Technischen Universität München
- Rühmann, P. (1983): Die Schwingungsbelastung in Mensch-Maschine-Systemen. Experimentelle Untersuchung zur Bewegungsgenauigkeit bei stochastischen Roll- und Nickschwingungen. Habilitation an der Technischen Universität München
- Rühmann, P. (1993 a): Schnittstellen in Mensch-Maschine-Systemen. Ergonomie, Hanser, München
- Rühmann, P. (1993 b): Isometrische Stellungskräfte an Stellteilen und Betriebsmitteln. In: Schmidtke, H. (Hrsg.), Ergonomie, Hanser, München
- Rühmann, P und Schmidtke, H. (1993): Betriebsmittelgestaltung. In: Schmidtke, H. (Hrsg.), Ergonomie, Hanser, München
- Rühmann, P. (1993 c): Stellteilgestaltung. In: Schmidtke, H. (Hrsg.), Ergonomie, Hanser, München
- Rühmann, P. und Bubb, P. (1989): Mechanische Schwingungen: Einfluss auf die motorische Informationsumsetzung. In: BWB (Hrsg.), Handbuch der Ergonomie, Abschnitt A-9.4.4
- Rühmann, P. und Kampmann, B. (1992): Klima: Begriffe und Messgrößen. In: BWB (Hrsg.), Handbuch der Ergonomie, Abschnitt A-9.6.1.
- Rühmann, P. und Schmidtke, H. (1989): Körperkräfte. In: BWB (Hrsg.), Handbuch der Ergonomie, Abschnitt B-4
- Rühmann, P.: Belüftung und Klimatisierung (1993 u. 2007): Klimabedingungen am Arbeitsplatz. In: BWB (Hrsg.), Handbuch der Ergonomie, Abschnitt C-2.5.3
- Rühmann, P. und Schmidtke, H. (1994): Bezugspunkte für Sitze. In: BWB (Hrsg.) Handbuch der Ergonomie, Abschnitt C-5.1.3
- Rühmann, P., Schmidtke, H., Jürgens, W., Mader, R. und Groner, P. (1989): Arbeitsstühle: Arbeitsstühle für vordere und hintere Sitzhaltung. In: BWB (Hrsg.), C-5.3.1
- Rühmann, P. (1989 a): Mechanische Eigenschaften von Steuerarmaturen: Einfluß der Trägheit des Bedienelementes auf die Steuerleistung. In: BWB (Hrsg.), Handbuch der Ergonomie, Abschnitt C-9.2.4
- Rühmann, P.(1989 b): Mechanische Bedienelemente auf die Steuerleistung. In: BWB (Hrsg.), Handbuch der Ergonomie, Abschnitt C-9.2.6
- Rühmann, P. (1992): Integrierte Steuerarmaturen: Steuerhebel. In: BWB (Hrsg.), Handbuch der Ergonomie, Abschnitt C-9.5.1
- Rühmann, P. und Groner, P. (1989): Tastaturen: Virtuelle Tastaturen. In: BWB (Hrsg.), Handbuch der Ergonomie, Abschnitt C-9.6.3
- Rühmann, P. und Schmidtke, H. (1989 a): Riegel: Zentralverschlusshebel. In: BWB (Hrsg.), Handbuch der Ergonomie, Abschnitt C-11.1.2
- Rühmann, P. und Schmidtke, H. (1989 b) Riegel: Zentralverschlussräder. In: BWB (Hrsg.), Handbuch der Ergonomie, Abschnitt C-11.1.3
- Rühmann, P. (1997): Körperkräfte. In: Luczak, H., Volpert, W. (Hrsg.): Handbuch Arbeitswissenschaft. Schäffer-Poeschel, Stuttgart, S. 375-380.
- Rühmann, P. (2002 a): Messmethoden Für Umweltfaktoren. Physikalische Prüfmethoden. Klimamessungen. In: BWB (Hrsg.), Handbuch der Ergonomie, Bd. 5, Ab.2
- Rühmann, P. (2002 b): Messmethoden für Umweltfaktoren. Physikalische Prüfmethoden. Messung mechanischer Schwingungen. In: BWB (Hrsg.), Handbuch der Ergonomie, Bd. 5, Abschnitt D-3.1.2
- Rühmann, P. (2004): Ergonomie. In Lück, W. (Hrsg.) Lexikon der Betriebswirtschaft, 6. Auflage
- Rühmann, P. (1979): Untersuchung zur Weg-Widerstandscharakteristik von Handsteuerhebeln. Z.Arb.wiss. 5, 42.
- Rühmann, P. (1981): Isometrische Stellungskräfte an rotatorischen Stellteilen. Z.Arb.wiss. 7, 48
- Rühmann, P. (1982 a): Vergleichende Fahrzeugstutzen. Z.Arb.wiss. 8, 41
- Rühmann, P. (1982 b): Einführung in die Ergonomie. Der Ulmer Braumeister 19, 38.
- Rühmann, P., Nuyen, V.-L., Mayr, G. und Schmidtke, H. (1983): Isometrische Stellungskräfte an Hebeln. Z.Arb.wiss. 9, 238
- Rühmann, P.: Dimensionierung virtueller Tastenfelder in Fahrzeugen. Z.Arb.wiss. 10, 1984, 161
- Rühmann, P.(1986 a): Einfluss des Klimas auf den Menschen und Messen zugehöriger Größen. Maschinenmarkt 92 (19), 56.
- Rühmann, P.(1986 b): Klimabewertung am Arbeitsplatz. Maschinenmarkt 92 (23), 138.

- Rühmann, P. (1989): Human Strength - Measurements of Maximum Isometric Forces in Industry. *Ergonomics* 865
- Rühmann, P., Heidinger und Jaspers (1997): Entwicklung eines ergonomisch optimierten Hörsaalgestühls. *Z.Arb.wiss.* 51 (23 'F), S. 137-148
- Rühmann, P. (1984): Der Sitzreferenzpunkt - Konstruktiver Bezugspunkt für den Fahrerplatz. In: Arbeitsplatz Auto. Bericht über das 5. Symposium Verkehrsmedizin des ADAC e.V. München: ADAC Verlag, 78
- Seibt, F. (1972): Steuerleistung in Abhängigkeit vom Übersetzungsverhältnis und von Coulombscher Reibung im Bedienungselement. Schriftenreihe Arbeitswissenschaft, Bd. 2. Berlin, Köln, Frankfurt/M.
- Rausch, H. (1990): Entwicklung eines Bewertungsverfahrens für rotatorische Schwingungsbelastung. *Z. Arb.wiss.*, 44,18- 23
- Schwabe, M. Körperkräfte des Menschen - Perzentilierung isometrischer Maximalkräfte, Dissertation LfE, 1991
- Salzberger, J. (1976): Entwicklung und Aufbau der Dynamik und Sicht eines Kraftfahrzeugsimulators zur Untersuchung ergonomischer Fragestellungen. Diplomarbeit am Institut für Ergonomie der TUM.
- Stürzer, W.: Einfluß des Head-Up-Displays auf das Abstands- und Reaktionsverhalten des Kraftfahrers, untersucht an einem Simulator, Dissertation LfE, 1983
- Schmucker, P.: Die psychophysische Belastung bei der Radarbeobachtung unter besonderer Berücksichtigung der Ortung von Flugkörpern, Diplomarbeit LfE, 1966
- Schmucker, P.: Ergonomische Untersuchungen über den Einfluß verschiedener Parameter auf die Ortungsleistung des Radarbeobachters bei Aufgaben der Luftraumüberwachung, Dissertation, 1969
- Pretzsch, A.: Planstudie zur Arbeitspsychologischen Untersuchung von Ortung und Weitermeldung von Flugkörpern auf dem Radarsichtgerät, Diplomarbeit LfE 1966
- Pretzsch, A.: Ein digitales Simulationssystem zur ergonomischen Untersuchung von Radarbeobachtungsproblemen, Dissertation LfE 1969
- Ilgmann, W. (1979): Ergonomische Untersuchungen über die Einwirkung rotatorischer Schwingungen. Forschungsberichte aus der Wehrtechnik 79-33. Bonn
- Pfeiffer, E.: Entwicklung, Erprobung und Bewertung einer Fixiereinrichtung für Astronauten, Dissertation LfE (1996)
- Hartung, J. Objektivierung des statischen Sitzkomforts auf Fahrzeugsitzen durch die Kontaktkraft zwischen Mensch und Sitz, Dissertation LfE, 2006
- Heidinger, Jaspers: Hörsaalgestühl (1997)

