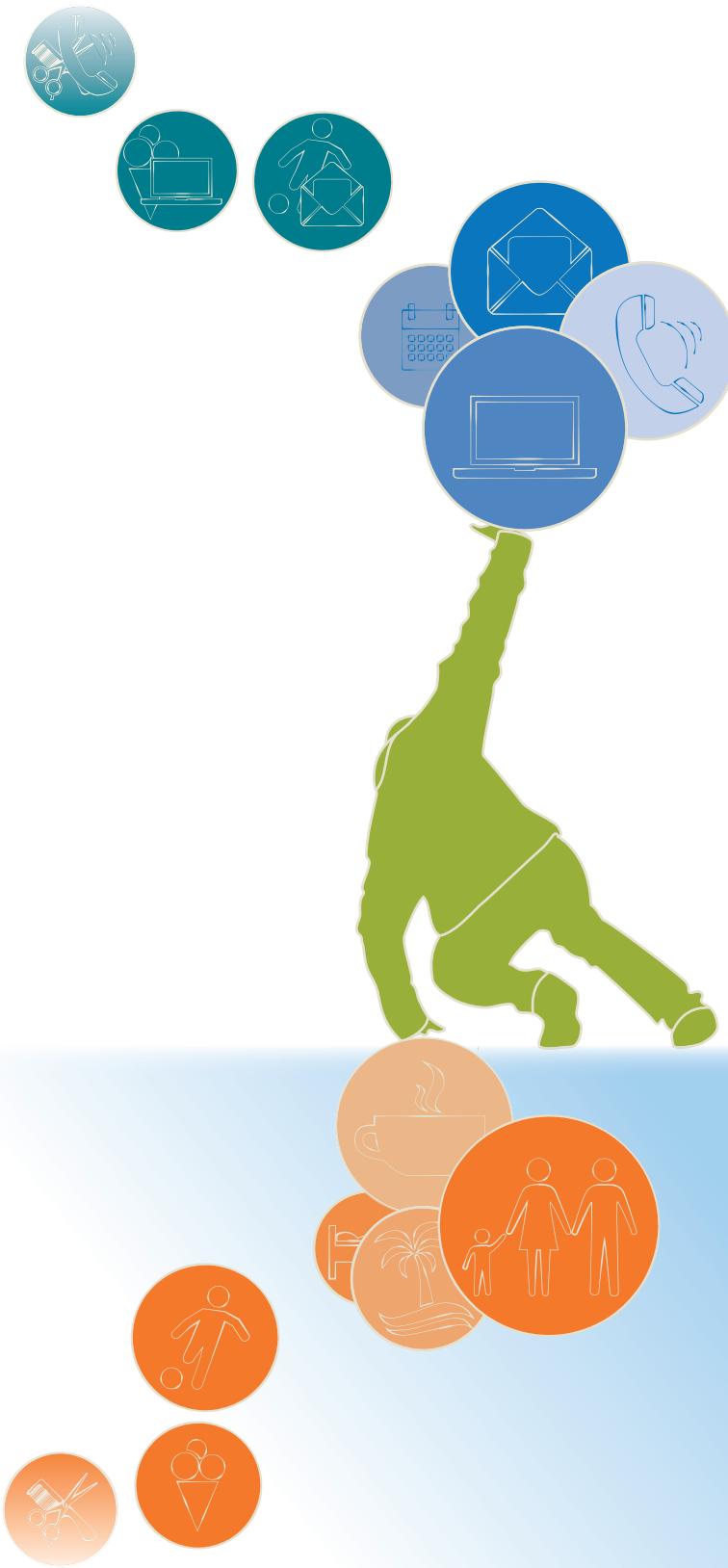


# Ergonomie AKTUELL

Die Fachzeitschrift des Lehrstuhls für Ergonomie

Ausgabe 019 | Sommer 2018 | ISSN 1616-7627



**IMPRESSUM:****Ergonomie Aktuell**

Die Fachzeitschrift des Lehrstuhls für Ergonomie erscheint im Selbstverlag einmal pro Jahr.  
Auflage 300

**Herausgeber:**

Lehrstuhl für Ergonomie  
Technische Universität München  
Boltzmannstraße 15  
85748 Garching  
Tel: 089/ 289 15388  
[www.ergonomie.tum.de](http://www.ergonomie.tum.de)  
<http://www.lfe.mw.tum.de/downloads/>

**ISSN: 1616-7627****Verantw. i.S.d.P.:**

Prof. Dr. phil. Klaus Bengler  
Prof. Dr.-Ing. Veit Senner

**Redaktion:**

Prof. Dr. phil. Klaus Bengler  
Prof. Dr.-Ing. Veit Senner  
Dr.-Ing. Verena Knott  
Julia Fridgen

**Layout:**

Julia Fridgen/TUM

**Druck:**

Printy, Digitaldruck & Kopierservice  
80333 München

© Lehrstuhl für Ergonomie, TUM

Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck, auch auszugsweise, nur in Abstimmung mit der Redaktion.

**Zum Sprachgebrauch:**

Nach Artikel 3 Abs. 2 des Grundgesetzes sind Frauen und Männer gleichberechtigt. Alle Personen- und Funktionsbezeichnungen beziehen sich gleicher Weise auf Frauen und Männer.

Sehr geehrte Leserinnen und Leser,  
Freunde und Förderer der Ergonomie,

die diesjährige Ausgabe der Ergonomie aktuell steht im Licht besonderer Ereignisse, die das Jahr 2018 prägen. Zunächst möchte ich Ihre Aufmerksamkeit auf das Wissenschaftsjahr 2018 – „Arbeitswelten der Zukunft“ lenken, das für unsere Disziplin und den Lehrstuhl eine außerordentliche Möglichkeit bietet, unsere Arbeitsweisen und Ergebnisse einer breiten Öffentlichkeit zu präsentieren. Schon die Auftaktveranstaltung mit Bundesministerin Wanka, an der ich aktiv teilnehmen durfte, hat die Bedeutung der arbeitswissenschaftlichen Forschung an innovativen Technologien und am Menschen orientierten Arbeitsformen mehrmals betont.

Zudem feiert die Technische Universität München ihr 150-jähriges Bestehen und seit 1962 ist der Lehrstuhl für Ergonomie ein fester Bestandteil im wissenschaftlichen Kanon unserer Universität. Ich danke an dieser Stelle meinen Vorgängern und allen Wissenschaftlern, die in diesem Zeitraum dazu beigetragen haben, den Blick auf die Münchner Ergonomie zu lenken.

Vor allen Dingen gratulieren wir mit dieser Ausgabe und dem diesjährigen Sommerfest meinem Vorgänger Professor Heiner Bubb ganz herzlich zu seinem 75. Geburtstag.

Die Beiträge in dieser Ausgabe zeigen, dass wir uns im Zusammenhang mit neuen Formen der Mensch-Technik-Interaktion mit virtuellen Erprobungsmethoden und Wizard of Oz-Methodiken beschäftigen. Vor allen Dingen liegt eine Herausforderung darin, Technologien, die das Automobil, die Robotik und auch die Ausbildung außerordentlich schnell verändern, am Menschen orientiert zu prägen.

Ausgehend von einem Impuls des zurückliegenden Doktorandenworkshops haben wir unsere Disziplin mal auf uns selbst angewendet und höhenverstellbare Schreibtische beschafft. Lassen Sie sich inspirieren – vielleicht lässt sich auch an Ihrem Arbeitsplatz etwas ändern.



Viele neue Projekte vor allem im Bereich der autonomen Fahrzeugführung wurden gestartet und tragen eine ganz besondere Herausforderung in sich.

Das LfE-Team und das SPGM-Team wünschen Ihnen viel Freude bei der Lektüre. Lassen Sie sich zum Forschen anstimmen.

Wir wünschen Ihnen viel Freude bei der Lektüre.

Ihr

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Klaus Bengler".

Klaus Bengler



---

Impressum	02
Editorial	03
Ein Streifzug durch die Ergonomie an der TUM <i>Heiner Bubb</i>	06
Der Gesichtssinn – Funktion, Ausfallerscheinungen und aktuelle Forschung am Lehrstuhl für Ergonomie <i>Christian Lehsing</i>	24
Bildung für ein Arbeiten in Industrie 4.0 <i>Alexander Eichler, Caroline Adam</i>	28
Ergonomische Büroarbeitsplätze – Empfehlungen und Umsetzung am Lehrstuhl für Ergonomie <i>Annika Ulherr</i>	32
Is this real life? Evolution des Fußgängersimulators <i>André Dietrich, Philipp Maruhn</i>	35
Rapid Prototyping & Co-Creation für die Bewegungsgestaltung mobiler Roboter – Telepräsenzroboter Beam+ <i>Jonas Schmidtler, Jakob Reinhardt</i>	37
Wissenschaftsjahr 2018 – Arbeitswelten der Zukunft <i>Caroline Adam, Klaus Bengler</i>	39
Neue Projekte	40
Exkursionen	47
Auszeichnungen und Ehrungen	48
Veröffentlichungen von Sommer 2017 bis Sommer 2018	49
Dissertationen	53
Abgeschlossene Diplom- und Masterarbeiten	56
Neue Mitarbeiter	58
Abschied	61
Rückblick	62

# Ein Streifzug durch die Ergonomie an der TUM

Prof. i.R. Dr. rer. nat. Heiner Bubb

Angeregt durch das enorme Anwachsen der Erkenntnisse auf naturwissenschaftlichen Gebiet und deren Auswirkungen für wirtschaftlichen Gewinn und Fortschritt kam es nach dem Vorbild der École Polytechnique in Paris, die bereits seit Ende des 18. Jahrhunderts existierte, Mitte des 19. Jahrhunderts in vielen deutschsprachigen Ländern zur Gründung naturwissenschaftlich-technischer Hochschulen. Man versuchte damit dem Trend der Zeit auch in der Hochschulpolitik gerecht zu werden. Bayern gehörte mit der Gründung der Polytechnischen Schule zu München (ab dem Studienjahr 1877/78 umbenannt in Technische Hochschule München THM, seit 1970 Technische Universität München TUM) am 12. April 1868 neben Wien, Zürich, Prag und Karlsruhe zu den Vorreitern auf diesem Gebiet. Ihr selbst gesetzter Auftrag war „der industriellen Welt den Funken der Wissenschaft zu bringen“ (Bauernfeind, 1868). Die TUM feiert in diesem Jahr also ihr 150-jähriges Bestehen.

Der Erfolg des Verständnisses der Welt durch den naturwissenschaftlichen Ansatz ließ 1857 den polnischen Wissenschaftler Wojciech Jastrzebski in der Zeitschrift „Natur und Industrie (deutsche Übersetzung)“ vorschlagen, „sich (auch) mit dem wissenschaftlichen Ansatz zum Problem der Arbeit zu beschäftigen und sogar zu ihrer Erklärung eine gesonderte Lehre zu betreiben“. Er nannte dieses Wissenschaftsgebiet „Ergonomie“ - ein Kunstwort, zusammengesetzt aus den griechischen Wörtern ἔργον = Arbeit und νόμος = Gesetzmäßigkeit/Wissenschaft. Nachdem sein Vorschlag aber in einer speziellen polnischen Wissenschaftssprache veröffentlicht war, wurde sein Vorschlag für die Benennung dieses Gebietes in der wissenschaftlichen Welt kaum wahrgenommen. Gleichwohl erfolgten zumindest seit der Mitte des 19. Jahrhunderts arbeitswissenschaftliche Forschungen in verschiedenen europäischen Ländern. Den größten praktischen Einfluss dieses Wissenschaftszweig hatten aber sicherlich die Arbeiten von F. Taylor und seinem Mitarbeiter F. B. Gilbreth zu den Zeit- und Bewegungsstudien und deren Anwendung durch H. Ford für die Fließbandfertigung von Automobilen. Auf der Grundla-

ge dieser Arbeiten wurde in Deutschland 1924 der Reichsausschuss für Arbeitszeitermittlung (REFA) gegründet (1936 umbenannt in Reichsausschuss für Arbeitsstudien und 1948 in Verband für Arbeitsstudien REFA e.V.). Gemeinsames Merkmal all dieser Vorgehensweisen war zunächst die Verbesserung der Effizienz menschlicher Arbeit, weniger die Berücksichtigung deren Wirkung auf den Menschen. Das 1912 gegründete Kaiser Wilhelm Institut für Arbeitsphysiologie in Berlin (1929 Umzug nach Dortmund) hatte demgegenüber nach Aussage seines Gründungsdirektors Atzler das Ziel „nicht auf dem kürzesten, sondern auf dem bequemsten Weg Maximalleistungen zu erreichen“.

Während des Zweiten Weltkriegs fanden sowohl auf alliierter als auch auf deutscher Seite Forschungen statt, die das Ziel hatten, die Treffsicherheit der Schützen zu verbessern. Folgenreich waren die Arbeiten von Tustin, der 1944 die Zielverfolgung des Menschen mittels eines regelungstechnischen Modells beschrieb. Später wurde dieses Modell für die dynamischen Eigenschaften von Flugzeugen verwendet und ist unter dem Namen „paper pilot“ bekannt. Schon kurz nach der Beendigung des unseligen Krieges entschloss man sich in UK, die vielfältigen Erkenntnisse, die man bezüglich der Optimierung der Interaktion von Mensch und Technik gewonnen hatte, auch zivilen Zwecken zugänglich zu machen. So wurde bereits 1946 die „Ergonomic Research Society“ (später umbenannt in „Ergonomics Society“) gegründet. Treibende Kraft war der englische Wissenschaftler Murrell, der ohne das Wissen über Jastrzebski den Namen für den neuen Wissenschaftszweig vorschlug und auch schon bald in dem Buch „Ergonomics“ dessen Inhalte zusammentrug (in deutscher Übersetzung: Ergonomie, 1969/1971). In der Zeit zwischen 1950 und 1960 kam es zur Gründung vieler nationaler Gesellschaften mit dem Ziel, Wissenschaftlern, die sich mit der menschlichen Arbeit beschäftigen, einen Austausch ihrer Erkenntnisse zu ermöglichen. Zu nennen sind u.a.: „Société d’Ergonomie de Langue Francaise“, „Nederlandse Vereniging voor Ergonomie“, „Societa Italiana die Ergonomia“, „Nordic Ergonomics Society“, „Japan Ergonomics

Research Society“ und in den USA „Human Factor Society“ (1954), die später in „Human Factor and Ergonomic Society“ umbenannt wurde und somit auch das Wort Ergonomie im Titel führt. Speziell in Deutschland wurde 1953 die Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (GfA) gegründet. 1959/61 fanden sich die inzwischen zahlreichen nationalen Gesellschaften unter dem internationalen Dachverbandes International Ergonomics Association (IEA) zusammen, die seit den siebziger Jahren alle 3 Jahre einen internationalen Kongress organisiert.

In den 60er Jahren des letzten Jahrhunderts wurden an den meisten deutschsprachigen Universitäten Lehrstühle bzw. Institute mit arbeitswissenschaftlicher Ausrichtung eingerichtet. Die Bezeichnungen dieser Lehrstühle waren „Arbeitswissenschaft“, meist in Verbindung mit Betriebsorganisation, Fertigungsplanung, Betriebspädagogik, und Industriebetriebslehre, „Arbeits- und Organisationspsychologie“, manchmal in Verbindung mit „Sozialpsychologie“ und „Arbeitsphysiologie“, häufig mit dem Zusatz „Arbeitsmedizin und Sozialmedizin“. An der damaligen THM wurde 1962 an der Fakultät für Maschinenwesen (MW) das Institut für Arbeitsphysiologie (bis zu seiner Emeritierung geleitet von Professor Dr. Müller-Limmroth) und an der Fakultät für Wirtschaft und Sozialwissenschaften (WiSo) das Institut für Arbeitspsychologie und -pädagogik eingerichtet. Letzteres wurde mit Professor Dr. H. Schmidtke besetzt. Den Trend der Zeit erkennend beantragte er zwischen 1962 und 1968 (das genaue Datum ist nicht bekannt) die Umbenennung in „Institut für Ergonomie“. In der Lehre war das Institut vor allem in das damals neu eingerichtete arbeitswissenschaftlich/wirtschaftswissenschaftliche Aufbaustudium (AWA) integriert, das Studenten, die bereits einen technischen Abschluss an der THM absolviert hatten, den zusätzlichen Abschluss eines Dipl.-Wirtsch.-Ing. ermöglichte. In den 90er Jahren kam es dann zu einem weiteren grundlegenden Organisationswandel an der TUM: das Institut für Ergonomie (IfE) wurde mit dem ehemaligen Institut für Arbeitsphysiologie zusammengelegt, in Lehrstuhl für Ergonomie (LfE) umbenannt und in die MW-Fa-

kultät integriert. Mit der Umwandlung der WiSo-Fakultät in die Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät wurde das AWA-Studium eingestellt. Die Einrichtung der Bachelor/Masterstudiengänge in der Zeit zwischen 2000 und 2008 ermöglichte es, diverse Module mit ergonomischen Inhalten zu entwickeln. Dadurch ist es möglich, dass sich Studenten im Masterstudiengang vertieft mit ergonomischen Inhalten auseinandersetzen können. Zudem wurde ein eigener Master-Studiengang „Human Factors Engineering–Ergonomie“ etabliert, der interessierten Studenten mit Bachelor-Abschluss angeboten wird und ihnen den Eintritt in die industrielle Welt erleichtern soll.

Wie im Folgenden gezeigt wird, hat Professor Schmidtke eine ausgesprochen technische Orientierung seines Faches etabliert, die als „Münchener Ergonomie“ bekannt geworden ist. Wie es dazu gekommen ist, möchte ich im Folgenden aus einer sehr persönlichen Sicht auf die Entwicklung des Lehrstuhls und speziell der Ergonomie an der THM/TUM berichten. Die Ausgabe 010, Sommer 2009 der Lehrstuhlauszeitschrift „Ergonomie aktuell“ enthält in dem Beitrag „Münchener Ergonomie“ einen ausführlichen Bericht über den Werdegang des Lehrstuhls, auf den verwiesen wird, wenn es darum geht, mehr im Detail zu erfahren, welche Forschungsrichtungen der Lehrstuhl im Einzelnen verfolgte und welche Dissertationen in der Zeit bis 2008 vorgelegt werden konnten.



Abb. 1: Sitz des Instituts für Ergonomie in der Barbarastraße 16 bis zum Umzug nach Garching

Als ich am 1. August 1968 in der Barbarastraße 16 am Institut für Ergonomie (Abbildung 1) anheuerte, war ich stolz, den Namen und die Bedeutung der Bezeichnung „Ergonomie“ zu kennen, der damals nicht im Großen Brockhaus stand. Tatsächlich war die Ergonomie zum damaligen Zeitpunkt – man kann sich das heute kaum mehr vorstellen – ein „Orchideenfach“ und wurde gerade von Technikern nach dem Motto „Ergonomie kann jeder“ belächelt. Immerhin war „Ergonomie“ damals ein der Allgemeinheit zwar unbekannter, aber für die Werbung gut nutzbarer Begriff und so konnte man zu Beginn der 70er Jahre beobachten, wie die Firma Bosch mit einer grün gefärbten Hand den „ergonomischen“ Griff ihrer Bohrmaschinen bewarb. Insbesondere die Hersteller von Bürostühlen okkupierten bald diesen Begriff für ihre Werbung.

Ich hatte technische Physik mit dem Abschluss Dipl.-Ing. studiert. Als ich mich mit der Zielrichtung der Ergonomie konfrontiert sah, war ich überzeugt davon, dass es lohnend sein müsse, die Interaktion zwischen Mensch und Maschine mit wissenschaftlichen Methoden zu untersuchen und zu optimieren, da doch Technik nicht für sich selber steht, sondern in jedem Fall von Menschen für Menschen gemacht ist. Dass ich mit dieser Vorstellung nicht ganz falsch lag, zeigt sich unter anderem darin, dass heute alle Hersteller bzw. Entwickler von Automobilen, Flugzeugen und viele andere Industriezweige eine entsprechende Abteilung – meist sogar mit diesem Namen – betreiben. In Testberichten von Automobilzeitschriften kann man heute in der Beschreibung eines speziellen Fahrzeugs lesen, dass die „Ergonomie stimmt“ oder dass das Fahrzeug über eine „gute Ergonomie“ verfüge, was auch immer der Schreiber einer solchen Satzes damit verbindet.