Digitale Menschmodelle bei der virtuellen Absicherung manueller Montagevorgänge im Fahrzeugbau

Domingo Rodriguez Flick

Einführung

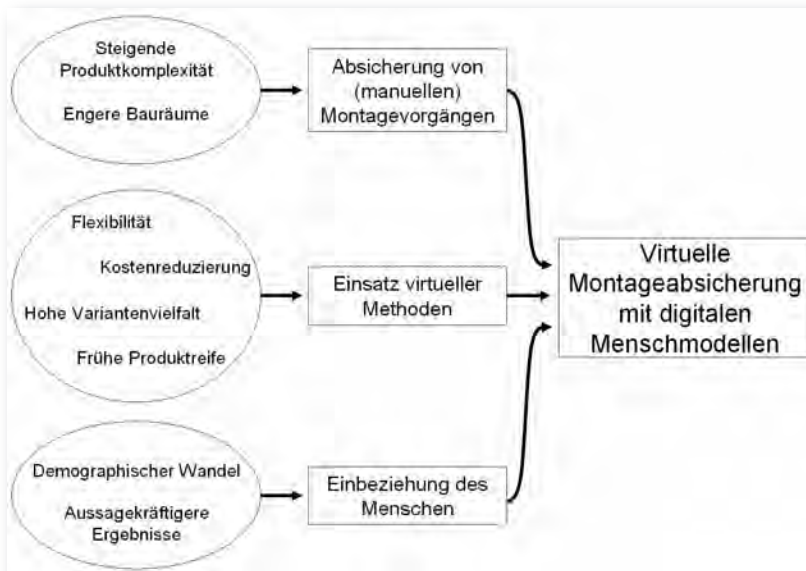
Das Umfeld heutiger produzierender Unternehmen der Fahrzeugindustrie wird zusehends durch eine ständig wachsende Komplexität von Produkt, Prozess und Produktionssystem geprägt. Dabei äußert sich beim Fahrzeug der Anstieg der Produktkomplexität überwiegend in einer wachsenden Packagedichte bei nahezu gleich bleibendem Bauraum. Dies verlangt immer mehr die Absicherung der Montierbarkeit des Fahrzeuges, d.h. die Überprüfung manueller und automatisierter Montagevorgänge. Im Folgenden wird besonderes Augenmerk auf manuelle Montagevorgänge gelegt.

Weiterhin führt der Trend zu immer individuelleren Produkten aufgrund spezieller Wünsche der Kunden gerade in der Automobilindustrie zu einer deutlichen Erhöhung der Modell- und Variantenvielfalt. Zudem erlauben die immer kürzer werdenden Innovations- und Produktlebenszyklen unter Einhaltung restriktiver Kostenziele keine langen Anlauf- und Optimierungsphasen des Produktionssystems. Daher ist für eine höhere Qualität und einen fortgeschrittenen Reifegrad der Fahrzeugentwicklung und -planung ein fehlerfreies Funktionie-

ren von Beginn an notwendig, um somit einen steileren Produktionsanlauf zu erreichen (Bracht & Bergbauer 2003). Vor diesem Hintergrund nimmt die Bedeutung von virtuellen Methoden und somit digitalen Prototypen bzw. Digital Mock-Ups (DMU) immer stärker zu. Diese virtuellen Prototypen ermöglichen es, unterschiedliche Planungsentwürfe frühzeitig, d.h. im Sinne einer prospektiven Vorgehensweise, bereits vor ihrer Realisierung auf ihre Leistungsfähigkeit hin zu überprüfen und gegebenenfalls zu optimieren. Dies macht die Herstellung realer Prototypen weitgehend überflüssig. Zuletzt spielt angesichts des demographischen Wandels und des Wunsches nach aussagekräftigeren Ergebnissen die Einbeziehung des Menschen bei den Untersuchungen eine sehr wichtige Rolle.

Die zuvor beschriebenen Kriterien führen somit zur virtuellen Montageabsicherung mit zusätzlicher Verwendung digitaler Menschmodelle. Dieser Zusammenhang ist in der Abbildung 1 schematisch dargestellt.

Digitale Menschmodelle wie „RAMSIS“ (Seidl 1997), „Jack“ (Badler 1993) oder „Safework“ (SAFEWORK 2000) finden heute eine weit verbreitete Anwendung und stellen ein immer



- Prüfung der Erreichbarkeit von Montagestellen,
- Prüfung der Zugänglichkeit für Werker bzw. Werkzeuge,
- Prüfung der Einsehbarkeit von Montagestellen und
- Prüfung der Gestaltung von Montagearbeitsplätzen.

Das übergeordnete Ziel dabei ist es, in einer sehr frühen Phase der Produktentstehung die Montierbarkeit des Gesamtfahrzeuges sicher zu stellen und für eine ergonomisch optimierte Gestaltung der Montagearbeitsplätze zu sorgen. Die virtuellen Methoden, die bislang überwiegend dafür eingesetzt werden, sind die reine Visualisie-

Abb. 1: Kriterien, die zur virtuellen Montageabsicherung mit digitalen Menschmodellen führen

wichtigeres Hilfsmittel sowohl bei Design und Entwicklung zukünftiger Produkte wie auch bei Planung und Gestaltung neuer Arbeitssysteme dar. Dies geschieht schwerpunktmäßig in der Flugzeug- und Automobilindustrie. Jedoch werden diese virtuellen Dummymodelle zunehmend auch in anderen Bereichen eingesetzt, wie z.B. in der Medizin (Seitz 2004), beim Militär (SANTOS 2004), bei der Crashsimulation (DYNAMore 2008) und in der Raumfahrt (Schühle, 2004).

Eine Übersicht über verschiedene Einsatzbereiche digitaler Menschmodelle zeigt Abbildung 2.