Trotz des guten Vorsatzes, eine am Menschen orientierte Technik mit zu gestalten, war es für einen vornehmlich im technischen Bereich Ausgebildeten durchaus eine Herausforderung, herauszufinden, wie eine solche Gestaltung im Detail geschehen soll. So ging es nicht nur mir, sondern natürlich auch meinen

damaligen Mitstreitern. In heftig ausgetragenen Diskussionen mussten wir uns so erst einmal ein Bild erarbeiten, in welchem Fach wir hier tätig sind. Ein damals intensiv diskutiertes Thema war das Belastung-Bearbeitungs-Konzept; denn es war uns damals keineswegs klar, wie die Belastung genau von der Beanspruchung zu unterscheiden ist und insbesondere, mit welchen Messmethoden man beides, aber insbesondere die Beanspruchung objektivieren könne. Das war hinsichtlich der Belastung bei den sog. Umweltfaktoren (Beleuchtung, Klima, mechanische Schwingungen und Schall) noch einigermaßen klar. Am Beispiel der Schallbelastung soll der Kern dieser Diskussion kurz veranschaulicht werden: die in Ohrnähe gemessenen Schallschwingungen stellen hinsichtlich Amplitude und Frequenz ganz klar die Belastung dar. Damals wie heute war es üblich, diese Größen in Dezibel anzugeben und BewertungsfILTER zu verwenden (damals A-, B-, C-Filter, heute nur noch A-Filter), welche die Abhängigkeit der menschlichen Empfindung von Frequenz und Lautstärkepegel wiedergeben sollen. Charakterisieren die durch diese Bewertung erhaltenen Zahlenwerte noch die „Belastung“ oder charakterisiert dies bereits die „Beanspruchung“? Ein von vielen Mitarbeitern des Lehrstuhls und auch von mir vertretene Auffassung war, dass man hier sinnvoll von „bewerteter Belastung“ sprechen solle, wobei diese Auffassung keineswegs von allen mitgetragen wurde. Wie schwierig diese Unterscheidung ist, wird auch an folgendem Beispiel sichtbar: ist die Arbeitshöhe an einer Werkbank eine objektiv gegebene, messbare Belastungshöhe oder in Abhängigkeit von der individuellen Anthropometrie eine Beanspruchungsgröße? Noch schwieriger ist diese Frage für mentale Belastungen zu beantworten, da doch die Schwierigkeit (quasi die Beanspruchung) einer gegebenen Aufgabe erheblich vom Ausbildungsstand, Kenntnisstand, Erfahrung und Übungsniveau des Ausführenden abhängt. Die Arbeitsaufgabe ist dabei ohne Zweifel die Belastung, doch wie ist diese im Hinblick auf die große Variabilität individueller Fähigkeiten zu bewerten? Es ist dies eine Frage, die im Zusammenhang mit der zunehmend Bedeutung gewinnenden Informationsarbeit immer drängender wird und bis heute keine eindeutige Lösung gefunden hat. Der heute immer wieder auftauchende Begriff der

„Selbsterklärungsfähigkeit“ gehört in diesen Bereich, denn keine Interaktion ist im Prinzip selbsterklärend. Wenn allerdings bei einer neuen Interaktionsanforderung auf vorhandene Erfahrung (innere Modelle) zurückgegriffen werden kann, so ist die Bedienung dieser neuen Funktion leichter zu verstehen und ihre Anwendung auch besser zu merken, was häufig mit „Selbsterklärung“ bezeichnet wird.

Die Messung der Beanspruchung erfolgt im Allgemeinen durch Befragung des Belasteten. Für einen technisch Ausgebildeten, der es gewohnt ist, sich auf objektive Messungen zu verlassen, ist dies eine wenig zufriedenstellende Methode, da zweifellos in das Ergebnis jeder Befragung sowohl subjektive Unsicherheiten bezüglich der Artikulierung des aktuellen Gefühls als auch in Abhängigkeit von der Situation absichtliche Verfälschungen eingehen können. Es liegt deshalb nahe, dafür die Messung physiologischer Parameter heranzuziehen, von denen man annimmt, dass sie vom Probanden nicht aktiv beeinflusst werden können. Insbesondere kann man schon an sich selbst beobachten, dass Pulsfrequenz und Schweißausschüttung (messbar als elektrischer Hautwiderstand) sich nicht nur bei körperlicher Belastung verändern, sondern auch bei psychischer Belastung ansprechen. Im Gegensatz zu den Erfahrungen bei körperlicher Belastung konnte bei allen Versuchen für psychische Belastungen (z.B. simuliert durch komplexe Kopfrechenaufgaben) zwar immer eine entsprechende Reaktion dieser Parameter beobachtet werden, allerdings bedauerlicherweise keine Maßzahl, die eindeutig mit der Beanspruchung korreliert. Insofern erscheint es konsequent, sozusagen näher an das Gehirn heranzugehen und mittels EEG-Untersuchungen zu versuchen, diese Fragestellung zu klären. Insgesamt vier Dissertationen (Böttge, 1972; Holoch, 1972; Hecker, 1978; Wegener, 1978), die alle mit großem technischen Aufwand verbunden waren, sind in diesem Rahmen am Lehrstuhl gelaufen. Das Ergebnis war ernüchternd: zwar konnte in all den Dissertationen mithilfe der statistischen Auswertung der Parameter eindeutig verschiedene psychische Zustände voneinander getrennt werden, jedoch waren dies von Tag zu Tag andere Parameter. Diese Beobachtung

macht ein Dilemma deutlich, dem alle ergonomischen Untersuchungen ausgesetzt sind: in Versuchssituationen können durchaus signifikante Zusammenhänge zwischen meist mit akribischen Methoden definierten Belastungszuständen und mittels subjektiver und der oben erwähnten objektiven Methoden erfassten Beanspruchung gefunden werden. Insbesondere die physiologischen Parameter müssen dabei aber immer auf die individuelle Versuchsperson und die spezielle Verzugssituation unter der Bedingung „keine Belastung“ kalibriert werden. Es ist dies ein Phänomen, das jeder kennt, der mittels EMG-Methoden muskuläre Belastung untersuchen will. Ähnliches gilt auch für beobachtete Reaktionen von Probanden auf psychische Belastungen. Damit scheiden diese physiologischen Methoden als objektive Messung für psychische Zustände im Alltag praktisch aus. Leider haben sich diese Erkenntnisse aus dem Bereich der Ergonomie aber noch keineswegs in alle Bereiche industrieller Anwendung herumgesprochen. Es sei in diesem Zusammenhang der Müdigkeitserkenner erwähnt, der heute in vielen Neufahrzeugen eingebaut ist. Er basiert mit mehr oder weniger großen Abwandlungen bei den unterschiedlichen Fahrzeugmodellen im Wesentlichen auf der Messung der Fahrzeit und der Beobachtung zu geringer bzw. abrupter Lenkradbewegungen. Wegen zu großer Messprobleme hat die Erfassung der Pulsfrequenz hier zum Glück noch nicht Eingang gefunden, obwohl sie immer wieder diskutiert wird und mittels der heute verfügbaren Smart-Watches in den Bereich einfacher Anwendbarkeit kommt. Eine einigermaßen sichere Methode wäre hierbei sicherlich die Beobachtung der Augen, wo die Lidschlussfrequenz zwar ein Indikator für Ermüdung sein kann, aber eben auch nur auf der Basis einer individuellen Normierung.

Die Messung der Augenbewegung ist jedoch durchaus – zumindest in Versuchssituationen – eine Möglichkeit, der aktuellen Aufmerksamkeit näher zu kommen, denn die Blickbewegung geschieht zum großen Teil unwillkürlich. Im Rahmen der vielen Versuche, die der Lehrstuhl zur Head-Up-Display-Technik durchgeführt hat, wurde deshalb ein Blickerfassungssystem entwickelt, das zunächst den Namen JANUS trug.

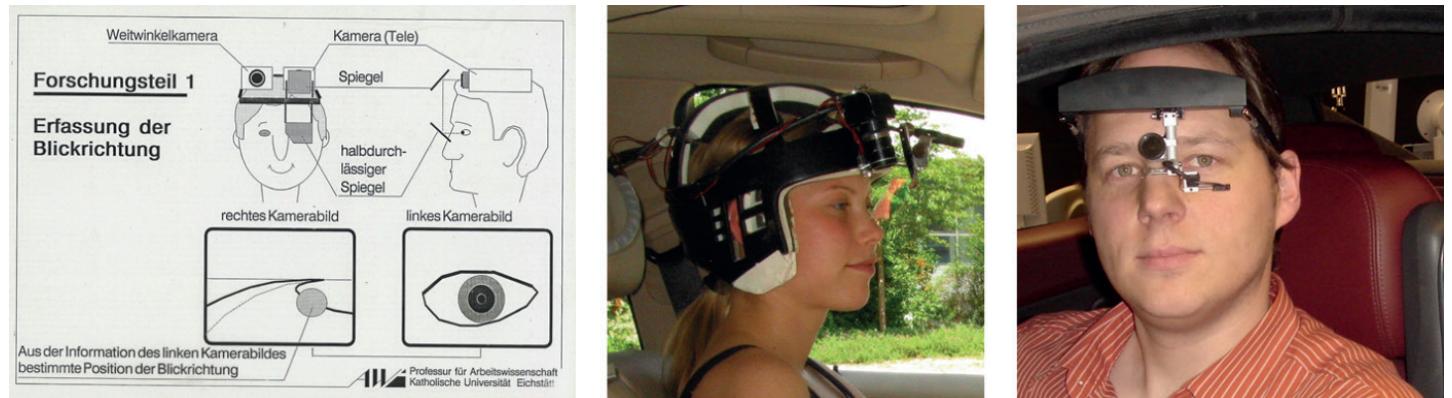


Abb. 2: Blickerfassungssystem des Lehrstuhls links: ursprüngliche Prinzipskizze (1987) - mitte: Janus - rechts: Dikablis

Mitarbeiter (Lange, Wohlfarter, Spies), die dieses System wesentlich weiter verbesserten, haben sich später selbstständig gemacht und vertreiben nun das Blickerfassungssystem unter dem Namen Dikablis (Abbildung 2).

Die Vorstellung von einer ergonomisch gestalteten Technik wurde für uns junge Mitarbeiter natürlich auch durch die vielen Beispiele, die Gegenstand experimenteller Untersuchungen waren, geprägt. Ich erinnere mich hier speziell an die von Schmucker (1969) und Pretsch (1969) am Institut durchgeführten Untersuchungen zu der Frage, welche Interaktionsmittel für die Ortung von Objekten auf dem Radarschirm am besten geeignet sei: Der Rollball, das Joystick, das damals noch gar nicht so hieß und das in den Publikationen als „Steuerknüppel“ erschien, und eine ganz neuartige Einrichtung, nämlich ein Stift, mit dem man unmittelbar am Bildschirm auf die zu ortenden Objekte deutete. Die Position des Stiftes wurde über ein kompliziertes Seilzugsystem

auf Potentiometer übertragen und somit elektrisch messbar. Dieser Stift ist in der Handhabung seitens des Menschen ein Vorläufer des heutigen Touchscreens. Übrigens kam der Stift bei den Untersuchungen gar nicht so gut weg, wie man das theoretisch erwarten könnte. In späteren Untersuchungen am Lehrstuhl (Spies, 2012; Blattner, 2014) konnte auch klar herausgearbeitet werden, warum das so ist: für die Bedienung eines Touchscreens spielt nicht die dominierende Rolle, ob haptisch erfahren wird, dass ein virtueller Button betätigt worden ist, wofür übrigens ein akustisches Feedback durchaus ausreichend ist, sondern vor der Bedienung, wo sich der Button befindet.

Ein Besuch des damals von Professor Bernotat geleiteten Instituts für Anthropotechnik in Meckenheim/Bonn hat meine Vorstellung von einer technisch orientierten Ergonomie erheblich beeinflusst. Hier wurden ebenfalls Bedieninteraktionen untersucht, die es damals auf dem Markt überhaupt noch

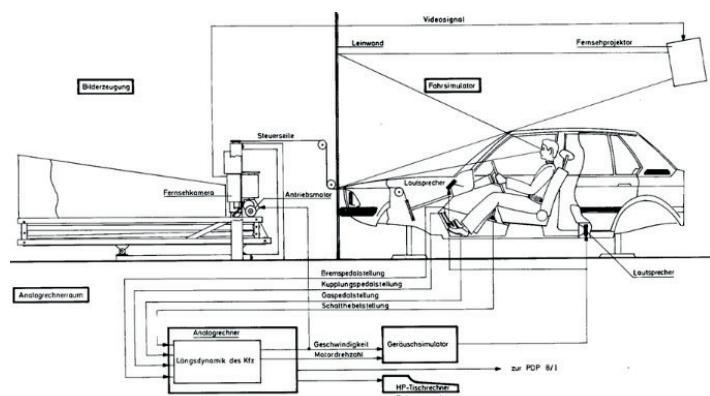
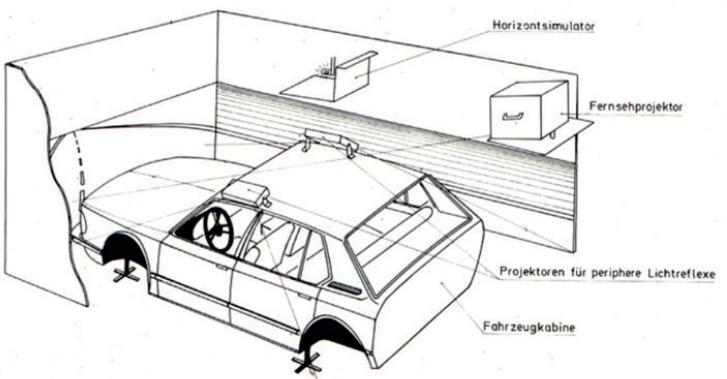


Abb. 3: Mechanischer Fahrimulator des Instituts für Ergonomie von 1975



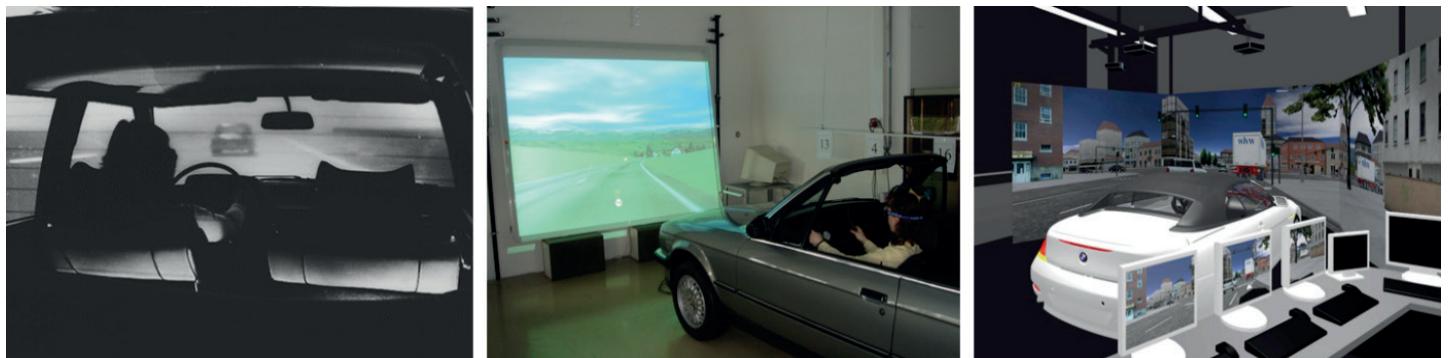


Abb. 4: links: Blick aus dem Fahrsimulator von 1975 - Mitte: Fahrsimulator ab 1994. Elektronische Bilderzeugung - rechts: gegenwärtiger Fahrsimulator mit 360° Rundumsicht

nicht gab und die deshalb in entsprechend großen Aufbauten für Versuche erst realisiert werden mussten. Auch dort wurde ein Vorläufer des Touchscreens untersucht, der in Form von matrixartig angeordneten Laserstrahl/Fotoelementen den Ort des bedienenden Fingers zu detektieren erlaubt. Ganz neuartig war die um 180° gedrehte Verwendung des Rollballs, der praktisch ein Vorläufer der heute von der Computerbedienung nicht mehr wegzudenken den Maus war. Es war dort auch ein Fahrsimulator aufgebaut - übrigens mit elektronischer, allerdings sehr rudimentärer Bilderzeugung. Unter der Leitung von E. Donges wurde die in der Schifffahrt und Flugzeugführung – hier durch speziell dafür zuständige Offiziere – übliche Einteilung der hierarchischen Ordnung bezüglich der Erfüllung einer Fahraufgabe in Navigation, Führung und Stabilisierung auf den Bereich des Kraftfahrzeugs übertragen. Der Besuch war für mich so prägend, dass ich gemeinsam mit meinen damaligen Mitstreitern P. Rühmann, W. Ilgmann und meinem Bruder Peter versuchte, in München etwas Ähnliches aufzubauen. Neben anderem

war dafür der Wunsch von Professor Schmidtke entscheidend, für die Ausbildung der Studenten ein ergonomisches Praktikum zu entwickeln. Wesentliche Elemente dieses Praktikums sind heute noch Gegenstand der Ausbildung am Lehrstuhl. Die „Krönung“ dieser Praktikumsversuche sollte ein Fahrsimulator sein. De facto hat dessen Aufbau sehr viel Zeit und Ingenieursgeist erfordert. Wegen der beschränkten Möglichkeiten der damaligen Rechnertechnologie war er auf mechanisch/optischer Basis aufgebaut. Das Bild wurde über einem Fernsehprojektor – allerdings noch schwarz-weiß – darstellt (Abbildung 4 links). Seine Dynamik steuerte ein Analogrechner (Abbildung 3). Dieser Fahrsimulator begründete die Tradition, am Lehrstuhl für Ergonomie grundlegende Untersuchungen zur Interaktion zwischen Fahrer und Fahrzeug durchzuführen und natürlich auch die Erfahrung, wie dafür solche Simulatoren Gewinn bringend eingesetzt werden können (weitere Entwicklung Abbildung 4 Mitte und rechts).



Abb. 5: Links: Anwendung des Helm-Mounted-Displays in einem variablen Fahrerstand (Riedl, 2012) - Rechts: Gegenwärtiger Fußgängersimulator am Lehrstuhl (Quelle: Sebastian Mast)

Als ich nach meiner „Auszeit“ in Eichstätt 1993 an den Lehrstuhl berufen worden bin, hatte ich die Vorstellung, den Fahrsimulator nicht über Projektions-technik, sondern mittels kleiner direkt vor dem Auge befindlicher Konvergenzgläser und Displays (damals noch Röhrentechnik!) zu realisieren. Der Vorteil ei-ner solchen Versuchseinrichtung wäre gewesen, dass man nicht nur Verkehrssituationen darstellen könnte, sondern auch beliebige andere Arbeitssitu-ationen aus dem Bereich der Produktion. Aufgrund der damals verfügbaren Technik hätte eine solche Helm-Mounted-Display-Variante ein extrem hohes Gewicht gehabt. Deshalb wurden im Rahmen eini-ger Semester- und Diplomarbeiten Einrichtungen konstruiert, die das Gewicht dieses schweren Geräts auffangen sollten. Das Projekt war jedoch bei den damals verfügbaren technischen Mitteln zu ehrgeizig. Immerhin konnte aber später in Disserta-tionsvorhaben im Rahmen von INI.TUM-Projekten (Voss,

2008; Riedl, 2012) diese Idee realisiert werden und heute stellt sie eine am Lehrstuhl vielfältig eingesetzte Technologie dar (Abbildung 5).

Bei der Entwicklung des ergonomischen Praktikums wurden besonders die Umweltfaktoren Beleuchtung, Schall und Klima berücksichtigt, unter anderem auch weil hierfür „handhabbare“ Messinstrumente zur Verfügung stehen. In dem 2013 vorgestellten Ergonomiemesskoffer werden diese Umweltfaktoren unter besonderer Berücksichtigung didaktischer Anforderungen heute sogar für Schüler bereitgestellt (Abbildung 6 links). Der Einfluss mechanischer Schwingungen ist demgegenüber weitaus schwieriger zu demonstrieren, weil dazu aufwändige Simula-tionseinrichtungen (z.B.: Schwingsitz) notwendig sind. Als 1969 P. Rühmann als Mitarbeiter zum Lehr-stuhl stieß, erkannte Professor Schmidtke dessen

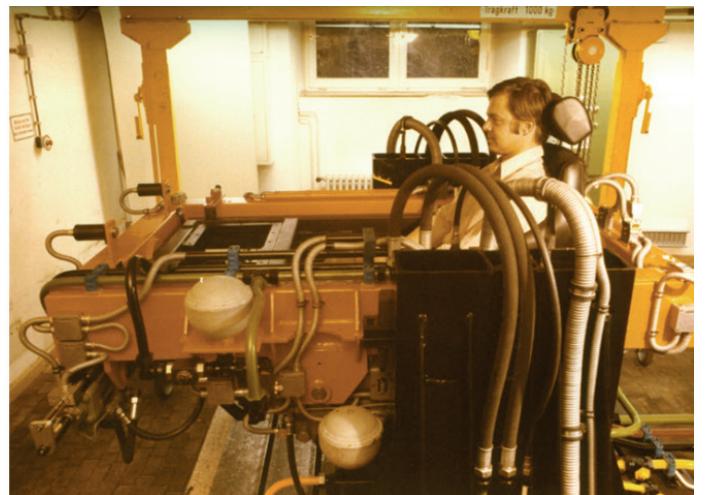


Abb. 6: links: Ergonomiemesskoffer (2013) - rechts: zweidimensionale Schwingungssimulator (1975)

konstruktionstechnische Begabung und beauftragte ihn mit der Entwicklung eines Simulators für Rotationsschwingungen. Der Simulator wurde ca. 1975 fertig gestellt und war Grundlage für verschiedene Dissertations- und Forschungsvorhaben (Abbildung 6 rechts). Beim Umzug nach Garching konnte leider seine ursprüngliche Leistungsfähigkeit nicht wieder erreicht werden und so wurde er schließlich verschrottet.

In der Zeit, in der wir alle noch junge Doktoranden waren, erhielt Professor Schmidke den Auftrag, für das „Schiff der Zukunft“ ergonomische Forderungen zu formulieren. Er erkannte, dass verbale Formulierungen hier wenig Effekt haben werden, sondern dass für Konstrukteure nur belastbare technische Angaben Wert haben. In großer Fleißarbeit durchforstete er dafür alles, was in Literatur und Standards verfügbar war und ordnete es nach Möglichkeit nach einem einheitlichen Schema: auf der Abszisse wird die – technisch messbare – Dauer des Einflusses, dem der Mensch während der Ausübung seiner Tätigkeit ausgesetzt ist, aufgetragen und auf der Ordinate die – ebenfalls technisch messbare – Intensität des Einflusses. Es zeigte sich, dass sich die unterschiedlichen Belastungsgrade durch Geraden darstellen lassen, wenn man die jeweiligen Einflüsse im logarithmischen Maßstab aufträgt. Letztlich ist also die vom Menschen absorbierte Energie ein Maß für die Belastung. Auf der Basis dieser Arbeiten ist 1976

Schmidkes Publikation „Ergonomische Bewertung von Arbeitssystemen“ entstanden. Diese war die Grundlage dafür, dass er gemeinsam mit Frau Dr. Fraczek ein rechnerbasiertes Bewertungssystem entwickelte, das er 1982 vorstellte und das damals natürlich auf MS-DOS basierte. Später wurde das System auf die sehr viel anschaulichere Windowsoberfläche übertragen und ab dem Jahr 2000 unter dem Namen EKIDES (Ergonomics Knowledge and Intelligent Design System) zur Verfügung gestellt. Noch in seiner letzten Lebensphase hat Prof. Schmidke die Ergebnisse dieses Systems gemeinsam mit Dr. Fraczek als Buch herausgebracht (Schmidke & Jastrzebska-Fraczek, 2013). Überhaupt hat Schmidke über die ganze Phase seiner Forschungstätigkeit fleißig publiziert. Herausragend ist das Buch „Ergonomie“ (Schmidke, 1993) sowie das „Handbuch der Ergonomie“ (Schmidke, 2010), das aus mehreren Bänden besteht, die – angelegt als Ringbuchausgabe – unter seiner Regie ständig aktualisiert wurden. Nicht zuletzt diese Publikationen haben wohl wesentlich den Ruf des Lehrstuhls in der Praxis gefestigt.

Wie am Beispiel der Schalleinwirkungen bereits dargestellt, ist die Wirkung der Belastungsintensität zusätzlich nach menschlichen Maßstäben zu bewerten. Menschen sind aber durch eine hohe interindividuelle (heute oft auch mit „between“ bezeichnete) Variabilität gekennzeichnet. Am deutlichsten sicht-

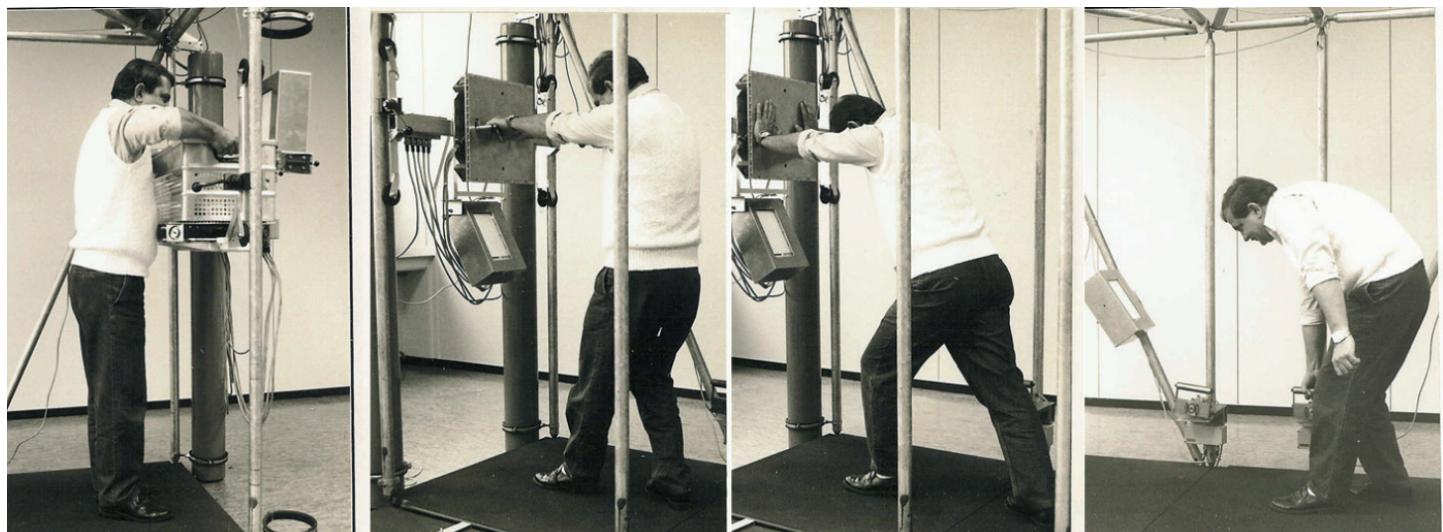


Abb. 7: Versuchseinrichtungen für die Messung von Körperkräften mit dem Ziel der Perzentilierung (Rühmann & Schmidke, 1991)

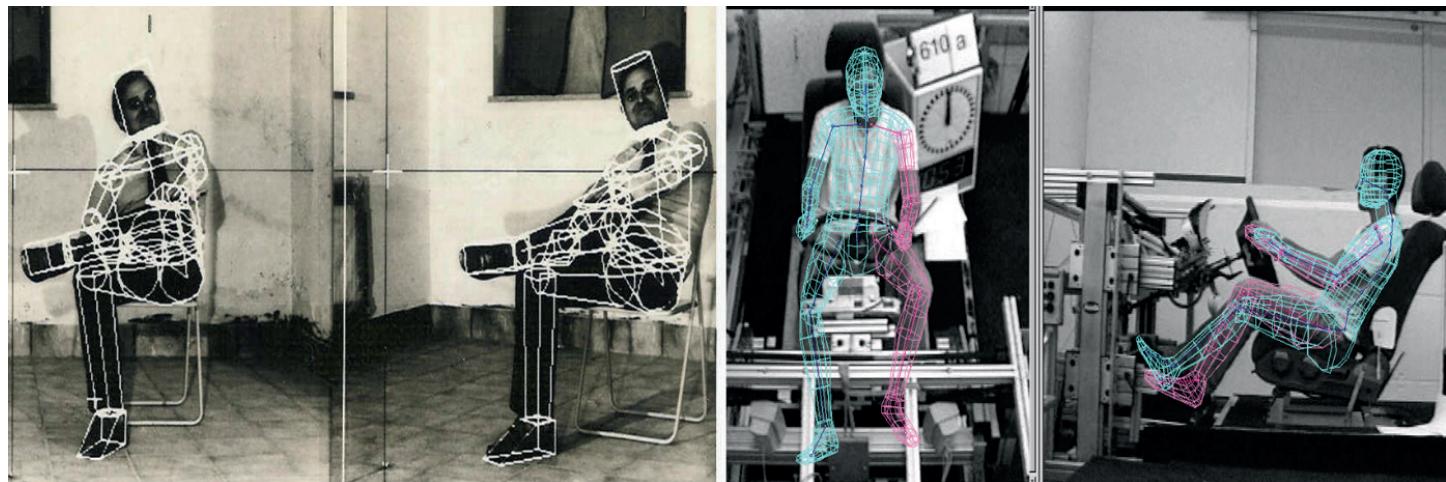


Abb. 8: Links: Erster Entwurf eines dreidimensionalen Menschmodells zur Erfassung beliebiger Körperhaltungen (1985) - Rechts: Das Menschmodell RAMSIS

bar ist dies bei der Körpergröße und so ist es eine alte ergonomische/arbeitswissenschaftliche Disziplin, diese in sog. Perzentiltabellen anzugeben. Für die Fähigkeit, Kräfte auszuüben, fehlten aber bislang derartige Angaben. Prof. Schmidtke beantragte deshalb gemeinsam mit seinem Kollegen Rohmert von der TH Darmstadt ein Verbundprojekt beim Bundesminister für Forschung und Technologie im Rahmen des Gesamtprojekts „Humanisierung des Arbeitslebens“, um diese Datenlücke zu füllen. Es wurden dafür eigene transportable Apparaturen gebaut, mit denen die unterschiedlichsten Kraftaufbringungen gemessen werden konnten (Abbildung 7). Die Messungen fanden dann – gestützt durch ein aufwendiges logistisches Konzept – in verschiedenen Indus-

triebetrieben an über 3000 Probanden statt. So war es erstmals möglich, auch für Körperkräfte perzentilierte Angaben zu machen (Rühmann & Schmidtke, 1991).

Gerade die Bereiche, in denen die Variabilität des Menschen für die Gestaltung eine so große Rolle spielt, sind in Tabellen angelegte Daten und insbesondere Empfehlungen für die Auslegung oftmals unzureichend. Andererseits sind aber für die technische Auslegung klare Zielvorgaben, so wie sie Schmidtke in seinem Ergonomischen Datenbanksystem zusammengestellt hat, umgänglich. Die in den 70er Jahren unter der Leitung von Prof. H.



Abb. 9: Links: Fahrerstand (aufgebaut von der AUDI AG), mit dem ein wesentlicher Teil der Versuche für RAMSIS durchgeführt worden ist. Rechts: Modularer Ergonomieprüfstand (MEPS), eine Spende der Daimler AG.

W. Jürgens entwickelte „Körperumrissschablone für Sitzarbeitsplätze nach DIN E 33 408“, die sog. „Kiefer Puppe“ war für mich hierfür geradezu ein Schlüsselerlebnis zur Lösung dieses Dilemmas. Mit der nun aufkommenden Möglichkeiten der Rechnertechnologie lag es damals nahe, die zweidimensionale Körperumrißschablone durch dreidimensionale Modelle des Menschen zu ersetzen. Ein erster Ansatz hierfür wurde im Rahmen der Diplomarbeit von Weiß (1985) versucht, für die M. Schwabe, der damals für den Digitalrechner des Lehrstuhls zuständig war, ein einfaches, im Rechner existierendes Menschmodell programmierte, das den stereogrammetrisch aufgenommenen Fotos der zu untersuchenden Person überlagert werden konnte (Abbildung 8 links). Mit diesem Ansatz gewannen wir die Aufmerksamkeit in dem FAT-Projekt „Softdummy“, was letztlich zum Anteil des LfE an der 1986 begonnenen Entwicklung des digitalen Menschmodells RAMSIS (Rechnergestütztes Anthropologisch-Mathematisches System zur InsassenSimulation) führte (Abbildung 8 rechts).

Auf der Grundlage der Daten von H. Greil und eignen mit dem Superpositionsverfahren gewonnenen Werten wurde für diesen Dummy eine bisher einzigartige Modellierung der anthropometrischen Eigenschaften realisiert (Geuß, 1994). Seidl (1993) entwickelte in einer Vielzahl von dafür entworfenen Versuchen (u.a. Abbildung 8 rechts) ein Haltungsmodell, das aus der beobachteten Verteilung der Gelenkwinkelwerte in Abhängigkeit von äußeren Bedingungen die wahrscheinlichste Körperhaltung zu berechnen erlaubt. Abbildung 9 links zeigt den dafür verwendeten Fahrerstand. Inzwischen verfügt der Lehrstuhl über einen weitaus flexibleren Prüfstand (Modularer Ergonomieprüfstand, MEPS; Abbildung 9 rechts), der unter anderem für die Weiterentwicklung von Menschmodellen herangezogen werden soll. Dr. Seidl ist jetzt der Geschäftsführer der Human-Solutions GmbH, die die Vermarktung und Weiterentwicklung des RAMSIS betreibt. In Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl werden von der Human-Solutions GmbH auch für andere Anwendungsgebiete Haltungswahrscheinlichkeitsmodelle entwickelt, die es erlauben, das Menschmodell noch vielfältiger einzusetzen. Gerade unter dem Aspekt der autonomen Fahrzeugführung, wo sich der Fahrer – ähnlich wie

die anderen Passagiere des Fahrzeugs – mit fahrfremden Aufgaben beschäftigen kann, ist dies eine neue Herausforderung.

Krist (1994) hat bei den ursprünglichen Haltungsversuchen die von den Versuchspersonen geäußerten Aussagen zu einem Diskomfort-Modell verarbeitet, das ebenfalls in dem Softwaretool RAMSIS enthalten ist. Die Objektivierung des Komforts hat sich mittlerweile weltweit zu einem neuen Forschungsgebiet der Ergonomie entwickelt. Wie in vielen Versuchen gezeigt werden konnte, ist dabei offensichtlich zu unterscheiden zwischen dem sog. Diskomfort und dem Komfort, welche nach den Untersuchungen von Helander & Zang (1997) orthogonal zueinander stehen. Ersterer beschreibt die unangenehmen Empfindungen bei der Interaktion zwischen Mensch und Maschine, bedingt durch Reize, die im Allgemeinen messtechnisch erfasst werden können. Er kann prinzipiell nur so weit wie möglich minimiert werden. Die Methoden der Psychophysik und die oben erwähnte Bewertungsproblematisität spielt dabei eine wichtige Rolle. Der Komfort kennzeichnet im Wesentlichen den Aspekt des Gefallens. Er entzieht sich damit weitgehend naturwissenschaftlichen Experimenten und hat sehr viel mit Industrial Design zu tun. Da ich in der Zeit zwischen 1975 und 1986 an der FH-München (heute: University of Applied Science Munich) im Studiengang Industrial-Design als Lehrbeauftragter Vorlesungen hielt und Abschlussarbeiten betreute, habe ich die Herausforderung unmittelbar erleben können, dass der Designer sowohl Aspekte des richtigen Materials, der statischen Haltbarkeit und eben auch der durch die Ergonomie geforderten Gebrauchstauglichkeit in Einklang bringen muss. Das alles geschieht dabei jenseits von mathematischen Formeln, Statistik und Signifikanzniveau. Aus versuchstechnischer Sicht ist problematisch, dass Probanden und natürlich auch der normale Nutzer in seiner Beurteilung nicht genau zwischen diesen beiden orthogonalen Polen „Komfort“ und „Diskomfort“ unterscheiden kann (Knoll, 2006). Neben ungünstigen Einflüssen aus der Umwelt (z.B. Geruch, ungünstige Beleuchtung, mechanische Schwingungen, Lärm, Klima) wird der Diskomfort gerade bei Arbeitshaltungen, die wenig Variabilität zulassen (insbesondere beim Sitzen in Fahrzeugkabinen), durch ungünstige Gelenksstellungen und durch

die Druckverhältnisse in der Berührfläche zwischen Mensch und Sitz beeinflusst.

Das alte Ergonomiethema Sitzgestaltung ist damit wieder in den Fokus der Forschung gerückt. Um dafür Grundlagenuntersuchungen durchführen zu können, wurde am Lehrstuhl ein spezieller Sitzsimulator entwickelt, der es erlaubte, rechnergesteuert unterschiedliche Sitzprofile und Federcharakteristiken zu simulieren (Abbildung 10 links; Balzulat, 2000)). Mithilfe dieses Simulators und weiteren zusätzlichen Versuchen ist es gelungen, eine ideale Sitzdruckverteilung zu finden, die zumindest für den Anwendungsbereich im Fahrzeug Gültigkeit hat (Abbildung 10 rechts). Interessanterweise ist die gleiche Sitzdruckverteilung sowohl für kleine wie auch große Personen korrekt. Das ist ein Problem für den Praktiker, denn demnach kann es keinen idealen Sitz geben, sondern nur eine ideale Kombination zwischen Sitz und individuellem Nutzer (NB: Es gibt auch keinen idealen Schuh, sondern nur einen, der individuell passt). In mehreren Arbeiten hat sich der Lehrstuhl u.a. damit befasst, für dieses Problem Lösungsvorschläge zu entwickeln (Zenk, 2008; Lorenz, 2011).

Zu der Zeit, als ich zum Lehrstuhl kam, waren die meisten Arbeiten im weiteren Umfeld der mentalen Belastung angesiedelt. Ich erinnere mich besonders an das Ergebnis der Dissertation von Behr (1971), der untersuchte, wie mentale Leistung (dargestellt als Reaktion auf Signaltöne aus räumlich verteilten Lautsprechern) durch körperliche Belastung (dargestellt durch ein Fahrradergometer) beeinflusst wird. Es zeigte sich, dass bei einer leichten körperlichen Belastung die mentale Leistung sogar steigt, vermutlich wegen der dadurch bewirkten verbesserten Durchblutung des Gehirns. Vor kurzem habe ich mich bei einer Präsentation auf der E-C-N-Tagung daran erinnert, als von Herrn Glöckl (aeris GmbH) demonstriert wurde, wie durch die simultane Darstellung der gleichen Information an einem Sitz- und einem Steharbeitsplatz ein ständiger aktiver Wechsel zwischen diesen Arbeitsplätzen angeregt wird und damit nicht nur die mentale Leistungsfähigkeit erhöht werden kann, sondern auch unangenehmen Rückenschmerzen vorgebeugt wird.

Eine Frage, die damals weltweit von unterschiedlichen Autoren bearbeitet worden ist, war die Interaktion des Menschen mit dynamischen Systemen. Auch die Dissertationen von Rühmann (1978) und meinem Bruder (Bubb, 1978) waren damit befasst.

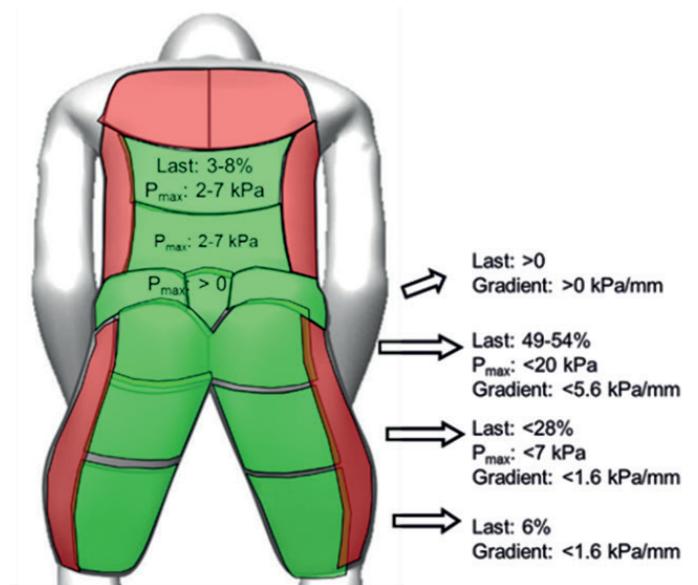


Abb. 10: Links: Forschungsstuhl (Balzulat, 2000) - Rechts: ideale Sitzdruckverteilung (Hartung, 2005; Mergl, 2005)

Ein Ergebnis davon war, dass die Idee des sog. aktiven Bedienelements, das ursprünglich übrigens im Institut für Anthropotechnik für die Steuerung der Dynamik von U-Booten vorgeschlagen worden war, generell eine Lösung für die intuitive Handhabung von dynamischen Systemen darstellen kann, weil man dadurch quasi die Dynamik der Maschine in der Hand hat. Am Lehrstuhl wurde diese Idee in verschiedenen Arbeiten weiterverfolgt und führte unter anderem zur Konstruktion der sog. „Spinne“, mit welcher ein Roboter sechsdimensional mit Force-Feedback gesteuert werden konnte (Gillet, 1999; Abbildung 11 links). Die damit verbundenen grundlegenden Arbeiten waren der Anlass, dass sich der Lehrstuhl auch weiterhin mit der Interaktion Mensch-Roboter befasste, wobei heute unter dem Aspekt zunehmende Automatisierung speziell die Kooperation zwischen diesen beiden im Fokus des Interesses steht.