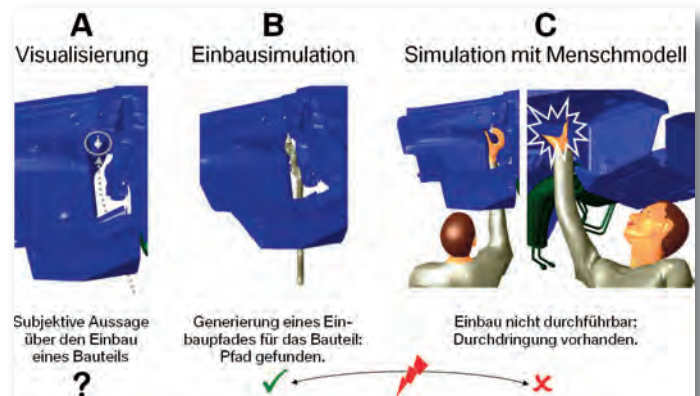


Abb. 3: Vergleich ausgewählter virtueller Techniken: Widersprüchliche Ergebnisse

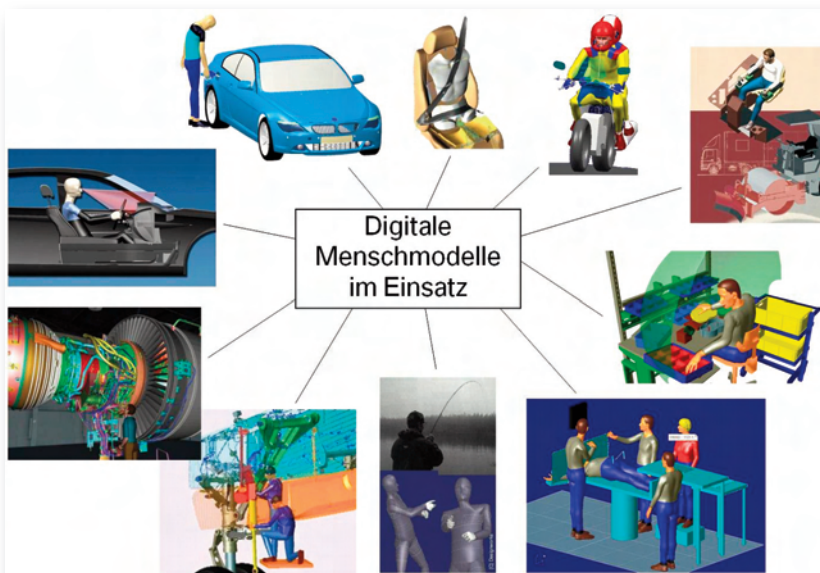


Abb. 2: Digitale Menschmodelle in verschiedenen Einsatzbereichen

Digitale Menschmodelle bei der virtuellen Montageabsicherung manueller Vorgänge

Bei der virtuellen Absicherung der manuellen Fahrzeugmontage stehen folgende Untersuchungsaspekte im Vordergrund:

rung der Fahrzeuggeometrieumfänge (Abb. 3, A) und die automatische Generierung von Ein- und Ausbaupfaden für einzelne Bauteile oder auch gesamte Baugruppen (Abb. 3, B). Der Werker wird aber bei diesen Methoden nicht berücksichtigt. Für eine aussagekräftigere und zuverlässigere Montageabsicherung bietet sich deshalb die zusätzliche Verwendung dreidimensionaler digitaler Menschmodelle als eine große Hilfestellung an (Abb. 3, C). Der in der Abbildung 3 dargestellte Vergleich der Methoden zeigt, wie durch Heranziehung eines digitalen Menschmodells die Genauigkeit der Untersuchungsergebnisse erhöht werden kann.

Untersuchungsbeispiele

Im Folgenden sind ausgewählte Beispiele von Untersuchungen abgebildet. Neben den virtuellen Analysen sind teilweise auch Aufnahmen der realen Montagetätigkeiten zum Vergleich dargestellt (Abb. 4 und 5).

Vorteile

Durch den Einsatz digitaler Menschmodelle bei der Absicherung manueller Montagevorgänge können folgende Vorteile erzielt werden:

- Frühzeitige Analyse und Optimierung der ergonomischen Gestaltung von Montagearbeitsplätzen durch Einbeziehung des „Faktors Mensch“ mit Hilfe der Betrachtung unterschiedlicher Mensch-Typologien durch Wahl diverser menschlicher Einflussparameter (siehe Abb. 6)
- Deutlich kürzerer Weg zur Serienreife der Fahrzeuge durch Verringerung der Iterationszyklen in der Entwicklungs- und Planungsphase und Prototypen höheren Reifegrades
- Reduzierung der Änderungskosten
- Objektive Entscheidungsgrundlage
- Letztlich Erhöhung der Produkt- und Produktionsqualität

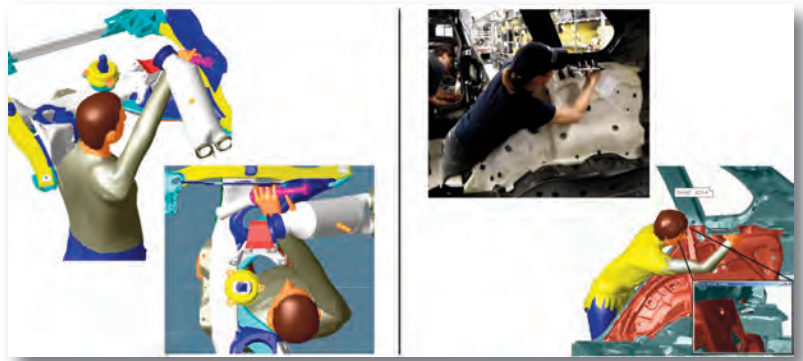


Abb. 4: Zugänglichkeits- und Erreichbarkeitsanalyse (l.), Realität vs. Simulation samt ergonomischer Bewertung (farblich dargestellt) und Sichtfenster (r.)

Herausforderungen

Die Herausforderungen beim Einsatz digitaler Menschmodelle in der virtuellen Absicherung manueller Tätigkeiten liegen aus unserer Sicht zunächst vorwiegend in zwei Bereichen:

- Standardisierung der erforderlichen CAD-Daten der Geometrieumfänge auf ein einheitliches Format und
- Erweiterung vorhandener bzw. die Entwicklung neuer Funktionalitäten, die den Eingriff des Softwarebenutzers bei der Umsetzung einer Montageuntersuchung auf ein Minimum reduzieren und daraus resultierende Körperhaltungen trotzdem realistisch und korrekt halten.