Abb. 11: Aktives Bedienelement: Links: „Spinne“ zur Steuerung von Robotern - Rechts: Sticklenkung eines Fahrzeugs (Eckstein, 2000; Daimler AG)

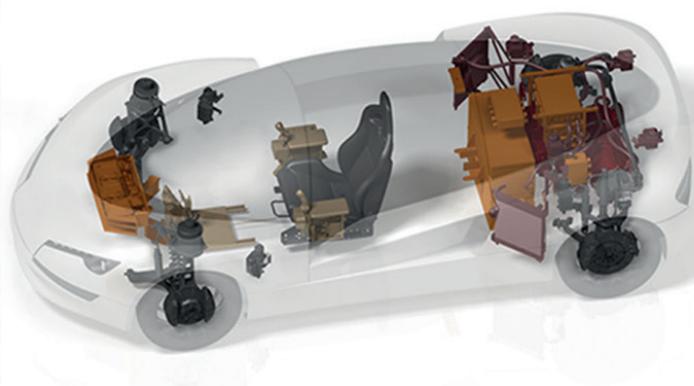


Abb. 12: Links: Sticklenkung einen LKWs (Daimler AG) - Rechts: Forschungsfahrzeug Speedy des Lehrstuhls für Fahrzeugtechnik der RWTH Aachen

Natürlich lag es nahe, mit dem aktiven Bedienelement auch die Dynamik von Fahrzeugen besser in die Hand des Fahrzeugführers zu legen. Zu dieser Frage wurden verschiedene Simulatoruntersuchungen durchgeführt, deren Ergebnisse schließlich dazu führten, dass von der Forschungsabteilung der Daimler AG im Rahmen einer Dissertation Versuchsfahrzeuge mit einer solchen Steuerung aufgebaut wurden und evaluiert wurden (Eckstein, 2000; Abbildung 11 rechts). Die Idee der Sticksteuerung mittels aktivem Bedienelement wurde von verschiedenen Fahrzeugfirmen für Forschungsfahrzeuge aufgegriffen und von Daimler auch für die Interaktion zwischen Fahrer und Lkw verifiziert (Abbildung 12 links). Professor Dr. Eckstein hat am Institut für Fahrzeugtechnik der RWTH Aachen ein elektrisch getriebenes Versuchsfahrzeug aufgebaut, in dem diese Sticksteuerung erneut realisiert ist (Abbildung 12 rechts).



Während sich das aktive Bedienelement zur Steuerung vor allem von dynamischen Systemen eignet, deren Reaktionsbereich zwischen 100 ms und 500 ms liegt, wurde zur damaligen Zeit für träge Systeme (z.B. Schiffe) – ebenfalls von dem Institut in Meckenheim – die sog. Voranzeige vorgeschlagen, bei der aus den augenblicklichen Bewegungsparametern der Kurs berechnet wird, den das Schiff in den nächsten Minuten einnehmen wird. Dies war für Professor Schmidtke der Anlass, mich als damals jungen Mitarbeiter für die Entwicklung einer „Bremswegvoranzeige“ für das Kraftfahrzeug zu gewinnen. Das Ergebnis war, dass der ebenfalls aus augenblicklichen Bewegungsparametern (Geschwindigkeit und Reibbeiwert, dessen Messung ich mir übrigens damals zur Hauptaufgabe gemacht habe) berechnete Bremsweg unter dem Aspekt eines ergonomisch optimierten Informationsflusses von der Aufgabe zum Ergebnis am besten in Form eines sog. kontaktanalogen Head-Up-Displays (kHUD) dargestellt



wird. Im Rahmen eines DFG-Forschungsprogramms wurde ein solches kHUD in dem uns verfügbaren Versuchsfahrzeug BMW 2000 aufgebaut (Abbildung 13, links). Die mit diesem Fahrzeug durchgeführten Versuche legten nahe, dass eine Akzeptanz seitens der Fahrer nur zu erwarten ist, wenn lediglich der Sicherheitsabstand, also die Strecke, die das Fahrzeug innerhalb von 1,5 Sekunden zurückgelegt, angezeigt wird (Assmann, 1984). Die Idee wurde dann im Rahmen von verschiedenen INI.TUM-Projekten von AUDI aufgenommen und in Form von Prototypen realisiert (u.a. Schneid, 2008; Abbildung 13 rechts). Gerade in Verbindung mit der immer mehr Bedeutung gewinnenden Augmented Reality (AR) wird an dieser Idee an vielen Stellen (z.B. Continental AR) in unterschiedlicher Form weiter entwickelt.

Die geschilderten Aktivitäten geschahen alle vor einem theoretischen Hintergrund, der damals aber



Abb.13: Links: kontaktanaloge Anzeige des Sicherheitsabstandes (Bubb, 1980) - Rechts: kontaktanaloge Anzeige der „Fahrschlauchs“, d.h. die Distanz des Abstandstriches wird durch die Geschwindigkeit, seine Querlage von der Lenkradstellung und der Geschwindigkeit bestimmt (Schneid, 2008; AUDI AG)

erst geschaffen werden musste. Der grundsätzliche Gedanke dabei war, dass eine optimale Interaktion zwischen Mensch und Maschine nicht primär durch die Empfehlung von bestimmten Anzeigen bzw. Bedienelementen erreicht werden kann, sondern nur auf der Grundlage des Zusammenwirkens der Systemelemente Mensch und Maschine als Ganzem, d.h. indem man primär den Informationsfluss zwischen Aufgabe, Mensch, Maschine und Ergebnis betrachtet. Mit dieser Auffassung wurde dem damals in der Literatur herumgeisterndem Begriff „Systemergonomie“ eine konkrete Basis gegeben, die nun auf der Grundlage von Literaturergebnissen und den vielen eigenen Erfahrungen, die in der Zwischenzeit gesammelt worden sind, zu konkreten Aussagen verdichtet wurden (Bubb, 1977).

Mitte der 70er Jahre kamen die ersten Zweifel auf, ob die Kernkrafttechnik ethisch vertretbar sei. Nicht nur deshalb wurde seitens des VDI damals das Handbuch für technische Sicherheit geschaffen. Aufgrund der oben genannten Aktivitäten zur Systemergonomie wurde ich gemeinsam mit G. Reichart, der damals in der Gesellschaft für Reaktorsicherheit (GRS) tätig war, aufgefordert, dafür einen Beitrag zur menschlichen Zuverlässigkeit zu schreiben (Bubb & Reichart, 1983). Dadurch war die Aufmerksamkeit auf dieses spannende Gebiet gelenkt und die „Menschliche Zuverlässigkeit“ wurde zu einem weiteren Forschungsgebiet des Lehrstuhls. Im Gegensatz zu der in der Technik üblichen und normalerweise natürlich auch zum Erfolg führenden „deterministischen Denkweise“, die eine konkrete Vorhersage erlaubt, was geschieht, wenn eine bestimmte Eingangsinformation auf ein Systemelement wirkt, ist für die Betrachtung der Systemzuverlässigkeit die „probabilistische Denkweise“ Grundlage. Es ist hier von einer gewissen Ausfallwahrscheinlichkeit des jeweiligen Systemelements auszugehen, die natürlich experimentell erfasst werden muss (ein eigenes Forschungsgebiet!) und in der Einbindung solcher Systemelemente zu einem komplexen Ganzem zu berechnen, welche Auswirkungen dies auf den gewünschten Systemausgang/Ergebnis hat. Es ist eklatisch, dass das „Systemelement Mensch“ nicht mit Sicherheit im Sinne der deterministischen Denkweise auf eine Eingangsinformation/Aufgabe reagiert,

sondern dass mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit (mindestens  $10^{-3}$ ) davon ausgegangen werden muss, dass die Reaktion entweder ausfällt oder nicht adäquat ist. Eine Betrachtung aller Katastrophenfälle der letzten Jahrzehnte und insbesondere die vielen Unfälle in allen Bereichen des Verkehrswesens weisen auf den dominanten Einfluss des Menschen auf einen unerwünschten Verlauf hin. Wegen der enormen Fortschritte auf dem Gebiet der technischen Informationsverarbeitung wird deshalb immer wieder die Forderung erhoben, durch eine Automatisierung der Abläufe den unerwünschten Einfluss des Menschen zu eliminieren.

Es ist hier nicht der Rahmen, auf dieses komplexe Gebiet auch nur schlaglichtartig korrekt einzugehen. Zum mindest die Ansicht aber, dass die Verkehrssicherheit durch autonome Fahrzeuge signifikant verbessert werden könne, ist aus meiner Sicht mit einer gewissen Skepsis zu belegen. Auch bei einem System, das alle Möglichkeiten des sog. „deep learning“ nutzt, kann nicht ausgeschlossen werden, dass nicht doch einmal eine Konfiguration auftritt, in der das technische System fehlerhaft reagiert. Das jüngste Beispiel des verunfallten Über-Fahrzeugs mag dafür ein Indikator sein. Es ist aus meiner Sicht schade, dass sich die Automobilindustrie heute weltweit nur auf die Idee des automatisierten/autonomen Fahrens fokussiert. Bereits bei dem TUMMIC-Projekt ist das sichtbar geworden. Das Projekt wurde unter Führung des LfE zusammen mit den Lehrstühlen für Mensch-Maschine-Interaktion (Prof. Rigoll), Fahrzeugtechnik (Prof. Heißing), Phonetik (Prof. Tillman), Informatik (Prof. Broy), Psychologie (Prof. Zimmer) und der Professur für Informatik (Prof. Klinker) durchgeführt. Die Idee war u.a., die Information des ACC (Abstandstempomat) zu nutzen, um über das aktive Gaspedal eine erhöhte Rückstellkraft zu induzieren, wenn die geforderte Geschwindigkeit überschritten werden möchte bzw. der Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug zu eng gewählt werden würde. Durch einen erhöhten Druck hätte der Fahrer jedoch jederzeit die technisch festgelegte Grenze überschreiten können. Der Vorteil dieser Anordnung wäre gewesen, dass der Fahrer sich wie im Fall ohne Unterstützung verhalten kann, ihm aber die Grenzen zur Sicherheit situationsspezifisch bewusst gemacht worden wä-

ren. Zusätzlich hätte der Fahrer jederzeit auf die heute übliche Automatikfunktion des ACC umschalten können. Leider wurde das damals fertig entwickelte System vom Marketing nicht akzeptiert, weil die damit verbundene „Bevormundung“ einem BMW-Fahrer nicht zuzumuten wäre. Immerhin habe ich bei diesem Projekt meinen späteren Nachfolger Dr. Bengler kennen gelernt, der dieses Projekt seitens BMW zu einem unbestreitbaren Erfolg führte, bis eben – wie gesagt – das Marketing eingriff.

Im Zusammenhang mit der heute so heftig diskutierten Einführung des autonomen Fahrens ist der im Rahmen des TUMMIC-Projektes entwickelte Gedanke meines Erachtens immer noch virulent, denn ein probates Mittel, die Fehlerwahrscheinlichkeit eines Systems signifikant zu reduzieren, ist die Redundanz, d.h. dass das System von zwei unabhängig arbeitenden parallelgeschalteten Reglern kontrolliert wird. Die beiden Systeme müssen dabei allerdings nach unterschiedlichen Prinzipien arbeiten, da sonst die Gefahr auftritt, dass eine bestimmte kritische Eingangsinformation zum gleichen Fehler bei beiden Systemen führt. Die geforderte Parallelschaltung unterschiedlich arbeitender Systeme ist gegeben, wenn Fahrer und technischer Regler jederzeit simultan die Situation erfassen und darauf reagieren. Dies lässt sich in der Form realisieren, dass durch das technische System – wie oben für das ACC-System dargestellt – ein Rahmen geschaffen wird, innerhalb dessen sich der Fahrer so verhalten kann, wie er es gewohnt ist. Das Erreichen der Grenzen des technisch gesetzten Rahmens muss ihm haptisch vermittelt werden (beispielsweise durch ein richtungskompatibles vibrierendes Rückstellmoment am Lenkrad und am Gaspedal). Es ist offensichtlich, dass eine solche Informationsübertragung über zweidimensionale Bedienelemente, wie die oben erwähnte Sticksteuerung einfacher vermittelt werden kann. Aus ergonomischer Sicht wäre es sinnvoll, die Annäherung an die Grenzen in adäquater Weise im kontaktanalogen Head-Up-Display anzugeben, so dass der Fahrer jederzeit versteht, warum er eine entsprechende haptische Rückmeldung erhält. Der Vorteil einer solchen Auslegung wäre, dass es praktisch drei Systemzuständen gibt:

- Normalerweise unterstütztes Fahren, wie dargestellt; aus Gründen der Gewährleistung einer erhöhten Sicherheit sollte dieses System ähnlich wie ABS und ESP durch den Fahrer nicht abschaltbar sein.
- Wenn die entsprechenden Bedingungen gegeben sind (z.B. freigegebene Strecke), kann auf automatisiertes Fahren umgeschaltet werden; unter solchen Bedingungen läge im Falle eines Unfalls meines Erachtens allerdings die Verantwortung beim Fahrzeughersteller;
- Wenn die Bedingungen das unterstützte nicht Fahren erlauben (z.B. technisch nicht hinreichend detektierbarer Fahrbahnrand), so wird dennoch das gewünschte korrekte Verhalten über die kHUD-Information situationsadäquat vermittelt.

Der Lehrstuhl befasst sich heute mit der Problematik der Automatisierung breit angelegt auf den unterschiedlichsten Gebieten, wie automatisiertes Fahren, autonom arbeitenden Robotern auch unter Berücksichtigung der menschlichen Zuverlässigkeit und entwirft auf der Grundlage der experimentellen Erfahrungen für diese Bereiche Regeln und Grenzen ganz im Sinne der ursprünglichen Vorstellungen des ergonomischen Datenbanksystems von Schmidtke. Es wäre wünschenswert, auch kognitive Modelle in anthropometrische Modelle zu integrieren, denn in der Realität ist der Mensch nicht nur Geist, sondern auch Körper. Immer wieder wurden in diesem Zusammenhang Versuche unternommen, die kognitiven Aspekte menschlichen Verhaltens in Menschmodelle zu integrieren, um so auf breiter Basis – in ähnlicher Weise wie es für den Bereich anthropometrischer Arbeitsplatzgestaltung geschehen ist – bereits in einer frühen Entwicklungsphase eines Systems durch Experimente am Rechner bzw. CAD mit dem virtuellen Menschen optimierte Voraussetzungen für die Interaktion von Mensch und Maschine zu schaffen.

In den 50 Jahren, die ich nun aus eigenem Erleben überblicken kann, hat die Ergonomie nicht nur in der technischen Welt einen festen Platz errungen, sondern es zeigte sich auch ein langsamer Wandel von der ursprünglichen Forschung für den Produktionsbereich (insbesondere schwere körperliche Arbeit unter ungünstigen Umweltbedingungen in der Landwirtschaft, dem Bergbau, der Schwerindustrie sowie taktgebundene Fließbandarbeit im Produktionsbereich) hin zur ergonomischen Gestaltung von Produkten. Zwischen der Anwendung von Ergonomie in der Gestaltung des Arbeitsplatzes in der Produktion und in der Produktgestaltung, ist zwar aus wissenschaftlicher Sicht kein großer Unterschied zu machen, denn des einen Produkt ist des anderen Arbeitsmittel, aber Produktgestaltung und Produktion werden in der Industrie unterschiedlich organisiert und darauf ist auch seitens der Forschung Rücksicht zu nehmen. Unter dem Aspekt technischer Informationsverarbeitung hat die Ergonomie neu an Bedeutung gewonnen hat. Gerade daraus ergeben sich für die Zukunft herausfordernde Forschungsaufgaben: Wie soll ein menschengerechter Umgang mit „intelligenten“ Maschinen bzw. Werkzeugen aussehen? Wird durch die weiterreichende technische Informationsverarbeitung die Zuverlässigkeit und damit die Sicherheit von Anlagen und Systemen wirklich effektiv erhöht und wie ist der Mensch dabei einzubinden, der dann nur in einer extremen Notsituationen helfend eingreifen soll? Wenn durch immer intelligenter und effizienter Roboter weitgehend körperlich belastende Arbeit substituiert wird, bleiben dann womöglich noch „Restberufe“, bei denen eine solche Substitution nicht möglich ist und welche Hilfen sind für das dort eingesetzte Personal aus ergonomischer Sicht denkbar? Häufig wird argumentiert, dass durch den Einsatz intelligenter Technik Routinearbeit vollkommen ersetzt wird und dem Menschen nur noch kreative Tätigkeiten überlassen bleiben, die seiner eigentlichen Bestimmung entgegenkämen. Doch ist das wirklich so? Würde dieser Zwang zur „Dauerkreativität“ nicht eine neue Art der Belastung darstellen? Gerade unter dem Aspekt des zunehmenden Energieverbrauchs und der damit einhergehenden Klimaveränderung ist aus ergonomischer Sicht die Erforschung des Wesens menschlicher Bedürfnisse notwendig, um herauszufinden,

wie diese Bedürfnisse mit einem möglichst geringen Energieeinsatz befriedigt werden können. Bei all der sich abzeichnenden technischen Entwicklung wird von den Einen die Zukunft einer Welt ohne Arbeit befürchtet, während Andere gerade darin einen erstrebenswerten Zustand sehen, da nun technische Sklaven unangenehme und belastende Arbeit erledigen. Doch ist diese Prognose wirklich realistisch? Auch darauf wird seitens der Ergonomie bzw. Arbeitswissenschaft eine Antwort erwartet.

In jüngster Zeit ist es augenfällig, wie in vielen technischen Disziplinen bei Vorträgen und Veröffentlichungen die Notwendigkeit argumentiert wird, den Menschen mit seinen Eigenschaften und Fähigkeiten in der Entwicklung zu berücksichtigen und mit einzubinden. Diese Notwendigkeit ergibt sich allein schon aus der Tatsache, dass man heute in vielen technischen Bereichen weitgehend unbeschränkt machen kann „was man will“. Daraus ergibt sich naturgemäß die Frage, „was man machen soll“. Der Ergonom/Arbeitswissenschaftler hat sich in seinem Selbstverständnis immer als multidisziplinär verstanden, der in der Lage sein soll, medizinisches, psychologisches, pädagogisches, technisches und ökologisches Wissen zu integrieren und daraus am Menschen ausgerichtete Vorschläge zu entwickeln. Um diese multidisziplinäre Integration wirkmächtig zu erreichen, wird es wie in der Vergangenheit auch zukünftig wichtig sein, die in wissenschaftlicher Genauigkeit gewonnenen Informationen und Kenntnisse so aufzubereiten, dass sie in der Praxis Anwendung finden können. Die darin begründete Interdisziplinarität nimmt die seitens der Universitätsleitung forcierten, zukunftsorientierten Forschungsleitlinien auf. Die Ergonomie ist damit in der TUM zu einer essenziellen Disziplin geworden.

Ich bin mir sicher, dass die spannende Aufgaben, die sich aus alledem ergeben, von meinem Nachfolger Prof. Dr. Klaus Bengler, der den Lehrstuhl nun schon über 10 Jahre mit großem Erfolg und Resonanz leitet, auch in der Zukunft erfolgreich weiter getragen werden.