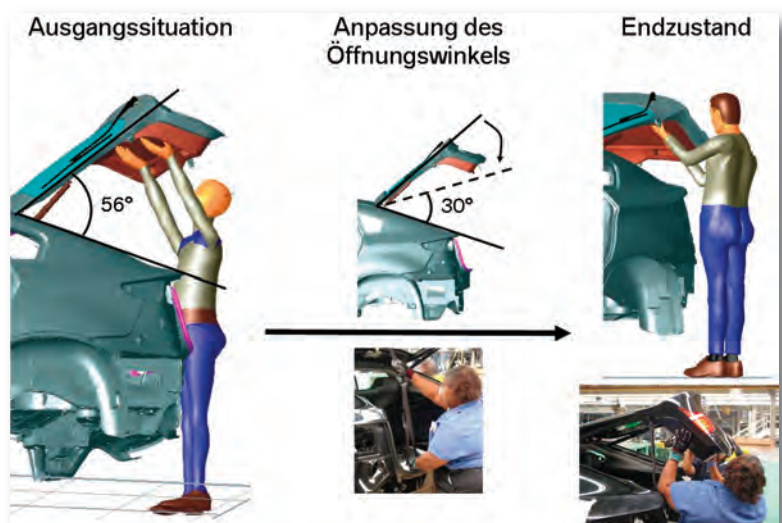
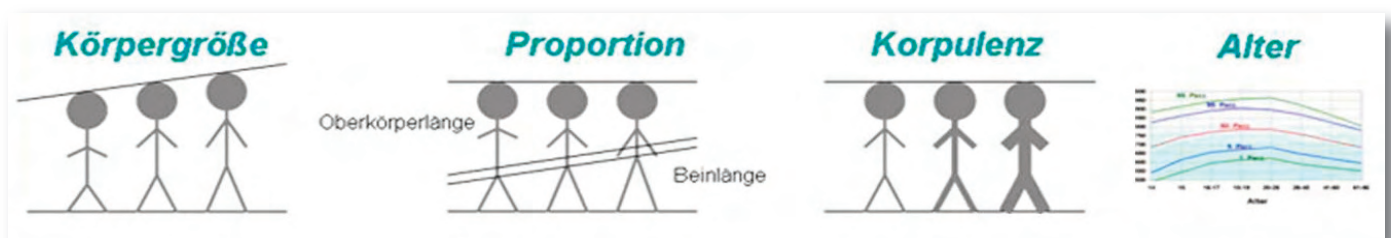


Abb. 5: Erreichbarkeitsanalyse und umgesetzte Optimierungsmaßnahme

Abb. 6: Diverse menschliche Einflussparameter



Literatur:

Badler, N. (1993): *Computer Graphics Animation and Control. Simulating Humans*, Oxford University Press, New York, USA.

Bracht, U. & Bergbauer, J. (2003): *Digitale Fabrikplanung in einer virtuellen Umgebung*. In: *Simulation und Visualisierung*, Hrsg. Schulze, T. et al., *Proceedings der Tagung am Institut für Simulation und Graphik der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg*, 6. und 7. März.

DYNAmore GmbH: <http://www.dynamore.de/> (20.02.2008)

SAFework INC. (Hrsg.): *SAFework Pro* (2000): http://www.safework.com/safework_pro/sw_pro.html (20.02.2008)

SANTOS, Virtual Soldier Research (2004) <http://www.digital-humans.org/santos/> (20.02.2008)

Seidl, A. (1997): *Ramsis – A New CAD Tool for Ergonomic Analysis of Vehicles Developed for the German Automotive Industry*, Society of Automotive Engineers, Technical Paper 970088.

Seitz, T., Marcos, P., Rodriguez Flick, D., Vereczekel, A., Wichert, A., Bubb, H., Feussner, H. (2004): *Ansätze zur Analyse und Verbesserung eines Operationsarbeitsplatzes in der minimal-invasiven Chirurgie*. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 58(3): 227-231.

Schühle, M., Koller, N. (2004): *Ergonomie-software. Studienarbeit*, Fachhochschule Pforzheim, Grin - Verlag für Akademische Texte.

Auf hedonistischen Pfaden – unterwegs zu autonomen Menschmodellen

Peter Schaefer und Iris Zacher

Kurzfassung: Können kognitive Ansätze digitale Menschmodelle „autonomisieren“? Emotionale Optimierungskonzepte nach dem „Hedonistischen Prinzip“ scheinen gangbare Wege zu autonomen Haltungen und Bewegungen zu eröffnen. Die Vermessung kraft- und haltungsinduzierten Diskomforts bildet dazu eine experimentelle Basis.

Schlüsselwörter: Diskomfort, Menschmodell, Autonomie, Kräfte.

Einleitung

Digitale Menschmodelle (RAMSIS, SAFE WORK, JACK, etc.) sind auf dem besten Weg, sich immer vielseitiger zu etablieren – Automobile, Flugzeuge, Medizin, Sport, etc..

Solche Modelle werden gerne genutzt, um die „menschliche Verträglichkeit“ neuer Techniken möglichst frühzeitig und kostengünstig in Erfahrung zu bringen. Trotz hoher allgemeiner Akzeptanz gibt es in der praktischen Anwendung aber immer noch so manch schattige Seiten. Dazu gehört speziell die Frage, wie man digitale Menschmodelle an reale Körperhaltungen und Bewegungen heranführt. Trotz aller Fortschritte im sog. „motion capturing“ ist dies nach wie vor eine eher lästige und zeitraubende Prozedur. Aus dieser etwas unbefriedigenden Situation heraus bietet sich so etwas wie digitale Autonomie geradezu an – möglicherweise sogar als eine Art Königsweg. Natürlich lassen sich derart „emanzipierte“ Menschmodelle sehr viel leichter handhaben. Ähnlich wie der Mensch finden dann auch seine digitalen Varianten ihre eigenen Haltungen und Bewegungen weitestgehend selbstständig.

Treibende Prinzipien

Auf diesem noch etwas pionierartigen Weg zur digitalen Autonomie mag es sehr hilfreich sein, sich eng am menschlichen Original zu orientieren. Aus dieser Sicht empfiehlt sich erst einmal ein kleiner Schritt zurück in die unbelebte physikalische Welt. Und da stellt man fest, dass unser physikalisches Verständnis sich immer dann ganz explosionsartig entwickelt hat, wenn recht grundlegende physikalische Prinzipien entdeckt worden sind. Dabei sind es typischerweise immer nur ganz wenige Grundprinzipien, die selbst die komplexesten physikalischen Prozesse kontrollieren – vom Hurrican bis zur Zeitreise ins All. Im Bereich der klassischen Mechanik gehören dazu beispielsweise das Hamilton Prinzip, der 2. Hauptsatz der Thermodynamik und das d’Alembertsche Prinzip.

Da erscheint es nahe liegend, auch in der inneren Welt des Menschen nach eben solchen Prinzipien zu suchen. Aus naturwissenschaftlicher Sicht ist diese innere Welt ein mehr oder weniger lückenhaftes Konstrukt einer weitgehend unbekannten äußeren Welt (Roth, 2001). Ein Konstrukt, das zudem emotional eingefärbt ist – das also die Art und Weise wider-

spiegelt, wie wir diese innere Welt emotional wahrnehmen. Vieles spricht dafür, dass genau dort das „Hedonistische Prinzip“ zu Hause ist. Dessen Kernbotschaft zielt im Grunde darauf ab, dass wir eigentlich gar keine andere Wahl haben, als permanent unser persönliches Glück zu suchen – und zwar speziell das Maximum und sonst gar nichts. Aus dieser Perspektive heraus scheint das Hedonistische Prinzip in der Tat ein perfektes Antriebssystem zu sein. Es treibt uns ganz einfach dazu an, genau diejenigen Haltungen und Bewegungen einzunehmen, die uns am angenehmsten sind, oder die uns am wenigsten stören.