## Literatur

- Assmann, E. (1985): Untersuchung über den Einfluss einer Bremsweganzeige auf das Fahrerverhalten. Diss.
- Balzulat, J. (2000): Ein holistischer Versuchsansatz zum Sitzverhalten. Diss.
- Bauernfeind, v. K. M. (1868): Rektoratsrede zur Inauguration der Kgl.-Bayerischen Polytechnischen Schule in München
- Behr, E. (1971): Beitrag zur Untersuchung der mentalen Leistungsfähigkeit bei definierter physischer Beanspruchung. Diss.
- Blattner, A. (2014): Bedienkonzeptentwicklung für Fahrerinformationssysteme basierend auf einem Touchpad mit haptischer Rückmeldung.
- Böttge, H. (1972): Beitrag zur Theorie und Praxis der Analyse des spontanen Elektroenzephalogramms. Diss.
- Brödler, H. (1990): Untersuchung der Ausdauer bei konzentrisch- und exzentrisch-dynamischer Muskelarbeit. Diss.
- Bubb, H. (1977): Ergonomie des Mensch-Maschine-Systems; Habilitationsschrift bzw. Kap 5 in Schmidtke (Hrsg.), Carl Hanser Verlag München, 1993.
- Bubb, H. (1981): The Influence of Braking Distance Indication on Driver's Behaviour. Human Factors in Transport Research, Ed.: D.J. Oborne and J. A. Levis. Academic Press London and New York, Vol. II, 388 - 346.
- Bubb, H., Reichart, G. (1983): Systemergonomische Betrachtung sicherheitsrelevanter Zusammenhänge von Mensch-Maschine-Systemen. Fortschritts-Bericht, VDI-Z, Reihe 17, Nr. 17; VDI-Verlag, Düsseldorf.
- Bubb, P (1978): Untersuchung über den Einfluß stochastischer Rollschwingungen auf die Steuerleistung des Menschen bei Regelstrecken unterschiedlichen Ordnungsgrades. Diss.
- Geuß, H. (1994): Entwicklung eines anthropometrischen Meßverfahrens für das CAD-Menschmodell RAMSIS. Diss.
- Gillet, G. (1999): Ergonomische Optimierung eines Aktiven Stellteils. Diss.
- Hartung, J. (2006): Objektivierung des statischen Sitzkomforts auf Fahrzeugsitzen durch die Kontaktkräfte zwischen Mensch und Sitz. Diss.
- Hecker, R. (1978): Varianz und zeitliches Verhalten des menschlichen Wach-EEG in Zuständen unterschiedlicher physischer Beanspruchung. Diss.
- Helander, M. G.; Zhang, L. (1997): Field studies of comfort and discomfort in sitting. Ergonomics. Vol. 40. No. 9.
- Holoch, J. (1972): Wachsamkeitsprognose mittels Computeranalyse des spontanen Elektroenzephalogramms. Diss.
- Knoll, C. M. (2006): Einfluss des visuellen Urteils auf den physisch erlebten Komfort am Beispiel von Sitzen. Diss.
- Krist, R. (1994): Modellierung des Sitzkomforts – Eine experimentelle Studie. Diss.
- Lorenz, S. 2011): Assistenzsystem zur Optimierung des Sitzkomforts im Fahrzeug. Diss.
- Mergl, C. (2006): Entwicklung eines Verfahrens zur Optimierung des Sitzkomforts auf Automobilsitzen. Diss.
- Moroff, C. (1991): Körperkräfte des Menschen – Beanspruchung bei konzentrischer und exzentrischer dynamischer Ganzkörperarbeit. Diss.
- Murrell, K. F. H. (1971): Ergonomie. Grundlagen und Praxis der Gestaltung optimaler Arbeitsverhältnisse. Düsseldorf, Wien.
- Pretzsch, A. (1969): Ein digitales Simulationssystem zur ergonomischen Untersuchung von Radarbeobachtungsproblemen.
- Riedl, M. (2012): Potential eines virtuellen Fahrerplatzmodells in der Fahrzeugkonzeptentwicklung. Diss.
- Rühmann H., Schmidtke H. (1991): Körperkräfte des Menschen. Dokumentation Arbeitswissenschaft. Band 31.
- Rühmann, H. (1978): Untersuchung über den Einfluss der mechanischen Eigenschaften von Bedienelementen auf die Steuerleistung des Menschen bei stochastischen Schwingungen. Diss.
- Schmidtke, H. (1993): Ergonomie, 3. Auflage, Carl Hanser Verlag München, Wien.
- Schmidtke, H. (1976): „Ergonomische Bewertung von Arbeitssystemen (EBA)“, Hanser Verlag.
- Schmidtke, H. & Jastrzebska-Fraczek, I. (2013): Ergonomiedaten zur Systemgestaltung und Begriffsbestimmungen. Hanser Verlag, München.
- Schmidtke, H. (Hrsg.) (2010): Handbuch der Ergonomie Band 1-5. Carl Hanser Verlag, München Wien.
- Schmucker, P. (1969): Ergonomische Untersuchung über den Einfluss verschiedener Parameter auf die Ortungsleistung des Radarbeobachters bei Aufgaben des Fluglotsen, Diss.
- Schneid, M. (2009): Entwicklung und Erprobung eines kontaktanalogen Head-Up-Displays im Fahrzeug. Diss.
- Seidl, A. (1993): Das Menschmodell RAMSIS – Analyse, Synthese und Simulation dreidimensionaler Körperhaltungen des Menschen. Diss.

- Spies, R. (2012): Entwicklung und Evaluierung eines Touchpadbedienkonzepts mit adaptiv haptisch veränderlicher Oberfläche zur Menüsteuerung im Fahrzeug. Diss.
- Tustin, A. (1944): An Investigation on the Operator's Response in Manual Control of a Powerdriven Gun. Metropolitan-Vickers Electrical Co. Lfd., C.S. Memorandum No. 169, Sheffield, England.
- Voß, T. (2008): Untersuchungen zur Beurteilungs- und Entscheidungssicherheit in virtuellen Umgebungen. Diss.
- Wegener, H. (1978): Validität spektraler EEG-Parameter als Indikatoren zur Unterscheidung von Bewußtseinszuständen. Diss.
- Zenk, R. (2008): Objektivierung des Sitzkomforts und seine automatische Anpassung. Diss.

# Der Gesichtssinn – Funktion, Ausfallerscheinungen und aktuelle Forschung am Lehrstuhl für Ergonomie

Christian Lehsing



Abb.1: Darstellung eines zentralen Skotoms (rechts) im Vergleich zur Wahrnehmung derselben Situation ohne Sehschädigungen (links) (Quelle: Hinterstösser, Hofer, Loch, Song, TUM)

Der Mensch als Augentier erfasst seine Umwelt zu 80 Prozent über seinen Gesichtssinn (Hans, 2014). Licht aus der Umgebung wird über den dioptischen Apparat (Abbildung 2) und die Netzhaut erfasst und in elektrische, für die entsprechenden Hirnregionen interpretierbare, Signale umgewandelt. Im visuellen Kortex und spezielle Großhirnarealen werden Formen, Farben, Bewegungen und Tiefenunterschiede analysiert und aus 2D-Abbildungen können so dreidimensionale Abbildungen der Umwelt entstehen. Zudem kann durch die Beweglichkeit der Augen die Aufmerksamkeit des



© Michaela Heelemann

Abb. 3: Iris und Pupille des Autors. Mittels des Pupillenreflexes (0,5-1s) wird ein erster schneller Schutz gegen Blendung erreicht. Dies wird binokular ebenso wirksam, sollte ein Auge abgedeckt sein (gekreuzte Innervation).

Betrachters gezielt auf interessierende Umweltstimuli gelenkt werden (Eysel, 2000). Schädigungen dieses Sinnes bringen in den meisten Fällen tiefgreifende Einschnitte in die Lebensqualität des Betroffenen mit sich, da viele Handlungen des alltäglichen Lebens auf der Aufnahme und Verarbeitung visueller Reize beruhen (z.B. Abbildung 1). Ein Verständnis der Schädigungen und ihrer Auswirkungen unterstützt damit die Forschungsvorhaben, welche es sich zum Ziel gesetzt haben die Lebensqualität sehbeeinträchtigter Menschen, zumindest in Teilbereichen ihres Lebens, zu erhöhen.

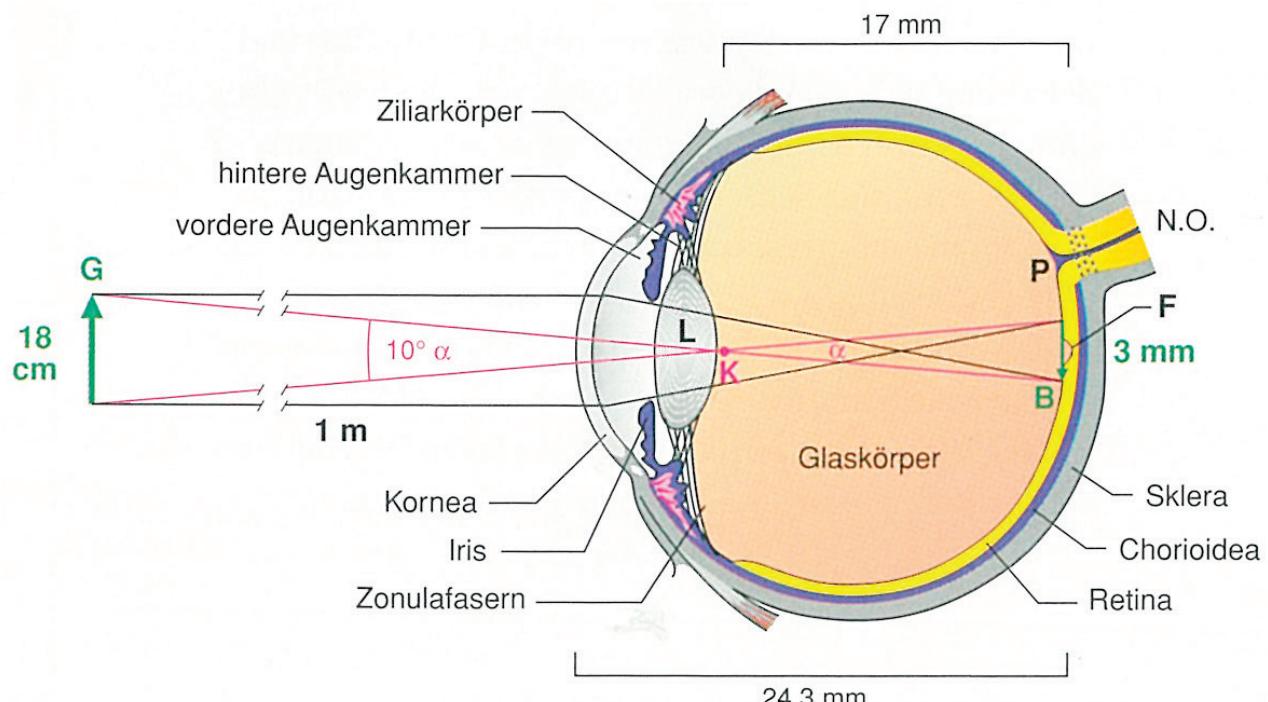


Abb. 2: Vereinfachte Darstellung zum Aufbau des menschlichen Auges (Schnittebene horizontal durch Fovea F, Papille P und Nervus Opticus N.O.) mit G Gegenstand, B Bild, L Linse und K Knotenpunkt (aus Eysel, 2000)

<sup>1</sup> Diese Annahme ist jedoch sehr simplifiziert, einige Autoren sehen die Unterschiede zwischen einer Kamera und dem menschlichen Auge als zu signifikant, um hier den Vergleich ziehen zu können. An dieser Stelle soll er aber genügen und dem Verständnis dienen. Weiterführende Informationen sind (Abrams, 1996) zu entnehmen.

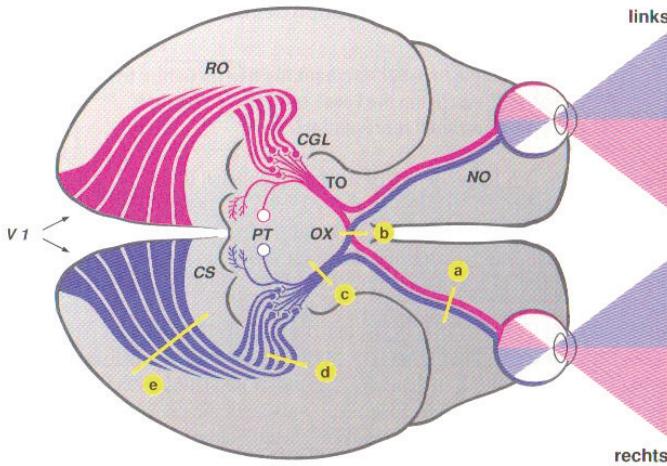


Abb. 4: Vereinfachte Darstellung der zentralen Sehbahn. Violett: Projektion des linken Gesichtsfeldes in die rechte Hemisphäre, Rot: Projektion des rechten Gesichtsfeldes in die linke Hemisphäre (mögliche Läsionsorte a-e) (aus Eysel, 2000)

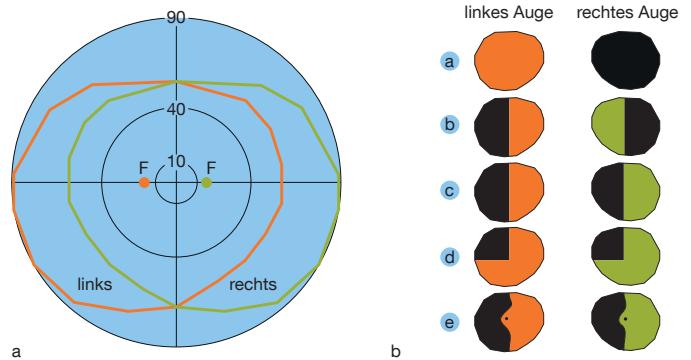


Abb. 5: Perimetrie (a) und Gesichtsfeldausfälle (b). F blinder Fleck.  
a Gesichtsfeld des linken und rechten Auges (Summe = binokulares Gesichtsfeld). b unterschiedliche Gesichtsfeldausfälle: a rechtes Auge vollständig erblindet, b heteronyme Hemianopsie, c homonyme Hemianopsie, d homonyme Quadrantenopsie, e teilweise homonyme Hemianopsie mit zentralem Skotom (aus Eysel, 2000)

## Das visuelle System – Aufbau und Funktionsweise

Das menschliche Sinnesorgan für die Aufnahme von visuellen Reizen ist das Auge. Es gleicht in den Grundzügen einer einfachen Kamera<sup>1</sup> mit Blende (siehe Abbildung 3), Linse und lichtempfindlichem Medium (Film) (Olson, 1996). Lediglich ein Verschluss ist nicht vorhanden. Der Weg des Lichts ist in Abbildung 2 zu sehen. Ausgehend vom Objekt G fallen die Lichtstrahlen auf die Kornea, durchqueren das Kammerwasser, werden in der Linse L gebrochen, durchwandern den Glaskörper und treffen letztendlich auf die Netzhaut. Dort entsteht das Bild B. Ist das Objekt interessant genug, wird die visuelle Aufmerksamkeit darauf verschoben und es wird in der Fovea F abgebildet, dem Ort auf der Netzhaut, an dem Objekte am schärfsten wahrgenommen werden können.

Über verschiedene Zellschichten (z.B. Ganglienzellen, Stäbchen, Zapfen, Pigmentepithel) wird das auf die Netzhaut einfallende Licht in elektrische Signale (postsynaptische Potentiale, Aktionspotenzialfrequenzen) umgewandelt und über den Sehnerv Nervus Opticus (N.O.) an das Gehirn weitergeleitet (Abbildung 2). Bemerkenswert ist hierbei die Tat-

sache, dass benachbarte Netzhautregionen ebenso in den Hirnarealen nebeneinander repräsentiert werden (retinope Abbildung). Überproportional wird hierbei die Zone um die Fovea dargestellt, da hier die Dichte der Ganglienzellen am höchsten ist. An der Sehnervenkreuzung (Chiasma opticum, OX) laufen die nasalen Fasern des N.O. in die jeweils andere Hirnhälfte. So ist die linke Gesichtshälfte in der rechten und die rechte Gesichtshälfte in der linken Hirnhemisphäre repräsentiert. Der innere Bereich des Gesichtsfeldes ist aber in beiden Hirnhälften vertreten. Über den Tractus Opticus (TO), weiter zum Corpus geniculatum laterale (CGL), der Radiatio optica (RO) bis hin zur primären Sehrinde (Hirnareal V1) gelangen die elektrischen Signale, welche vom Objekt G „initiiert“ wurden.

## Beeinträchtigungen des Sehapparates

Die visuelle Informationsaufnahme, -weiterleitung und -verarbeitung erfolgt schrittweise und über verschiedene physiologische Strukturen. Eine Beschädigung einer oder mehrerer dieser Stationen (Abbildung 4) durch z.B. einen Unfall oder Infarkt hat einen typischen Gesichtsfeldausfall (Abbildung 4 a-e) zur Folge. Diese Ausfälle werden auch



Abb. 6: Auswirkungen der Linsentrübung (Katarakt) auf die Wahrnehmung von verkehrsrelevanten Informationen (linke Seite normale Sicht, rechte Seite mit eingetrübter Linse) (Quelle: Hinterstösser, Hofer, Loch, Song, TUM)

Skotome (altgriechisch: Dunkelheit) genannt. Der Fall c (Abbildung 5) zeigt hier beispielhaft die Struktur einer homonymen Hemianopsie (Ausfall des linken Gesichtsfeldes), Fall d eine Quadranopsie (Betroffener sieht im linken oberen Quadranten nichts).

Weitere Beeinträchtigungen der Sicht können durch eine Trübung der Linse (Katarakt), einem Glaukom (Schädigung des Nervus Opticus durch erhöhten Augeninnendruck) oder altersbedingten Netzhautschäden (Makulardegeneration) hervorgerufen werden.

Abbildung 6 zeigt beispielhaft die Auswirkungen einer Katarakt auf die Wahrnehmung eines externen Human-Machine-Interfaces an einem automatisierten Fahrzeug aus der Perspektive eines Fußgängers (vgl. (vgl. Song, Lehsing, Fuest & Bengler, 2018). Für eine gute Abstimmung ist es nämlich nicht nur entscheidend, was der Fahrer im Stande ist aufzunehmen und zu verarbeiten, sondern auch sein gegenüber. Mit dem bevorstehenden Einzug teil- oder vollautomatisierter Systeme im Straßenverkehr gewinnt dieser Aspekt zunehmend an Bedeutung. Liegt während manuellen Fahrens die Verantwortung bei den Fahrzeugführern, so ändert sich dieses Zusammenspiel ersetzt man einen menschlichen Verkehrsteilnehmer durch ein automatisiertes System, dessen Absichten durch den umgebenden Verkehr erfasst werden müssen.

### Zusammenarbeit Schepens Eye Research Institute und Lehrstuhl für Ergonomie

In der letzten Ausgabe der Ergonomie Aktuell (Lehsing & Feldstein, 2017) wurde bereits über die Zusammenarbeit des Lehrstuhls für Ergonomie mit dem in Boston ansässigen Bowers' Lab (bowerslab. eye.hms.harvard.edu) des Schepens Eye Research Institute berichtet. 2017 wurde hier ein Fahrsimulator aufgebaut und eine erste Studie zu den Auswirkungen reduzierter Sehschärfe und Kontrastsensitivität auf die Fahrer-Fußgängerinteraktion durchgeführt.

2018 erfolgt im Rahmen des TUM Global Incentive Fund die zweite empirische Phase. In dieser wird das Fahrerverhalten unter dem Einfluss von Hemianopsie (siehe Abbildung 5) untersucht. Zusätzlich wird in Anlehnung an Petermeijer, Cieler & de Winter (2017) ein Assistenzsystem für Fahrer mit dieser Art von Sicht einschränkung getestet.

Über taktiles Feedback werden die Fahrer in Fußgängerquerungssituationen informiert, dass ihr Fahrerverhalten nicht angemessen erscheint. Die Probanden sitzen dabei auf einer Sitzmatte, in die mehrere



Abb. 7: Exemplarische Darstellung zur Anordnung der vibrotaktile Elemente in der Sitzmatte (links: Aktivierung bei Gefahr von linkem Bordstein, rechts: Aktivierung bei Gefahr von rechtem Bordstein) (aus Petermeijer et al., 2017)

kleine vibrotaktile Elemente eingebaut sind. Dem Probanden soll so über die Seite (linker oder rechter Oberschenkel) sowie über den Ort des taktilen Reizes an der Unterseite des Oberschenkels angezeigt werden, wo sich die potenzielle Gefahr befindet und wie kritisch die Situation ist (Abbildung 7).

Mit dieser Studie soll untersucht werden, ob sich das Fahrverhalten hemianoptischer Fahrer dahingehend verbessern lässt, die verkehrsrelevanten Objekte in der defekten Hemisphäre schneller und besser zu detektieren und adäquater zu handeln. Zudem wird die Kooperation zum amerikanischen Forschungsinstitut weiter gefestigt und ausgebaut.

## Literatur

- Hans, D. (2014). Persönliches Auftreten und Rhetorik: Dein praktischer Leitfaden zum persönlichen Erfolg (4th ed.): Books on Demand.
- Eysel, U. (2000). Sehen. In R. F. Schmidt & H.-G. Schaible (Eds.), Neuro- und Sinnesphysiologie (4th ed., pp. 273–316). Berlin, Heidelberg, New York: Springer.
- Olson, P. L. (1996). Forensic Aspects of Driver Perception and Response. Tucson, AZ: Lawyers & Judges Publishing Company, Inc.
- Song, Y. E., Lehsing, C., Fuest, T., & Bengler, K. (2018, January). External HMs and Their Effect on the Interaction Between Pedestrians and Automated Vehicles. In International Conference on Intelligent Human Systems Integration (pp. 13-18). Springer, Cham.
- Lehsing, C., & Feldstein, I. T. (2017). Das Projekt OS:IRIS - Eine Forschungskooperation mit der Harvard Medical School. Ergonomie Aktuell, (18)
- Petermeijer, S. M., Cieler, S., & de Winter, J. C. F. (2017). Comparing spatially static and dynamic vibrotactile take-over requests in the driver seat. Accident Analysis & Prevention, 99, 218-227.
- Abrams, B. S. (1996). The Eye is Not a Camera, the Camera is Not an Eye. In M. J. Allen, B. S. Abrams, A. P. Ginsburg, & L. Weintraub (Eds.), Forensic Aspects of Vision and Highway Safety (pp. 327–334). Tucson, AZ: Lawyers & Judges Publishing Company, Inc.

# Bildung für ein Arbeiten in Industrie 4.0

Alexander Eichler, Caroline Adam

## Fit für die Zukunft – kompetenzorientierter Unterricht!

Alexander Eichler

Digitalisierung verändert unsere Gesellschaft in immer kleiner werdenden Zeitfenstern. Sie ist somit zu einem wichtigen Thema in Politik, Wissenschaft und Wirtschaft der Bundesrepublik Deutschland geworden. Es gilt zu verhindern, den internationalen Anschluss zu verlieren, schließlich geht es ja um mehr als nur Prestige. Es geht um eine Zukunft in einer digitalisierten Welt, in der sich Berufsbilder, und damit die Anforderungen an ArbeitnehmerInnen, verändern.

Damit die nachfolgenden Generationen fit sind für ihre berufliche Zukunft, müssen sie in den unterschiedlichsten Bereichen Kompetenzen aufbauen. F. E. Weinert hat bereits 1999 in einem Gutachten für die OECD verschiedene Definitionsmöglichkeiten aufgezeigt und 2001 die heute in Deutschland meistzitierte Variante formuliert. Danach sind Kompetenzen „die bei Individuen verfügbaren oder durch sie erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, um bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, um die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können“ (Weinert 2001, S. 27 f.). Der Weg hin zu einem kompetenten Menschen umfasst eine ganze Menge mehr als nur die Annahme, dass ausschließlich der Kompetente in Zukunft die anspruchsvollen Aufgaben einer digitalisierten Welt lösen können wird und muss. Vielmehr wird es entscheidend sein, wie die Kompetenzen erworben werden. Individuelle Kompetenz umfasst netzartig zusammenwirkende Facetten wie Wissen, Verstehen, Fähigkeit, Handeln, Können, Erfahrung und Motivation. Sie wird verstanden als Disposition, die eine Person befähigt, konkrete Anforderungssituationen eines bestimmten Typs zu bewältigen [vgl. Klieme et al., S. 72 f.] und äußert sich in einer tatsächlich erbrachten Leistung. Es wird die Aufgabe von Bildungseinrichtungen aller Art sein, diese Voraussetzungen umfangreich und professionell zu ermöglichen. Hierzu gibt es einen klaren Bildungsauftrag des Kultusministeriums. Im Fokus stehen

die Beschlüsse „Digitales Verständnis und Wissen stärken“ und die Aussage „Lernen und Lehren neu gestalten“ (Bundesministerium für Bildung und Forschung, 2016). Die Didaktik eines Unterrichtsfaches ist an dieser Stelle der Schlüssel zum Erfolg, damit die SchülerInnen diese Fähigkeiten entwickeln und aufbauen können. Das Ziel des kompetenzorientierten Unterrichts ist es, intelligentes Wissen entstehen zu lassen. Bei der Planung von Unterricht verschiebt sich deshalb der Schwerpunkt von der Frage „Was sollen die Schüler wissen?“ hin zur Frage „Was sollen die Schüler können?“ wie in Abb. 1 dargestellt (Lersch, 2007). Dazu müssen die Grundlagen alt bekannter Ansätze, guten Unterricht zu gestalten, nicht gänzlich über Bord geworfen werden. Vielmehr sollte wieder mehr Augenmerk auf den Unterricht und das zu lernende gelegt werden.

Dabei spielt der Lernprozess eine besonders wichtige Rolle. Das Herstellen individueller Bezüge, Vereinbaren von Zielen, das Aktivieren von Vorwissen, die Förderung von Motivation sowie Rückmeldungen in Lerngesprächen oder auch die Notwendigkeit von Sicherung und Übung – all dies ist nicht auf bestimmte Abschnitte des Weges beschränkt,

### Altes vs. neues Unterrichtsskript:



Abb. 1: Übersicht der Unterschiede des neuen und alten Unterrichtsskripts basierend auf Rainer Lersch, Hessische Kultusministerium, Institut für Qualitätsentwicklung (Lersch, 2010).

sondern es handelt sich dabei um kontinuierlich wirksame Basiselemente lernförderlicher Unterrichtsgestaltung, die eine wichtige Voraussetzung für den Aufbau von Kompetenzen darstellen wie in Abb. 2 veranschaulicht (Keller& Winter, 2009; Dörner, 2009). In regelmäßigen Abständen gilt es den Ausprägungsgrad der Kompetenzen innerhalb dieses Prozesses anhand von Kriterien zu überprüfen, um Rück- und Fortschritte für SchülerInnen sichtbar und für die Lehrenden bewertbar zu machen. Hier liegen gegenwärtig die großen Herausforderungen in der Unterrichtsforschung.

Eine die Kompetenzen messbare Leistungsbeurteilung wird aktuell von Hr. Alexander Eichler im Rahmen seiner Dissertation an der Universität Augsburg wissenschaftlich untersucht und auf ihre Tauglichkeit als aussagekräftiges Instrument hin überprüft. In der ersten Phase der Lehrerbildung gilt das Interesse obigen Inhalten. Es findet eine Auseinandersetzung mit der Unterrichts-Theorie statt. Wichtige Fragen rund um das Thema guten Unterrichts werden diskutiert, gelehrt und in praxisnahen Begleitseminaren vor Ort in Schulen zum Beurteilen erprobt und auf ihre Sinnhaftigkeit hin reflektiert. An der TUM wird im Fach Arbeitslehre, seit Schuljahresbeginn Wirtschaft

und Beruf, zudem Wert daraufgelegt, die Curricula neben theoretischen Grundlagen auch auf die Bedürfnisse der Industrie hin inhaltlich auszurichten. Die Berufsorientierung bildet neben der Säule Unterricht einen weiteren sehr wichtigen Pfeiler in der Lehrerausbildung.

An dem Thema Industrie 4.0 kommt in Zukunft die Schule nicht vorbei. Es wird eine Kernaufgabe der zukünftigen Lehrer darstellen, SchülerInnen inhaltlich als auch methodisch auf die Herausforderungen einer immer stärker vernetzten Industrie vorzubereiten. Hierzu gibt es ein differenziertes Angebot an Exkursionsseminaren, die außeruniversitäres Lernen im Austausch mit der Industrie ermöglichen. Neben der Aufgabe, die Grundwerte in unserer Gesellschaft bereits in den Bildungseinrichtungen aufzubauen, stehen wir im Moment vor der ebenso wichtigen Herausforderung des Aufbaus der von der Kultusministerkonferenz beschlossenen digitalen Kern-Kompetenzen (Kultusministerkonferenz, 2016):

- Suchen und verarbeiten
- Kommunizieren und kooperieren
- Produzieren und präsentieren
- Schützen und sicher agieren
- Problemlösen und handeln
- Analysieren und reflektieren

Nichtsdestotrotz sollten wir das Primat der Pädagogik nicht infrage stellen. John Hattie hat dies mit den Ergebnissen seiner Metastudie sehr deutlich gemacht (Hattie, 2014). Es sind die leidenschaftlichen Lehrpersonen, die Menschen, die die Strukturen des Lernens zum Leben erwecken und nicht zuletzt die SchülerInnen und Eltern, die allesamt am Unterrichtsprozess beteiligt sind, um erfolgreich Kompetenzen aufzubauen (Hattie, 2014). Erst eine kompetente Schule, eine nach allen Richtungen offene Schule, die sich den Herausforderungen unserer Zeit stellt, wird es gelingen, SchülerInnen auf die Anforderun-

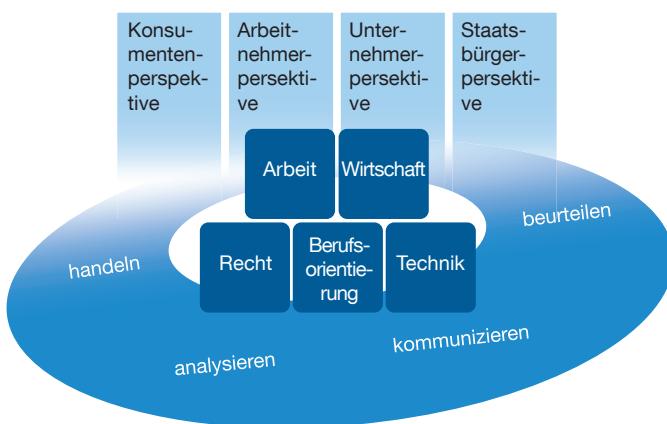


Abb. 2: Kompetenzstrukturmodell „Wirtschaft und Beruf“, Arbeit, Berufsorientierung, Wirtschaft, Technik und Recht sind Grundkonstanten menschlichen Lebens und die Gegenstandsbereiche des Faches Wirtschaft und Beruf [Vgl. <http://www.lehrplanplus.bayern.de/fachprofil/textabsatz/70004>] (Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung (ISB), o.J.)

gen einer digitalisierten Industrie vorzubereiten. Hier liegt nicht zuletzt auch die Verantwortung der Hochschulen, sich inhaltlich an diesen Herausforderungen auszurichten, damit in Zukunft die Lehrenden diesen Geist in die Schulen hineinragen können.

## Auswirkungen von Industrie 4.0 auf die Beschäftigten

Caroline Adam

### **Auswirkungen von Industrie 4.0 auf die Beschäftigten**

Die Diskussionen um den Handlungsbedarf an Schulen und das zukünftige Arbeiten in Industrie 4.0 werden häufig ohne diejenigen geführt, die es in erster Linie betrifft: die zukünftigen MitarbeiterInnen. So sind sie es, die in den Produktionshallen der Zukunft mit Robotern kollaborieren werden, bei Losgröße 1 und hoher Variantenvielfalt den Überblick behalten müssen und die Kommunikation zwischen den einzelnen Maschinen erfassen sollen. Konkrete Industrie 4.0-Szenarien sind zum derzeitigen Stand noch nicht alltäglich und die dafür benötigten Kompetenzen der MitarbeiterInnen basieren überwiegend (noch) auf Vermutungen. In den Medien finden sich durchaus auch Beiträge, die den Wegfall von Arbeitsplätzen im Zuge der steigenden Digitalisierung prognostizieren, insbesondere für einfache, manuelle Tätigkeiten. Es stellt sich somit die Frage: welche Einstellung bezüglich Industrie 4.0 haben die zukünftigen MitarbeiterInnen, die die Umsetzung des Prozesses hin zu Industrie 4.0 entscheidend mittragen? Um die Sicht der zukünftigen MitarbeiterInnen zu erfassen, wurden in einer Studie 133 Auszubildende aus vier verschiedenen Ausbildungsberufen der Metall- und Elektrotechnik an drei verschiedenen Berufsschulen in Bayern zu Industrie 4.0 befragt. Dabei zeigte sich, dass die Auszubildenden dem Thema Industrie 4.0 insgesamt negativ gegenüberstehen. Es dominiert die Angst vor Arbeitsplatzverlusten (Adam, 2017), welche von Seiten der Medien in den vergangenen Jahren häufig thematisiert wurde (Hank & Meck, 2016; Dörner, 2016). Der Großteil der Auszubildenden verbindet darüber hinaus keine weiteren Chancen und Möglichkeiten mit dem Begriff Industrie 4.0.

Inwieweit es allerdings tatsächlich zu einem großen Verlust an Arbeitsplätzen kommt, ist umstritten. So gehen verschiedene Studien von unterschiedlichen Entwicklungen auf dem Arbeitsmarkt aus. Während Einigkeit darin besteht, dass insbesondere die Arbeitsplätze von Arbeitskräften mit geringem Qualifikationsniveau zukünftig mit hoher Wahrscheinlichkeit automatisiert werden und damit insbesondere Einfacharbeit und Routinearbeit, gilt dies nicht zwangsläufig für Fachkräfte (bayme vbm, 2016; Ittermann, Niehaus & Hirsch-Kreinsen, 2015; Hermann et al., 2017). So wurde in einer Studie von bayme vbm (2016) die Prognose zum Fachkräftebedarf in drei verschiedene Szenarien eingeteilt. Eine pessimistische Prognose geht davon aus, dass 50% der Arbeitsplätze durch Automatisierung verloren gehen. Eine optimistische Prognose rechnet mit einem Zugewinn von 400.000 neuen Arbeitsplätzen, insbesondere für höher Qualifizierte. In einer Compensationsprognose wird davon ausgegangen, dass es zu einem Verlust von 490.000 Arbeitsplätzen kommen könnte und gleichzeitig zu einem Zugewinn von 430.000 neuen Arbeitsplätzen.

Die Studie konnte erste Ansatzpunkte liefern, dass die Debatte um Industrie 4.0 Auszubildende möglicherweise verunsichert und im Hinblick auf ihr Berufsleben desillusioniert in ihre berufliche Zukunft blicken lässt. Insbesondere wenn sie noch keine konkreten Erfahrungen in ihrem Unternehmen sammeln konnten. Es bedarf daher dringend Aufklärung, was Industrie 4.0 wirklich bedeutet. Der Einsatz der damit in Verbindung gebrachten Technologien kann zu einer Verbesserung der Arbeitsbedingungen führen (Vitolis, Schmid & Wilke, 2017), zum Beispiel durch die Reduzierung von physischer Belastung und Routinearbeiten. Mit dem Zugewinn neuer Arbeitsplätze und durch verbesserte Arbeitsbedingun-

gen birgt Industrie 4.0 auch großes Potential für die Beschäftigten. Unternehmen müssen in die Verantwortung genommen werden, vorausschauend mit den Möglichkeiten der Automatisierung umzugehen und MitarbeiterInnen müssen auf ein sich schneller veränderndes Umfeld vorbereitet werden. Die Grundlagen hierfür müssen bereits vor dem Einstieg in den Beruf gelegt werden, womit sich der Kreis zum kompetenzorientierten Unterricht schließt. Um in einem Arbeitsumfeld, welches geprägt wird von schnellem Wandel und der Notwendigkeit des lebenslangen Lernens langfristig agieren zu können und die sich bietenden Chancen nutzen zu können, müssen SchülerInnen frühzeitig die Möglichkeit und Chance bekommen, darauf vorbereitet zu werden.

## Literatur

- Abraham, U., Baurmann, J., (2007). Kompetenzorientiert unterrichten, in: Praxis Deutsch Heft 203, Seite 6 – 16.
- Adam, C. (2017). Wo stehen berufliche Schulen auf dem Weg zu Industrie 4.0? Eine empirische Untersuchung mit Lehrkräften und Auszubildenden aus dem Fachbereich Metalltechnik (Masterarbeit). Lehrstuhl für Ergonomie. Technische Universität München.
- Bayme vbm (Hrsg.). Spöttl, G. Goroldt, C., Windelband, L., Granzt, T. & Richter, T. (2016). Industrie 4.0 – Auswirkungen auf Aus- und Weiterbildung in der M+E Industrie. München.
- Beywl, W., Zierer, K. (2017) Lernen sichtbar machen für Lehrpersonen., Schneider Verlag GmbH, Seite 21-25.
- Bundesministerium für Bildung und Forschung (2016). Bildungsoffensive fuer die digitale Wissensgesellschaft. Retrieved from [https://www.bmbf.de/files/Bildungs-offensive\\_fuer\\_die\\_digitale\\_Wissensgesellschaft.pdf](https://www.bmbf.de/files/Bildungs-offensive_fuer_die_digitale_Wissensgesellschaft.pdf), Seite 2. [26.04.2018].
- Dörner, S. (2016). Droht mit Digitalisierung jedem zweiten Job das Aus? Die Welt. Abgerufen von: <https://www.welt.de/wirtschaft/webwelt/article150856398/Droht-mit-Digitalisierung-jedem-zweiten-Job-das-Aus.html>. Retrieved from Die Deutsche Schule, 101, Jg. 2009, Heft 3, Seite 284 – 295. [26.04.2018].
- Hank, R. & Meck, G. (2016). Roboter in der Wirtschaft: Millionen Jobs fallen weg. Frankfurter Allgemeine

Zeitung. Abgerufen von: <http://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/weltwirtschaftsforum/roboter-in-der-wirtschaft-millionen-jobs-fallen-weg-14018180.html>. [26.04.2018].

Hermann, T., Hirschle, S., Kowol, D., Rapp, J., Resch, U., & Rothmann, J. (2017). Auswirkungen von Industrie 4.0 auf das Anforderungsprofil der Arbeitnehmer und die Folgen im Rahmen der Aus- und Weiterbildung. In Industrie 4.0 (pp. 239–253). Springer Fachmedien Wiesbaden.

Ittermann, P., Niehaus, J., & Hirsch-Kreinsen, H. (2015). Arbeiten in der Industrie 4.0: Trendbestimmungen und arbeitspolitische Handlungsfelder (No. 308). Study der Hans-Böckler-Stiftung.

Lersch, R. (2007). Wie unterrichtet man Kompetenzen? Retrieved from [http://arbeitsplattform.bildung.hessen.de/fach/2/Bildungsstandards/Kompetenzbegriff\\_-\\_Allgemein.pdf](http://arbeitsplattform.bildung.hessen.de/fach/2/Bildungsstandards/Kompetenzbegriff_-_Allgemein.pdf), Seite 1; Seite 5. [26.04.2018].

Klieme, E., Avenarius, H., Blum, W., Döbrich, P., Gruber, H., Prenzel, M., Reiss, K., Riquarts, K., Rost, J., Tenorth, H.-E., Vollmer, H. (2003). Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards. Eine Expertise. Berlin.

Kultusministerkonferenz (2016). Retrieved from [https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/Presse\\_UndAktuelles/2017/KMK\\_Kompetenzen\\_-\\_Bildung\\_in\\_der\\_digitalen\\_Welt\\_Web.html](https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/Presse_UndAktuelles/2017/KMK_Kompetenzen_-_Bildung_in_der_digitalen_Welt_Web.html).

Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung (ISB), (o.J.). Retrieved from <http://www.lehrplanplus.bayern.de/fachprofil/textabsatz/70004>.

Vitols, K., Schmid, K., & Wilke, P. (2017). Digitalisierung, Automatisierung und Arbeit 4.0 Beschäftigungsperpektiven im norddeutschen Dienstleistungssektor (Working Paper No. 032). Studie der Hans-Böckler-Stiftung.

Weinert, F. E. (2001). Vergleichende Leistungsmessung in Schulen – eine umstrittene Selbstverständlichkeit, in: Weinert, F. E. (Hrsg.): Leistungsmessungen in Schulen. Weinheim und Basel, Seite 17-31.

# Ergonomische Büroarbeitsplätze – Empfehlungen und Umsetzung am Lehrstuhl für Ergonomie

Annika Ulherr

## Alle sitzen und das (zu) viel

Ein Tag hat 24 Stunden und Menschen, die im Büro arbeiten, verbringen im Schnitt 9,6 Stunden davon im Sitzen (Techniker Krankenkasse, 2013). Abbildung 1 zeigt, wann über den Tag verteilt gesessen wird.