Ziele

Aus solch hedonistischer Sicht heraus versuchen wir, menschliche Haltungen und Bewegungen über einen „emotionalen Optimierungsansatz“ zu definieren. Damit setzen wir uns prinzipiell ab von der Tradition physikalischer Optimierungsversuche im Bereich Haltung und Bewegung (z. B. Kim, 2005; Seitz, 2005). Wir versuchen also, das Hedonistische Prinzip auf digitale Menschmodelle zu übertragen und versuchen dazu, „digitale Emotionen“ zu generieren. In einem ersten Schritt konzentrieren wir uns dabei auf kraftinduzierten Diskomfort. Gezielte Experimente sollen einen Zusammenhang zwischen motorisch aufgetragenen Gelenkmomenten und damit verbundenen Diskomfort Empfindungen herstellen.

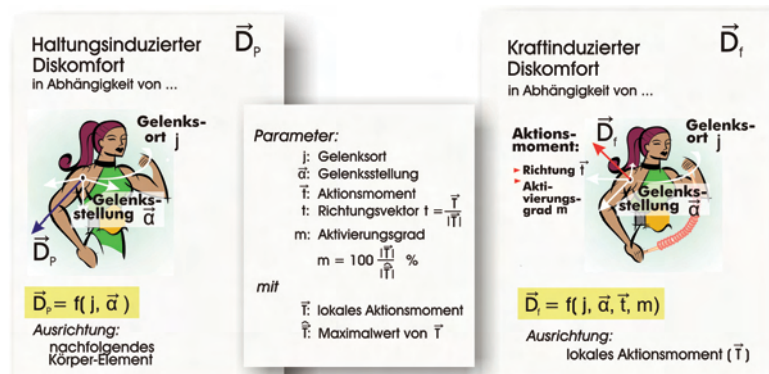


Abb. 1: Quellen lokalen Diskomforts - haltungsinduziert und kraftinduziert

Lokaler Diskomfort

Haltungs- und bewegungsinduzierten Diskomfort erleben wir ganz unmittelbar als vielgestaltiges Empfindungsmuster, verteilt über all unsere Körperelemente. Zudem sind wir in der Lage, dieses Muster auf einen zusammenfassenden Gesamteindruck zu reduzieren. Dabei scheinen haltungs- und kraftinduzierter Diskomfort die beiden dominanten Quellen lokaler Diskomfort Wahrnehmungen zu sein (s. Abb. 1). Im einzelnen

hängt haltungsinduzierter Diskomfort speziell vom aktuellen Gelenksort und von der jeweiligen Gelenksstellung ab. Darüber hinaus wird kraftinduzierter Diskomfort zusätzlich von lokal wirksamen Drehmomenten aufgebaut – speziell von deren Ausrichtung und dem anliegenden Aktivierungsgrad m.

Experimenteller Aufbau

Ein erster experimenteller Schritt zielt auf kraftinduzierten Diskomfort ab, so wie dieser mit wachsendem Aktivierungsgrad m ansteigt (s. Abb. 2). Die entsprechenden Messungen wurden an unterschiedlichen Gelenken bei verschiedenen lokalen Einstellungen vorgenommen (Zacher 2004). Resultierende Diskomfort Empfindungen wurden dabei einheitlich nach dem Kategorien Unterteilungsverfahren ermittelt (CP-50 Skala, Heller in Ellermeier & Westphal 1991).

Experimentelles Vorgehen

► **Ansatz**
Messung des kraftinduzierten Diskomforts an unterschiedlichen Gelenken bei verschiedensten lokalen Einstellungen

► **Diskomfort Skala:**
category partitioning scale (CP-50)

► **Versuchskonzept**

	relatives Aktionsmoment m	
	25%, 50%, 75%	100%
Versuchspersonen	7 ♂	7 ♂, 1 ♀
Alter (Jahre)	20 - 26	20 - 26
Gelenke (links + rechts)	6	10
Gelenkstellungen (maximal)	5	67
Gelenkmomente (maximal)	6	6
Messdauer (s)	5	5

Experimentelle Ergebnisse

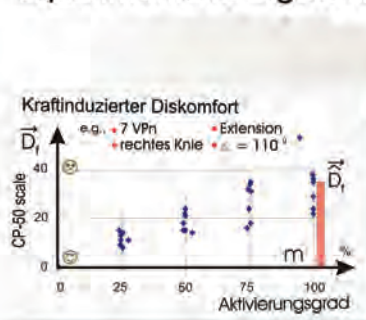


Abb. 2: Versuchskonzept zur Vermessung kraftinduzierten Diskomforts

Der spezifische Teil erfasst demgegenüber den erlebten Diskomfort bei maximaler Kraftanstrengung. Dieser Teil hängt voll von der lokalen Gelenksituation ab.

7. Synthese des lokalen Diskomforts

Unser nächstliegendes Ziel ist es, aus einem Pool verschiedenartiger Diskomfort Elemente aktuelle Prognosen für den lokal empfundenen Diskomfort abzuleiten.

Dazu berechnen wir in einem ersten Schritt kraftinduzierten Diskomfort an jedem einzelnen Gelenk. Das ist das Produkt aus maximalem kraftinduzierten Diskomfort und der verallgemeinerten Diskomfort Funktion nach Kapitel 6 (s. Abb. 3, links).

Als nächstes stellt sich die Frage, wie wir Kombinationen aus unterschiedlichen Diskomfort Quellen als Gesamtempfindung wahrnehmen – hier speziell die Kombination von kraft- und

haltungsinduziertem Diskomfort (s. Abb 3 oben). Leider ist das bis heute ein noch ziemlich offenes Problem. Erste Ergebnisse scheinen jedoch auf eine Art Maskierungseffekt hin zu deuten. Deshalb wählen wir hier ein Kombinationsverfahren analog zur Lautheitsbildung in der Psychoakustik (s. Abb. 3 unten; vergl. ISO 532 1975). Damit sind wir aber auch schon am ersten Zielpunkt angekommen. Das skizzierte Ver-

fahren liefert synthetische Diskomfort Werte – so, wie diese an jedem einzelnen Gelenk unseres Körpers zu jedem Zeitpunkt kontinuierlich auftreten.

Diskomfort Splitting

Ein ernstes Problem bei der Vermessung kraftinduzierten Diskomforts ist die enorme experimentelle Vielfalt – Gelenksorte, Gelenksstellungen, Aktivierungsgrade, Momentenrichtungen. Deshalb haben wir versucht, kraftinduzierten Diskomfort in zwei unabhängige Komponenten aufzuspalten – in einen allgemeingültigen Teil und in einen gelenksspezifischen Teil. Dabei beschreibt der allgemeingültige Teil den generellen Zusammenhang zwischen kraftinduziertem Diskomfort und Aktivierungsgrad m bei einer Normierung auf 100 %. Das ist genau der Teil, der all unsere Messungen zusammenfasst und deshalb global an allen Gelenken gilt.