Abb. 1: Ein ganz normaler Tag und wann gesessen wird. (Quelle: Annika Ulherr, TUM)

Grundsätzlich wird der Büroarbeitsplatz als belastungsarm angesehen (Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V., 2015). Dauerhaftes Sitzen wirkt sich jedoch bekanntlich negativ auf die Gesundheit aus (Owen, Healy, Matthews & Dunstan, 2010). So ist das Dauersitzen einer der Hauptgründe für Rückenprobleme in den Industrienationen, aber auch andere körperliche Beschwerden können auf zu langes Sitzen zurückgeführt werden (u.a. begrenzte innere Organe und dadurch mögliche Kurzatmigkeit sowie Verdauungsprobleme) (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, 2011).

Ungefähr die Hälfte der täglichen Sitzdauer entfällt dabei auf die Zeit im Büro (Baker et al., 2018). Daher bietet sich dieser Arbeitsplatz an, um etwas gegen den Trend des Dauersitzens zu unternehmen.

## Ergonomie im Büro

Die im Folgenden angeführten Richtwerte und Empfehlungen wurden aus dem Leitfaden „Bildschirm- und Büroarbeitsplätze“ der DGUV entnommen (Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V., 2015).

Neben der Positionierung und Einstellbarkeit (besser noch Verstellbarkeit) von Arbeitsmitteln, spielen auch unterschiedliche Umweltfaktoren eine Rolle bei der ergonomischen Gestaltung eines Büroarbeitsplatzes.

Die Beleuchtung muss so gestaltet werden, dass diese hell genug (500 Lux), aber nicht blendend (direkt oder durch Reflexionen) ist, da beides zu Ermüdung und Überanstrengung der Augen führt. Ein Schreibtisch sollte daher so aufgestellt sein, dass die Blickrichtung während der Arbeit parallel zur Fensterfront verläuft. Zudem sollten Bildschirme entspiegelt und andere Flächen matt gestaltet sein

Die Lärmbelastung am Arbeitsplatz ist möglichst gering zu halten. Der Grenzwert für den Schalldruckpegel am Büroarbeitsplatz bei überwiegend geistiger Arbeit, wie u.a. wissenschaftliche Tätigkeiten, ist 55dB(A).

Eine weitere Grundvoraussetzung für die ergonomische Gestaltung von Bildschirmarbeitsplätzen ist ausreichend Platz, sowohl hinsichtlich der Arbeitsfläche (min. 1600 x 800 mm), um genug Stellfläche für die Arbeitsmittel zu gewährleisten, als auch bei der Bewegungsfläche (min. 1,50 m<sup>2</sup>, an keiner Stelle schmäler als 1,00 m), damit genug Bewegungsfreiheit für die arbeitende Person zur Verfügung steht.

Für das Raumklima ist die Fensterlüftung zu empfehlen, da weniger Beschwerden auftreten als bei Belüftungsanlagen. Die meisten Beschäftigten fühlen sich wohl, wenn die Raumtemperatur zwischen 20°C und 22°C, die relative Luftfeuchtigkeit maximal 50% und die Luftgeschwindigkeit weniger als 0,15 m/s beträgt. Ab Raumtemperaturen von 26°C sollten (ab 30°C

müssen) zusätzliche Maßnahmen, wie z.B. effektive Steuerung des Sonnenschutzes, Bereitstellung von Getränken, oder auch Arbeitszeitverlagerung, ergriffen werden. Ab 35°C Lufttemperatur im Raum, ist dieser nicht mehr als Arbeitsraum geeignet.

Der Arbeitsplatz im Büro sollte entsprechend der anthropometrischen Maße der nutzenden Person einstellbar sein. Dazu zählt neben dem Bürostuhl auch der Schreibtisch. Die Empfehlungen der richtigen Maße sind in Abbildung 2 zu sehen. Bei der Einstellung ist wichtig, dass zunächst der Schreibtischstuhl richtig eingestellt wird und erst danach der Schreibtisch.

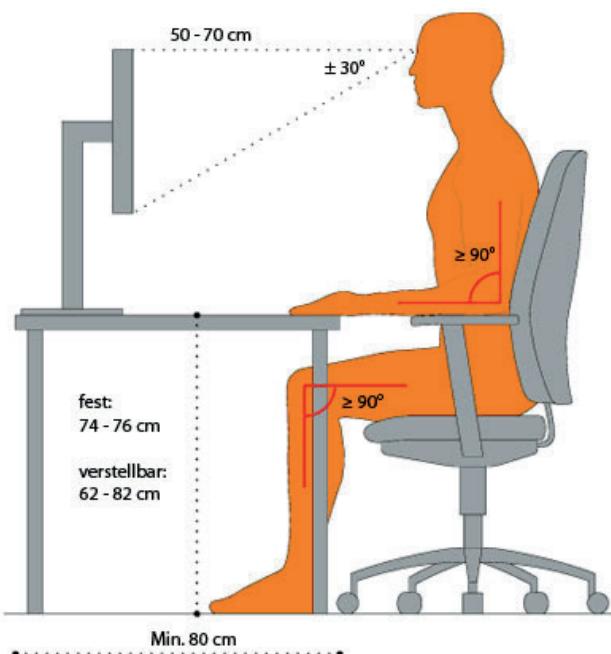


Abb. 2: Der ergonomische Büroarbeitsplatz (Quelle: <http://schreibtische.info/optimale-schreibtischhoehe/>)

Hinsichtlich der Arbeitsmittel sind einstellbare Schreibtische eine Mindestanforderung an ergonomische Büroarbeitsplätze. Um den negativen Auswirkungen des dauerhaften Sitzens entgegen zu wirken, sollte jedoch mehr Bewegung in den Arbeitsalltag eingebaut werden. Besser wären daher Steh-Sitz-Möbel, welche dann auch genutzt werden müssen. Dauerhaftes Stehen (> 2 Stunden) wirkt

sich jedoch auch negativ aus, der Diskomfort steigt und die Reaktionsfähigkeit sinkt (Baker et al., 2018).

Hinsichtlich des optimalen Verhältnisses zwischen Sitzen und Stehen bei der Verwendung von Steh-Sitz-Möbeln gibt es unterschiedliche Aussagen in der Literatur. Es scheint jedoch von Vorteil zu sein, wenn häufiger gesessen als gestanden wird. Verhältnisse von 2:1 und 3:1 (Sitzen : Stehen) wirken sich positiv auf den Diskomfort aus ohne die Produktivität zu senken. Wenn Personen frei entscheiden können, wie viel Zeit sie stehend verbringen möchten, entscheiden sie sich für ungefähr 20% am Tag. (Karakolis & Callaghan, 2014)

Sitzen und Stehen sollten sich also über den Tag verteilt öfter abwechseln, so dass keine der beiden Haltung länger als 60-90 Minuten eingenommen wird. Die Wechselfrequenz sollte so gewählt sein, dass es die Arbeitsabläufe nicht zu sehr stört und damit die Produktivität beeinflusst.

„Der Mensch ist für die Bewegung konzipiert, also für den Wechsel zwischen Sitzen, Stehen, Laufen, Liegen sowie allen Haltungen dazwischen.“ (Windel, 2013, S. 14)

Neben einem möglichen Wechsel zwischen Sitzen und Stehen durch höhenverstellbare Schreibtische, können auch weitere Maßnahmen dabei helfen mehr Bewegung in den Büroalltag einzubinden:

- Häufig genutzte Arbeitsutensilien aus dem Greifraum entfernen.
- Die Treppe nutzen statt den Fahrstuhl.
- Bei KollegInnen vorbeigehen statt E-Mails zu schreiben oder anzurufen.
- Meetings im Stehen oder sogar im Gehen durchführen.
- Pausen für Bewegung nutzen und nicht wieder sitzend nur an einem anderen Ort bleiben.

## Lehrstuhl für Ergonomie – Beweg‘ dich

Auch am Lehrstuhl für Ergonomie gehen die Erkenntnisse zu ergonomischer Arbeitsplatzgestaltung nicht vorbei. So wurden in den letzten Jahren neben neuen Bürostühlen, die das dynamische Sitzen fördern, auch elektrisch höhenverstellbare Schreibtische angeschafft (vgl. Abbildung 3). Dies führt dazu, dass mittlerweile sehr viele unterschiedliche Arbeitshaltungen in den Büros zu sehen sind.



Abb. 3: Elektrisch höhenverstellbarer Schreibtisch und ergonomischer Bürostuhl am LfE (Quelle: Annika Ulherr, TUM)

Immer mehr KollegInnen nehmen lieber die Treppe statt den Aufzug, um in das dritte Obergeschoss zu gelangen, und überwinden dabei jedes Mal 11 Höhenmeter (nachgemessen von Prof. Bengler).

Bei guten Wetterbedingungen findet sich häufig am Nachmittag eine Gruppe zusammen, die gemeinsam eine Runde über den Campus geht und dabei den kreativen Austausch zwischen unterschiedlichen Forschungsrichtungen ermöglicht und fördert.

Welche weiteren Maßnahmen noch am Lehrstuhl Einzug halten, wird die Zukunft zeigen. Ideen gibt es einige, u.a. Einbahnregelungen in den Gängen, um die Laufwege zu verlängern, oder auch die Gründung einer Yoga-Gruppe.

## Literatur

- Baker, R., Coenen, P., Howie, E., Lee, J., Williamson, A. & Straker, L. (2018). A detailed description of the short-term musculoskeletal and cognitive effects of prolonged standing for office computer work. *Ergonomics*, 61 (7), 877–890. <https://doi.org/10.1080/00140139.2017.1420825>
- Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin. (2011). Sitzlust statt Sitzfrust. Sitzen bei der Arbeit und anderswo (4. Aufl.). Berlin: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.
- DGUV. (2015). Bildschirm- und Büroarbeitsplätze. Leitfaden für die Gestaltung. DGUV Information 215-410 (Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V., Hrsg.). Zugriff am 25.04.2018. Verfügbar unter [http://publikationen.dguv.de/dguv/udt\\_dguv\\_main.aspx?FDO-CUID=23472](http://publikationen.dguv.de/dguv/udt_dguv_main.aspx?FDO-CUID=23472)
- Karakolis, T. & Callaghan, J. P. (2014). The impact of sit-stand office workstations on worker discomfort and productivity. A review. *Applied ergonomics*, 45 (3), 799–806. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2013.10.001>
- Owen, N., Healy, G. N., Matthews, C. E. & Dunstan, D. W. (2010). Too much sitting: the population health science of sedentary behavior. *Exercise and sport sciences reviews*, 38 (3), 105–113. <https://doi.org/10.1097/JES.0b013e3181e373a2>
- Techniker Krankenkasse. (2013). Beweg Dich, Deutschland! TK-Studie zum Bewegungsverhalten der Menschen in Deutschland. Hamburg: Techniker Krankenkasse Pressestelle.
- Windel, A. (2013). Auf und nieder - immer wieder! Mehr Gesundheit im Büro durch Sitz-Steh-Dynamik (5. unveränd. Aufl.). Dortmund-Dorstfeld: BAuA, Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.

# Is this real life? Evolution des Fußgängersimulators

André Dietrich, Philipp Maruhn

## Fußgängersimulation am LfE

Motiviert davon neue Fragestellungen bezüglich der Interaktion von Fußgängern und Fahrzeugen in einer Simulationsumgebung zu untersuchen, entstand am Lehrstuhl für Ergonomie der Fußgängersimulator (Lehsing, Benz & Bengler, 2016). Die virtuelle Verkehrsumgebung auf Basis der Fahrsimulatorsoftware SILAB wird dabei mittels eines Head-Mounted-Displays (HMD) präsentiert. Die Bewegungen des Probanden werden mittels des Motion Capture Systems Vicon erfasst und können somit zur Repräsentation des eigenen Körpers in Form eines virtuellen Avatars genutzt werden. Zusätzlich können die Bewegungen der Interaktionspartner in einem vernetzten Setup – beispielsweise mit einem Fahrimulator – in die jeweils andere simulierte Umgebung übertragen werden (Feldstein, Dietrich, Milinkovic & Bengler, 2016).



Abb. 1: Bisheriges Setup: SILAB, Vicon und Oculus Rift DK2 (Quelle: André Dietrich, TUM)

In den vergangenen Jahren hat sich die Technologie der HMDs rapide weiterentwickelt. Eine bessere Auflösung und ein erweitertes Sichtfeld ermöglichen die Darstellung realistisch wirkender virtueller Umgebungen. Des Weiteren haben sich auch die Fragestellungen in der Forschung gewandelt – wo ursprünglich ein Grundverständnis zum Fußgängerverhalten im Stadtverkehr geschaffen wurde (bspw. hinsichtlich des Einflusses vom Alter auf das Querungsverhalten (Lobjois, Benguigui & Cavallo, 2013), steht jetzt die Interaktion mit zukünftigen automatisierten Fahrzeugen vermehrt im Fokus. Um mit diesen Entwicklungen Schritt zu halten, wurde der bisherige Fußgängersimulators weiterentwickelt.

Die Entwicklungsumgebung Unity 3D ermöglicht es, Inhalte der virtuellen Umgebung flexibel zu gestalten. Somit können beispielsweise virtuelle Fahrzeuge sehr einfach mit prototypischen externen Anzeigekonzepten versehen werden. Das Querungsverhalten der Versuchsteilnehmer auf diese Anzeigekonzepte von automatisierten Fahrzeugen in Zusammenhang mit einem vordefinierten Fahrzeugverhalten (Verzögern und Beschleunigen mit entsprechenden Nickbewegungen) kann dadurch untersucht werden.



Abb. 2: Externe HMI Konzepte zur Kommunikation automatisierter Fahrzeuge mit Fußgängern. (Quelle: André Dietrich, TUM)

Weiterhin kann das virtuelle Verkehrsszenario flexibel gestaltet und mit neuen Objekten erweitert werden. So wurde beispielsweise ein typischer Straßenzug der Münchener Innenstadt nach-modelliert.



Abb. 3: Virtuelles München (Quelle: André Dietrich, TUM)

## Vorführung auf der TRA 2018

Der Unity-Fußgängersimulator des Lehrstuhls für Ergonomie wurde auf der Transport Research Arena 2018 in Wien am Stand der Europäischen Kommission für das EU-Projekt interACT vorgeführt. Besucher konnten dabei virtuellen automatisierten Fahrzeugen begegnen, die ihnen durch verschiedene Kommuni-

kationsstrategien Vorfahrt gewährten. Die Demonstration war stark besucht – selbst Violeta Bulc, EU Kommissarin für Verkehr, ließ sich in die virtuelle Realität der Münchener Innenstadt entführen.



Abb. 4: Interessierte am Fußgängersimulator auf der Transport Research Arena 2018 in Wien (Quelle: André Dietrich, TUM)

## Was bringt die Zukunft?

Es ist zu erwarten, dass sich die Darstellungsqualität der HMDs weiter verbessern wird. Kabellose Systeme werden die Bewegungen des Probanden zukünftig weniger beeinträchtigen. Weiterentwicklungen in der Tracking-Technologie können den Bewegungsspielraum vergrößern und somit zusätzliche externe Tracking-Systeme überflüssig machen. Neue Ansätze im Bereich von Mixed und Augmented Reality ermöglichen es, virtuelle Inhalte in realen Umgebungen zu augmentieren.

## Literatur

- Lehsing, C., Benz, T., Bengler, K. (2016). Insights into Interaction in Pedestrian Crossing Situations using a linked Simulator Environment. IFAC-PapersOnLine, 49(19):138 – 143. 13th IFAC Symposium on Analysis, Design, and Evaluation of Human-Machine Systems HMS 2016.
- Feldstein, I., Dietrich, A., Milinkovic, S., Bengler, K. (2016). A Pedestrian Simulator for Urban Crossing Scenarios. IFAC-PapersOnLine, 49(19):239 – 244. 13th IFAC Symposium on Analysis, Design, and Evaluation of Human-Machine Systems HMS 2016.
- Lobjois, R., Benguigui, N., Cavallo, V. (2013). The effects of age and traffic density on street-crossing behavior. Accident Analysis & Prevention, 53:166 – 175.

# Rapid Prototyping & Co-Creation für die Bewegungsgestaltung mobiler Roboter – Telepräsenzroboter Beam+

Jonas Schmidtler, Jakob Reinhardt

## Human-Robot Spatial Interaction

Mobile automatisierte und autonome Systeme werden sich zunehmend in der näheren Umgebung und um Menschen herumbewegen. Erkennbar wird dies durch eine stark wachsende Anzahl und Vielfältigkeit der übernommenen Aufgaben wie bspw. Ausliefern von Paketen, Entertainment, Sicherheit und vielen weiteren Dienstleistungen sowie im privaten Umfeld (bspw. Rasenmäh- und Staubsaugroboter). Zusammengefasst werden unter dem Begriff der Human-Robot Spatial Interaction (HRSI) die Bewegungen von Menschen und mobilen Robotern in einem begrenzten gemeinsamen Raum und die stattfindenden sozialen Signale, welche die Interaktion steuern, untersucht (Bellotto, Hanheide, & Van de Weghe, 2013; Dondrup, 2016).

Dass die Bewegung mobiler Systeme nicht nur sicher, sondern vor allem auch angemessen und akzeptierbar gestaltet werden müssen, wird zunehmend als wichtig und entscheidend für den Erfolg dieser Systeme wahrgenommen. Zwei zentrale Begriffe beschreiben Eigenschaften der non-verbalen Bewegungssprache, welche bewusst und unter Zuhilfenahme grundlegender ergonomischer Prinzipien zu gestalten sind (Dragan, Lee, & Srinivasa, 2013; Lichtenthaler & Kirsch, 2016):

- **Legibility** (Selbstbeschreibungsfähigkeit), bezeichnet die Eigenschaft, dass Interaktionspartner in der Lage sind die Intentionen des anderen zu verstehen („action to goal“: aus der Handlung ist das intendierte Ziel ableitbar), und
- **Predictability** (Erwartungskonformität) bezeichnet die Eigenschaft, dass das Verhalten den Erwartungen des Interaktionspartners entspricht („goal to action“: aus einem intendierten Ziel werden erwartete Handlungen ableitbar).

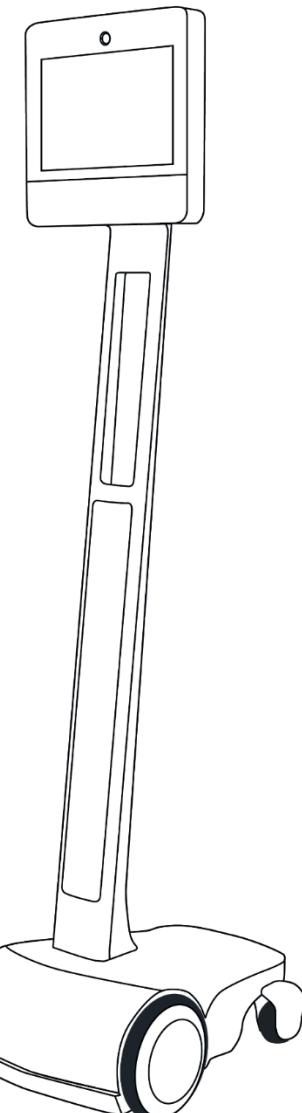


Abb. 1: Beam+ Telepräsenzroboter von Suitable Technologies™.  
(Quelle: Jonas Schmidtler, TUM)

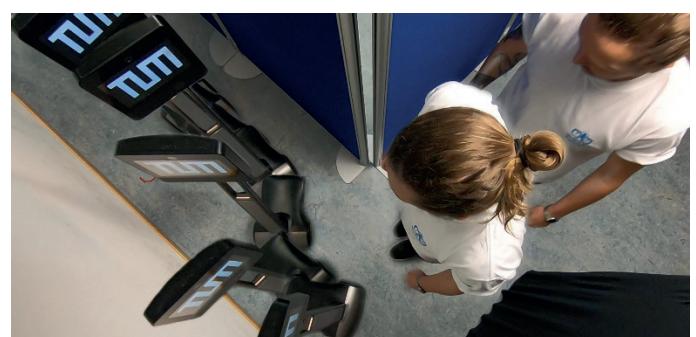


Abb. 2: Human-Robot Spatial Interaction. (Quelle: Jonas Schmidtler, TUM)

## Rapid Prototyping und Co-Creation in HRSI

Um in schnellen iterativen Zyklen funktionierende Versuchsprototypen und Bewegungsmuster (movement cues) zu testen, setzt der Lehrstuhl für Ergonomie auf eine hybride Lösung automatisierter und vom menschlichen Versuchsleiter operierten Systeme. Mit Hilfe eines teleoperierten Systems Beam+ von Suitable Technologies™ (Abb 1. bis 3., Nähere Informationen zum teleoperierten System Beam+ finden Sie unter: [www.lfe.mw.tum.de/forschung/labore/roboter/](http://www.lfe.mw.tum.de/forschung/labore/roboter/)) werden vorprogrammierte Bewegungsmuster durch Eingabe eines menschlichen Operators umgesetzt. Durch diese Wizard of Oz inspirierte Methode werden Entscheidungen zu Bewegungsmustern, welche aktuell nur mit großem Soft- und Hardware-Entwicklungsaufwand umsetzbar wären, vom Menschen übernommen (Bartneck & Hu, 2004). Gleichzeitig werden reliabel vergleichbare Roboterverhaltensweisen durch vorprogrammierte Skripte umgesetzt. Dadurch können zügig quantitative (bspw. Bewegungserfassung mittels Vicon Motion Tracking) sowie qualitative Versuche (bspw. Co-Creation und Videostudien) im Sinne des Design Thinkings umgesetzt, menschliches Verhalten und Vorlieben analysiert und Gestaltungsempfehlungen formuliert werden. Diese HRSI Unter-

suchungen erlauben es, dem Zielkonflikt zwischen adaptiver (schwer standardisierbar) und statischer (standardisierbar im Versuch) robotischer Bewegungsverhalten zu begegnen.