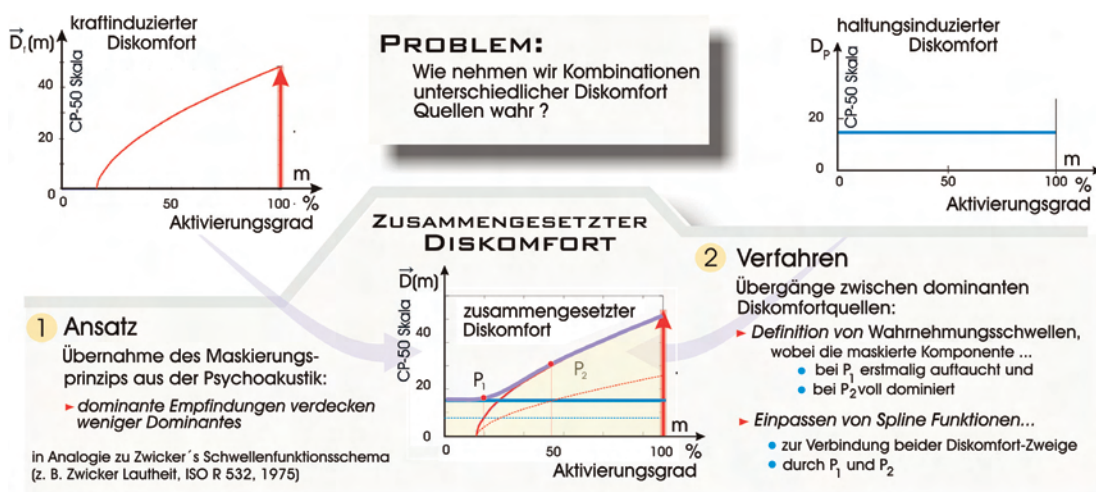


Abb. 3: Lokaler Diskomfort als Kombination von haltungs- und kraftinduziertem Diskomfort

Zusammenfassung und Ausblick

Unmittelbares Ziel unserer Bemühungen ist es, an jedem Körpergelenk lokale Diskomfort Werte möglichst präzise zu pro-

gnostizieren. Darüber hinaus wird damit aber auch ein Weg beschritten, der mitten hinein in die emotionale Welt des Menschen führt. Immerhin scheint genau dies der Ort zu sein, an dem das Hedonistische Prinzip seine Wirkung entfaltet. Dies ermöglicht eine Art emotionale Optimierung, die nicht nur unsere Körperhaltung und unsere Bewegungen kontrolliert. Das kann auch ein Ansatz sein, der digitalen Menschmodellen ganz generell einen kurzen und sehr direkten Weg in Richtung digitaler Autonomie eröffnet.

Literatur

Ellermeier W., Westphal W. 1991; *On the "absoluteness" of category and magnitude scales of pain; Perception and Psychophysics* 49, 159-166

ISO 532 1975, *Acoustics – Method for calculating loudness level*

Kim, J. H., et al., 2005, *Optimization-Based Dynamic Motion Simulation and Energy Expenditure Prediction for a*

Digital Human, SAE Digital Human Modeling for Design and Engineering Symposium, Iowa City, Iowa, USA.

Roth, G. 2001/2003, *Fühlen, Denken, Handel, Wie das Gehirn unser Verhalten steuert, Suhrkamp, Frankfurt.*

Seitz, T. et al. 2005, *FOCOPP – An Approach for a Human Posture Model Using Internal/External Forces and Discomfort, SAE Digital Human Modeling for Design and Engineering Symposium, June 14-16, Iowa City, Iowa, USA.*

Zacher, I., Bubbs H. 2004, *Strength Based Discomfort Model of Posture and Movement, SAE Digital Human Modeling for Design and Engineering Symposium, June 15-17, Rochester, Michigan, USA*

Ergonomische Aspekte in der virtuellen Produktentwicklung

Till Voß

Einführung

In den letzten Jahren wechseln immer mehr Virtual Reality Anwendungen vom Forschungs- und Entwicklungsstadium hin zur industriellen Anwendung. Dieser Wechsel führt zu einer Änderung der Anforderungen an die virtuelle Umgebung und an das VR-System. Während der Entwicklung standen vor allem grundlegende Aspekte wie Inhalte und Funktionsumfänge im Vordergrund, beim Einsatz in der Industrie müssen aber auch die unterschiedlichen Anwender berücksichtigt werden. Neben der steigenden Zahl der Nutzer kommt noch hinzu, dass viele der neuen Anwender nicht an die Arbeit mit virtuellen Methoden gewöhnt sind. Deshalb ist die ergonomische Gestaltung von virtuellen Umgebungen von besonderer Bedeutung.

Durch den verstärkten Einsatz von virtuellen Entwicklungsmethoden in der Automobilindustrie (Oehlschlaeger 2003) stellt sich die Frage nach der Qualität der mit diesen Methoden erzielten Ergebnisse. Schließlich muss die Beurteilungs- und Entscheidungssicherheit mit virtuellen Methoden sichergestellt werden, um diese dauerhaft in den Produktentwicklungsprozess integrieren zu können.

Um die Beurteilungs- und Entscheidungssicherheit innerhalb von virtuellen Umgebungen zu analysieren, wurden Versuche durchgeführt, mit denen die Qualität der verwendeten virtuellen Umgebung bewertet wurde. Die Qualität einer virtuellen Umgebung kann dabei insbesondere an folgenden Parametern ermittelt werden (vgl. auch Hofmann 2002; Slater & Wilbur 1997; Regenbrecht 1999 und Engstler 2005):

- ◆ **Bildaufbauräte,**
- ◆ **Stereoeindruck,**
- ◆ **Realitätsnähe,**
- ◆ **Tiefenwahrnehmung.**

Zusätzlich zu der rein visuellen Beurteilung werden, insbesondere in der Automobilentwicklung, reale Komponenten in das Fahrzeug integriert, um die Position dieser auch haptisch bewerten zu können.

Um nun die Qualität der verwendeten virtuellen Umgebung zu untersuchen ist es sinnvoll einen Ansatz zu wählen, in den sowohl die visuelle als auch die haptische Wahrnehmung einbezogen wird. Damit die Wahrnehmung in virtueller Umgebung bewertet werden kann, bietet sich ein Vergleich zwischen den Ergebnissen aus virtueller Umgebung mit denen aus realer Umgebung an.

Methodik

Ein reliabler Ansatz zur Untersuchung der menschlichen Wahrnehmung ist die Ermittlung von Wahrnehmungsschwellen. Diese sind genauer und reproduzierbarer als beispielsweise eine Befragung anhand von Fragebögen. Eine Wahrnehmungsschwelle, die sowohl die visuelle als auch die haptische Wahrnehmung mit einbezieht, ist die Divergenz zwischen visueller und haptischer Wahrnehmung. Diese Divergenz tritt auf, wenn ein als haptisches Feedback integriertes reales Objekt nicht korrekt auf die Darstellung des virtuellen Objektes einkalibriert ist. Wenn der Anwender das reale Objekt (z.B. ein Lenkrad) nur fühlt, also haptisch wahrnimmt und das virtuelle Objekt nur sieht, also visuell wahrnimmt, kommt es zu einer Divergenz zwischen visueller und haptischer Wahrnehmung (vgl. auch Voß & Bubbs 2007).

Für die hier durchgeführten Versuche wurde die translatorische Divergenz ausgewählt, also die Verschiebung von einem realen Objekt gegenüber dem virtuellen in einer Ebene. Um einen eventuellen Einfluss der virtuellen Umgebung auf die Richtung erkennen zu können, wurden die vier Divergenzrich-

tungen links, rechts, vorne und hinten definiert und untersucht. Diese vier eindeutig zuordbaren Richtungen haben darüber hinaus den Vorteil, für die Versuchspersonen klar trennbar zu sein. Um die Versuchsdauer in virtueller Umgebung für die insgesamt 43 Versuchspersonen in einem erträglichen zeitlichen Rahmen zu belassen, wurde das Versuchspersonenkollektiv in zwei Gruppen je nach Divergenzrichtung (vorne/ hinten und links/rechts) aufgeteilt. In Abb. 1 sind die Entstehung der Divergenz, sowie die Divergenzarten und -richtungen dargestellt.

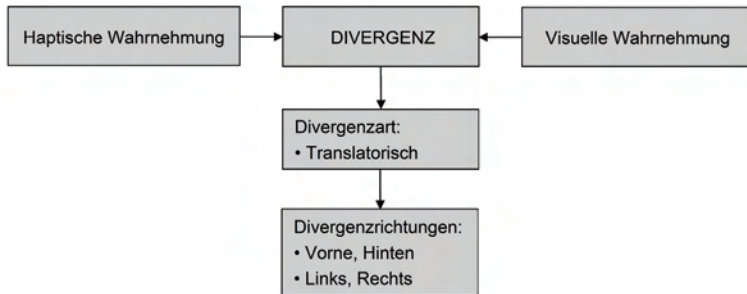


Abb. 1: Zusammenhang zwischen Wahrnehmung und Divergenz, sowie Divergenzarten und -richtungen.

Die Divergenz wird mit einem Zylinder (D x H = 60 x 170 mm) erzeugt, der als Greifobjekt dient. So entsteht eine Brücke zu alltäglichen Anwendungen in der virtuellen Umgebung, dort kann die Divergenz zwischen visueller und haptischer Wahrnehmung beispielsweise bei der ungenauen Einkalibrierung von Lenkrad, Becher (Cup) oder einem Türzuziehgriff vorkommen. In Abb. 2 ist der Versuchsaufbau für die Versuche in virtueller Umgebung abgebildet.

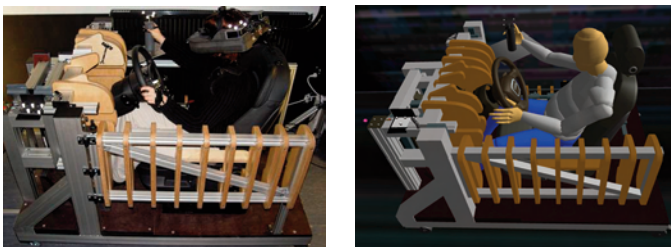


Abb. 2: Links die Versuchsperson in der realen Umgebung, rechts die dazugehörige virtuelle Versuchsumgebung mit dem virtuellen Menschmodell RAMSIS-VR.

Für die Versuche in realer Umgebung wurde dieselbe Sitzkiste verwendet wie für die Versuche in virtueller Umgebung. Um die Divergenz zwischen visueller und haptischer Wahrnehmung ohne VR-System zu erzeugen, wurde eine Spiegelkonstruktion entworfen und aufgebaut. Bei der gesamten Untersuchung wurde darauf geachtet, die Versuchsumgebung und die Versuchsdurchführung exakt so zu gestalten, wie bei den Versuchen in virtueller Umgebung.

Ergebnisse:

Die Ergebnisse der Wahrnehmungsschwellen für die translatorische Divergenz in realer und in virtueller Umgebung sind, jeweils bezogen auf die beiden Versuchsgruppen, in Abb. 3 dargestellt.

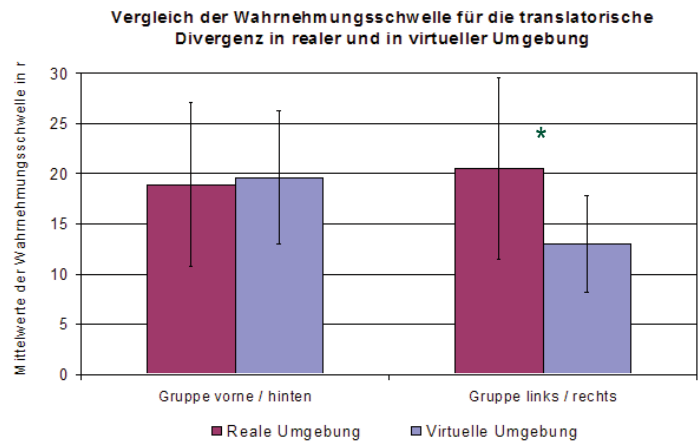


Abb. 3: Vergleich der mittleren Wahrnehmungsschwellen in realer und in virtueller Umgebung für die translatorische Divergenz (mit Standardabweichungen). Vergleiche mit signifikant unterschiedlichem Ergebnis sind mit „*“ gekennzeichnet ($p < 0.05$).

Für die Gruppe vorne / hinten zeigen die Ergebnisse kaum einen Unterschied zwischen der realen Umgebung und der virtuellen, dies wird durch das Ergebnis des t-Test bestätigt. Bei der Gruppe links / rechts liegen allerdings signifikante Unterschiede vor, dort wird die Divergenz in virtueller Umgebung besser erkannt als in realer Umgebung. Dies lässt sich auf den Versuchsaufbau zurückführen, denn um die Divergenz zwischen visueller und haptischer Wahrnehmung zu erzeugen, werden realer und virtueller Zylinder gegeneinander verschoben. Greift die Versuchsperson nach dem realen Zylinder, schneidet die virtuelle Hand zwangsläufig in den virtuellen Zylinder ein. Dabei schneidet die virtuelle Hand umso tiefer ein, je größer die Divergenz ist. Deshalb wird die Divergenz eher erkannt. Bei den Richtungen vorne/hinten tritt dieser Effekt zwar ebenfalls auf, kann aber von den Versuchspersonen nicht bemerkt werden, da die Divergenz von der Hand bzw. vom Zylinder verdeckt wird.

Eine zusammenfassende Betrachtung der Ergebnisse zeigt, dass die Divergenz zwischen visueller und haptischer Wahrnehmung in realer Umgebung und in der hier verwendeten virtuellen Umgebung gleich ist. Allerdings lässt sich eine systembedingte Störgrößen identifizieren, das Einschneiden der virtuellen Hand führt zu Abweichungen. Die Ergebnisse zeigen also, dass die Qualität des VR-Systems ausreichend ist, um damit eine komplexe Situation wie die Divergenz zwischen visueller und haptischer Wahrnehmung so zu erzeugen, dass sie wahrnehmbar ist.

Zusammenfassung und Ausblick

In dieser Arbeit wurden Untersuchungen zur Beurteilungs- und Entscheidungssicherheit in virtueller Umgebung durchgeführt. Deren Sicherstellung ist eine Grundanforderung an eine virtuelle Umgebung, die als produktives Werkzeug innerhalb eines Entwicklungsprozesses eingesetzt werden soll. Dazu wurden die Wahrnehmungsschwellen für die Divergenz zwischen visueller und haptischer Wahrnehmung in virtueller Umgebung ermittelt und mit denen in realer Umgebung verglichen. Da die

Erkennung dieser Divergenz entsprechende Eigenschaften der virtuellen Umgebung erfordert, stellt sie ein Qualitätsmerkmal für die gesamte virtuelle Umgebung dar.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Wahrnehmungsschwellen für die Divergenz zwischen visueller und haptischer Wahrnehmung in beiden Umgebungen gleich sind, es wurde kein signifikanter Einfluss der virtuellen Umgebung festgestellt. Die teilweise auftretenden Abweichungen sind auf die Eigenheiten des VR-Systems und der Divergenz zurückzuführen.

Damit in Zukunft mehr ergonomische Fragestellungen im Entwicklungsprozess virtuell beurteilt werden können, müssen die Fähigkeiten von VR-Systemen zur Simulation von realen Zusammenhängen und Objekten sowie die Interaktionsmöglichkeiten gesteigert werden. Dies betrifft beispielsweise menübasierte Systeme wie Bordcomputer oder Navigationsgeräte und auch die Interaktion mit virtuellen Bauteilen. Die Interaktion in virtuellen Umgebungen bietet nicht nur auf der Anwendungsseite viel Potenzial, sondern erfordert auch eine entsprechende ergonomische Gestaltung, damit die virtuell ermittelten Ergebnisse in die Realität übertragbar sind.

Literatur:

Engstler, F.: Untersuchung zur Größenwahrnehmung in virtuellen Umgebungen und deren Anwendung für ergonomische Fragestellungen, Diplomarbeit am Lehrstuhl für Ergonomie der Technischen Universität München 2005

Hofmann, J.: Raumwahrnehmung in virtuellen Umgebungen, Dissertation am Lehrstuhl für Ergonomie der Technischen Universität München 2002

Oehlschlaeger, H.: Virtuelle Produktentwicklung bei VW Nutzfahrzeuge. Automobil- Motortechnische Konferenz, Stuttgart 2003

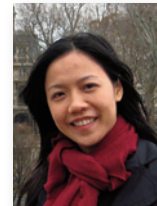
Regenbrecht, H.: Faktoren für Präsenz in Virtueller Architektur, Dissertation an der Bauhaus-Universität Weimar 1999

Slater, M., Wilbur, S.: A Framework for Immersive Virtual Environments (FIVE): Speculations on the Role of Presence in Virtual Environments, Presence: Teleoperators and Virtual Environments, Vol. 2, PP. 211-233 1997

Voß, T., Bubb, H.: Untersuchungen zur Divergenz zwischen visueller und haptischer Wahrnehmung in virtueller Realität, 53. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft, Magdeburg 2007

Wir begrüßen internationale Gäste am Lehrstuhl

Frau **Chung Meng-Jung** M.Sc. aus Taiwan ist bis August 2008 als Gastwissenschaftlerin, vermittelt über den DAAD (Deutscher Akademischer Austausch Dienst) und NSC (National Science Council) seit November 2007 am Lehrstuhl und wird im Bereich Anthropometrie tätig sein.



Frau Dr.-Ing. **Tülin Gündüz Cengiz** ist von Februar bis Mai 2008 hier am Lehrstuhl. Sie hat an der Universität Uludag in der Türkei Maschinenbau studiert. Sie hat am Institut für Arbeitswissenschaft an der TU-Darmstadt ein Jahr als Wissenschaftlerin gearbeitet und 2005 ihr Doktorstudium mit dem Schwerpunkt „thermischer Komfort im Auto“ abgeschlossen. Ihr Arbeitsschwerpunkt hier am Lehrstuhl ist die Anthropometrie.



Frau Syarliza Abu Bakar Msc.Ind. Eng. aus Malaysia ist seit März 2008 bei uns am Lehrstuhl und wird promovieren. Sie ist im Bereich Anthropometrie tätig.



Wir wünschen allen Gästen eine angenehme und erfolgreiche Zeit hier an der TUM

Impressum:

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

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

Willkommen den neuen Mitarbeitern am Lehrstuhl

Herr Wolfram Remlinger ist seit September 2006 am LfE im Rahmen seiner Promotion mit dem Thema "Ramsis Kognitiv" beschäftigt.



Herr Roland Spies begann im Nov. 2006 am LfE mit dem INI.TUM Projekt: Entwicklung einer situativ angepassten Menüstruktur des MMI.



Frau Daya Popiv befasst sich seit Februar 2007 mit Ihrer Dissertation zum Thema Fahrverhalten und Assistenzsysteme und ist im ISPA-Projekt bei BMW eingebunden.



Herr Robert Papist ist seit April 2007 am LfE und arbeitet bei uns als Elektroniker.



Seit April 2007 ist Frau Marina Plavsic am LfE und wird bei uns den Fahrsimulator weiter optimieren.



Herr Jan-Steffen Roukens kam am 24. September 2007 an den Lehrstuhl und arbeitet in einem INI.TUM-Projekt zur Untersuchung des Nutzerverhaltens bestimmter Gruppen im Fahrzeug.



Herr Boris Israel ist seit Oktober 2007 in einem INI.TUM-Projekt zu kontaktanalogen Head-Up-Displays eingesetzt.



Herr Benedikt Stasser kam im September 2007 an den LfE und ist in einem INI.TUM-Projekt zu Testverfahren von Fahrerassistenzsystemen engagiert.



Herr Carsten Dlugosch arbeitet seit September 2007 am LfE im Bereich Blickerfassung.



Herr Daniel Damböck arbeitet seit August 2007 bei uns im Projekt H-Mode.



Herr Florian Friesdorf ist seit Juni 2007 am LfE und bei uns im Projekt CoTeSys eingesetzt.



Herr Stephan Lorenz ist seit November 2007 am LfE in einem Projekt mit Untersuchungen des Sitzkomfort und Sitz-einstellungen im Fahrzeug eingesetzt.



Herr Andreas Haslbeck bearbeitet seit Januar 2008 ein Projekt für die Fa. Hyundai.



Herr Martin Kienle ist seit März 2008 am Lehrstuhl als Verstärkung für das Projekt H-Mode.



*Wir wünschen ihnen allen viel Freude,
Erfolg und immer eine glückliche Hand
bei der Erfüllung Ihrer Aufgaben!*

Abschiedsfest von Prof. H. Rühmann (Bilderrückblick)

Als Mitarbeiter des Lehrstuhls bedauern wir, dass Prof. Rühmann auf Grund seiner Pensionierung den Lehrstuhl verlassen hat. Wir versuchten ihm, seinen Gästen und allen Lehrstuhlmitarbeitern ein würdiges Fest zu gestalten. Seiner Einladung zum Abschiedsfest waren auch viele seiner ehemaligen Kollegen und Weggefährten gekommen. Mit dieser „Bilderseite“ sagen wir gerne Dank an ihn als Kollegen, Berater, Lehrer und Kameraden . . .



Abschiedsfest von Prof. H. Rühmann (Bilderrückblick)