## Literatur

- Bartneck, C., & Hu, J. (2004). Rapid prototyping for interactive robots. *Proceedings of the 8th Conference on Intelligent Autonomous Systems*, (January), 136–145.
- Bellotto, N., Hanheide, M., & Van de Weghe, N. (2013). Qualitative Design and Implementation of Human-Robot Spatial Interactions. In *Lecture Notes in Computer Science* (Vol. 8239 LNAI, pp. 331–340). [https://doi.org/10.1007/978-3-319-02675-6\\_33](https://doi.org/10.1007/978-3-319-02675-6_33).
- Dondrup, C. (2016). *Human-Robot Spatial Interaction using Probabilistic Qualitative Representations*. University of Lincoln.
- Dragan, A. D., Lee, K. C. T., & Srinivasa, S. S. (2013). Legibility and predictability of robot motion. *ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, 301–308. <https://doi.org/10.1109/HRI.2013.6483603>
- Lichtenthaler, C., & Kirsch, A. (2016). Legibility of Robot Behavior : A Literature Review.



Abb. 3: Beam+ verfügt über zwei HDR Kameras zur Übersicht im Raum nach vorne und unten. (Quelle: links – Suitable Technologies™, rechts – Jonas Schmidtler, TUM)

# Wissenschaftsjahr 2018 – Arbeitswelten der Zukunft

Caroline Adam, Klaus Bengler

## Arbeitswelten der Zukunft

In diesem Jahr hat das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) ein für den Lehrstuhl für Ergonomie ganz besonderes Wissenschaftsjahr ausgerufen: **Arbeitswelten der Zukunft**.

Die Ergonomie, als die Wissenschaft, die sich mit der Gesetzmäßigkeit menschlicher Arbeit beschäftigt, ist von jeher bestrebt die Arbeitswelt für den Menschen bestmöglich zu gestalten. Somit bietet dieses Jahr dem Lehrstuhl eine besondere Bühne. Während die MS Wissenschaft mit ihrer Ausstellung zu zukünftigen Arbeitswelten im Gepäck die Binnengewässer Deutschlands befährt, kann im Wissenschaftsjahr PartnerIn werden, wer im Gegenzug eine Veranstaltung zum Thema beisteuert.



Abb.1: Kampagne des BMBF zum Wissenschaftsjahr 2018.<sup>1</sup>  
(Quelle: BMBF, 2018)

Und Themen für mögliche Veranstaltungen gibt es viele. Zahlreiche bemerkenswerte organisatorische und technologische Veränderungen erhalten derzeit Einzug in unsere Arbeitswelt, wie beispielsweise die kollaborative Zusammenarbeit mit Robotern, das Einlernen neuer MitarbeiterInnen mittels Augmented oder Virtual Reality oder die Auslagerung von Kleinstaufträgen an Crowdworker. Gleichzeitig wird daran geforscht, unsere Fortbewegung immer noch effizienter zu gestalten, unsere Leistung immer noch weiter zu steigern und unser ganzes Leben und Arbeiten immer noch smarter zu gestalten.

Wichtig ist bei aller Begeisterung für Innovation, für neue Arbeitsmittel und für neue Arbeitsformen, einen verantwortungsvollen und vorausschauenden Umgang mit jenen Innovationen nicht zu versäumen. Arbeits- und Lebenswelten, in denen Mensch und Technik, Arbeit und Freizeit so eng verbunden sind, bedürfen in vielen Fällen neuer Grundsätze. Sowohl für die Gestaltung als auch für die Organisation.

Wie genau unsere Arbeitswelten in Zukunft aussehen werden, ist unklar. Wie stark sie von gänzlich neuen Berufsbildern, von fühlenden Maschinen und vollkommen entgrenzter Arbeit geprägt sein werden, wird sich zeigen. Die Aufgabe für die Ergonomie wird es in jedem Fall sein, Veränderungen nicht nur zu evaluieren, sondern von Beginn an zu erforschen. Sie nicht nur zu beobachten, sondern aktiv zu gestalten.

<sup>1</sup> Abgerufen von: <https://wissenschaftsjahr.frontify.com/d/9l26zeuw3DNS/wissenschaftsjahr-2018-styleguide>

# Neue Projekte:

## @City – Automatisierte Fahrzeuge und Intelligenter Verkehr in der Stadt

Alexander Feierle, Michael Rettenmaier



### Motivation

Die Herausforderungen des zukünftigen individuellen Verkehrs sind durch eine Erhöhung der Verkehrssicherheit, die Stauvermeidung, eine Reduktion des Kraftstoffverbrauchs, sowie die Erhaltung der Mobilität für eine alternde Bevölkerung geprägt.

Eine Schlüsselrolle kommt dabei automatisiertem, intelligentem und vernetztem Fahren zu. Eine Umsetzung dieser Fahrfunktionen für die Automationslevel 2 – 4 nach SAE ist die Zielsetzung des Projekts @City (J3016, 2016).

### Konsortium

Das Projekt @City wird durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie gefördert und besteht aus einem Konsortium von 10 Partnern. Die TU München, vertreten durch den Lehrstuhl für Ergonomie und den Lehrstuhl für Verkehrstechnik, fungiert dabei als einziges Forschungsinstitut neben zahlreichen Automobilherstellern und -zulieferern.

### Ausgangssituation

Eine besondere Schwierigkeit bei der Entwicklung automatisierter Fahrfunktionen im urbanen Raum stellt vor allem das Situationsverständen im Rahmen der Umfelderfassung und -interpretation dar. Diese Schwierigkeit ergibt sich primär aus den gegenüber gut strukturierten Umgebungen, wie Autobahnen und Landstraßen, deutlich komplexeren Verkehrssituationen und -infrastrukturen (bspw. Kreisverkehre), die eine erheblich präzisere Erkennung erfordern. Um vorausschauendes Fahren zu ermöglichen,

muss sich das automatisierte Fahrzeug darüber hinaus präzise in einer hochgenauen digitalen Karte lokalisieren können.

### Ziele

Der Fokus des Projekts liegt auf der Entwicklung leistungsfähiger, robuster Algorithmen für das Situationsverständen, auf einer optimalen Einbindung des Fahrers in die Automation sowie deren Gestaltung. Auf dieser Basis werden neue automatisierte Fahrfunktionen für den urbanen Raum entwickelt, die den Fahrer im komplexen, durch eine hohe Informationsdichte und kurze Reaktionszeiten geprägten, städtischen Umfeld bestmöglich unterstützen. Zusätzlich kann die Kooperation mit den umgebenden Verkehrsteilnehmern zur Erreichung der Ziele beitragen.

### Projektstruktur

Das Projekt, mit einer Laufzeit über 4 Jahre (von 01.09.2017 bis 31.08.2021), gliedert sich in die drei Teilprojekte „Umfelderfassung und Situationsverständen“, „Digitale Karte und Lokalisation“ sowie „Konzepte und Pilotanwendungen“.

In dem Teilprojekt „Umfelderfassung und Situationsverständen“ (TP1) sollen die Voraussetzungen für ein Verständnis von Topologie, Verkehrsführung, Intentionen, Verkehrsregeln, Verhaltensmustern sowie Wechselwirkungen zwischen Verkehrsteilnehmern geschaffen werden.

Das Teilprojekt „Digitale Karte und Lokalisation“ (TP2) generiert eine hochgenaue digitale Karte und ermöglicht die Lokalisation des automatisierten Fahrzeugs auf dieser, um Sensordaten zu ergänzen und um eine Rückfallebene zur kurzzeitigen Überbrückung bei Ausfall von Sensoren zu bieten. Dadurch soll vorausschauendes und effizientes Fahren gewährleistet werden.

Das dritte Teilprojekt „Konzepte und Pilotanwendungen“ (TP3) widmet sich der Entwicklung einer Spezifikationsmethodik zur Definition von Szenarien und Konzepten für die verschiedenen Anwendungsfälle des automatisierten Fahrens in der Stadt. Es bildet eine Basis für die Arbeiten der Teilprojekte TP1 und TP2. Weiter erfolgt die Entwicklung automatisierter Fahrfunktionen in Pilotanwendungen, wie bspw. an dynamischen Engstellen, die durch Busse an Haltestellen, durch parkende Fahrzeuge in zweiter Reihe oder durch abbiegende Radfahrer entstehen.

Die TU München wirkt bei der Bearbeitung der Arbeitspakete des TP3 mit. Der Fokus des Lehrstuhls für Ergonomie liegt dabei auf dem Nutzer von automatisierten Fahrzeugen. Es werden Anforderungen an die Mensch-Maschine-Interaktion (MMI) in Abhängigkeit des Automatisierungsgrades ermittelt und darauf aufbauend eine MMI iterativ in der Fahrsimulation untersucht. Ein weiterer Schwerpunkt liegt in der Analyse potenzieller Interaktionsstrategien automatisierter Fahrzeuge im Mischverkehr. Dazu sind vernetzte Fahrsimulationsstudien zwischen PKW- und PKW-Simulator, als auch zwischen PKW- und einem Fahrrad-Simulator des Lehrstuhls für Verkehrstechnik geplant. Durch die vernetzten Simulationen soll die Interaktion des Fahrers mit der Automation, als auch die Interaktion verschiedener Verkehrsteilnehmer in Bezug auf ein sicheres, effizientes und stressfreies Fahren untersucht werden.

## Literatur

J3016 (September 2016). Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles.

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Energie

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

# Das Projekt RAMONA – Realisierung Automatisierter Mobilitätskonzepte im Öffentlichen Nahverkehr

Ingrid Bubb



Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Verkehr und  
digitale Infrastruktur

## Hintergrund

Durch den Einsatz von autonomen Bussen erhoffen sich Kommunen und Betreiber den öffentlichen Nahverkehr effizienter, sicherer und flexibler gestalten zu können. Allerdings ergeben sich bei der Umsetzung solcher Fahrzeuge eine Reihe von Fragen:

- Wie gehen die Fahrgäste mit dieser neuen Nutzungssituation um?
- Welche Chancen und Risiken ergeben sich durch automatisierte und flexible Mobilitätskonzepte?
- Welche Rahmenbedingungen sind für eine erfolgreiche Anwendung notwendig?

Mit diesen Fragestellungen setzt sich das vom BMVI (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur) geförderte Projekt RAMONA (Projektaufzeit: 07/2017 – 06/2020) auseinander.

## Forschungsvorhaben

Die technische Umsetzbarkeit eines autonomen Systems soll in dem Projekt nicht im Vordergrund stehen, vielmehr soll erforscht werden wie automatisierte Mobilitätskonzepte in bestehende öffentliche Verkehrssysteme integriert werden können und wie die Fahrgäste auf diese Systeme reagieren. Neben

Untersuchungen an einem Realfahrzeug zu Akzeptanz und Interaktionsverhalten mit dem autonomen Bus, hat sich das Projektconsortium zudem zur Aufgabe gemacht, virtuelle Experimente durchzuführen, um mögliche Interaktions- und Kommunikationsmodelle zwischen verschiedenen Verkehrsteilnehmern (z.B. Fußgänger und Bus) zu evaluieren und sinnvolle Konzeptvorschläge für das Interieur- und Exterieur -Design eines autonomen Busses daraus abzuleiten.

## Forschungsschwerpunkte des Lehrstuhls für Ergonomie

Innerhalb des Forschungsprojektes hat der Lehrstuhl für Ergonomie zwei unterschiedliche Themenschwerpunkte.

Zum einen soll basierend auf den Ergebnissen der Realfahrzeugstudie analysiert werden, welche (expliziten) Kommunikationsschnittstellen zwischen den unterschiedlichen Verkehrsteilnehmern benötigt werden (Abbildung 1).

### Kooperation und Interaktion zwischen unterschiedlichen Verkehrsteilnehmern

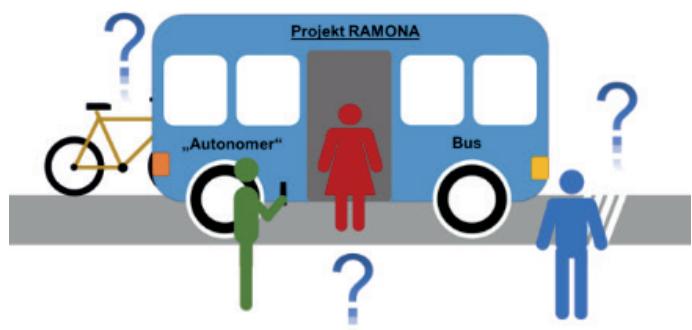


Abb.1: Forschungsschwerpunkt 1 – Kooperation und Interaktion  
(Quelle: Ingrid Bubb, TUM)

Anhand dieser Ergebnisse sollen in der virtuellen Realität Interaktionsschnittstellen im Exterieur-Bereich des Fahrzeugs gestaltet und evaluiert werden. Die ermittelten Ergebnisse sollen wiederum in die Konzeptvorschläge für das Exterieur-Design einfließen.



Abb. 2: Forschungsschwerpunkt 2 – Anthropometrische Fahrzeugauslegung (Quelle: Ingrid Bubb, TUM)

Darüber hinaus soll abgeleitet werden, welche ergonomischen Herausforderungen durch ein verändertes Nutzerverhalten für die Fahrzeuginnenraumgestaltung zu erwarten sind (Abbildung 2). Anhand dieser Ergebnisse und unter Nutzung des virtuellen Menschmodells RAMSIS™ sollen Interieur- und Exterieur-Vorschläge für den autonomen Bus der Zukunft entwickelt und als Gestaltungsempfehlungen der Allgemeinheit zur Verfügung gestellt werden.

## Projektkonsortium

Neben dem Lehrstuhl für Ergonomie der TUM sind an dem Projekt das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (Institut für Verkehrsfororschung (Projektleitung), Institut für Fahrzeugkonzepte, Institut für Verkehrssystemtechnik), die Hochschule Esslingen, der Berliner Verkehrsgesellschaft (BVG), der Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV) und die Berliner Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz beteiligt.

# UNICARagil – Kooperationsprojekt zur Mobilität der Zukunft

Ingrid Bubb, Annika Ulherr, Hendrik Homans

## Hintergrund

Zukünftige Mobilität ist elektrisch, vernetzt und automatisiert (Kagermann, 2017). Dies wird zu einer umfassenden Veränderung des motorisierten Straßenverkehrs führen, wie wir ihn heute kennen. Damit gehen nicht nur große Chancen für neuartige Mobilitäts- und Transportkonzepte einher, sondern auch Verbesserungen der Verkehrssicherheit sowie der Lebensqualität in urbanen Räumen.

Dafür geeignete Fahrzeugkonzepte erfordern jedoch eine wesentlich zentralisiertere und leistungsfähigere Informationsverarbeitung und -übertragung im Kraftfahrzeug und damit eine Abkehr von etablierten Architekturen und Prozessen. Die in der Automobilindustrie vorherrschenden und in den letzten 130 Jahren bewährten Methoden der evolutionären Weiterentwicklung bestehender Systeme und Konzepte werden daher nur begrenzt Erfolg haben können.

## Forschungsvorhaben

Im Vorhaben UNICARagil (Laufzeit: 02/2018 bis 01/2022) werden neueste Ergebnisse der Forschung zur Elektromobilität sowie zum automatisierten und vernetzten Fahren genutzt, um autonome elektrische Fahrzeuge für vielfältige zukünftige Anwendungsszenarien zu entwickeln. Basis für die verschiedenen Anwendungsfälle soll eine modulare und skalierbare Fahrzeugplattform sein. Auf dieser Plattform können unterschiedliche Aufbauten angebracht werden, die verschiedene Nutzersituationen abdecken. Innerhalb des Forschungsprojekt werden vier Anwendungsfälle prototypisch aufgebaut und abgesichert:

1. AUTOtaxi („On Demand“-Fahrzeug),
2. AUTOelfe (Privatfahrzeug),

3. AUTOshuttle (Ergänzung zum öffentlichen Nahverkehr)
4. AUTOliefer (Mobile „Packstation“).

Um diese Anwendungsfälle realisieren zu können, wird das Kernelement der Forschungsarbeiten die Entwicklung von Sensormodulen für die Umfelderfassung, eine flexibel erweiterbare und update-fähige Software- und Hardware-Architektur sowie die Realisierung von Dynamikmodulen zum individuellen Lenken, Antreiben und Verzögern einzelner Räder seien. Durch eine neuartige funktionale Fahrzeugarchitektur, die über eine Cloud mit der Straßeninfrastruktur und sogenannten Info-Bienen (Drohnen als fliegende Sensorcluster) vernetzt ist, kann ein – auf unterschiedliche Ausgangssituationen angepasstes – Fahrverhalten gewährleistet werden. Auch Zustände, die für das Fahrzeug unauflösbar sind (z.B. Baustellen), können durch den Eingriff einer innerhalb des Projektes zu entwickelnden Leitwarte beendet werden.

Abbildung 1 soll die Verknüpfung der unterschiedlichen neuartigen Funktionen, die innerhalb des Forschungsvorhabens entwickelt werden sollen, nochmal verdeutlichen.

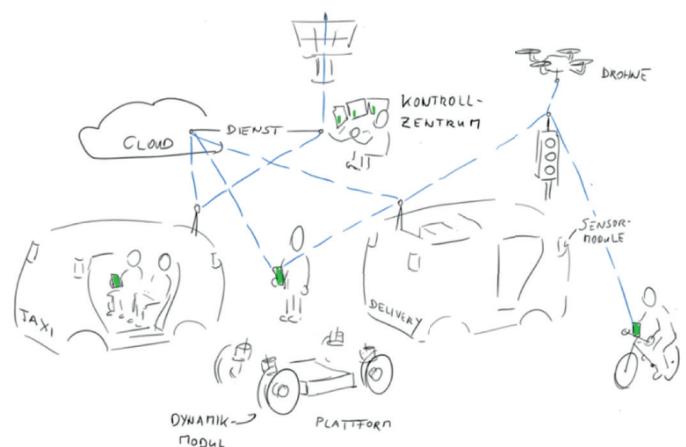


Abb. 1: Modulare Plattform mit Aufbauten, vernetzt mit Cloud, Leitwarte und Infrastruktur (Quelle: ika, RWTH Aachen)

## Forschungsaufgaben des Lehrstuhls für Ergonomie

### Mensch-Maschine-Interaktion rund um die Fahrzeuge

Insbesondere für die softwaretechnische Umsetzung des Fahrzeugverhaltens und der Trajektorienplanung ist es notwendig zu wissen, wie unterschiedliche Fahrstrategien auf den Fahrgäste wirken und welche Trajektorien dementsprechend bevorzugt umzusetzen sind. Um möglichst akzeptierte Trajektorien in die Fahrzeuge implementieren zu können, wird der Lehrstuhl einen Beitrag hierzu sowohl durch Literatur- als auch Probandendaten liefern.

Neben der Wirkung der Fahrstrategie auf den Insassen muss das Interaktionsverhalten zwischen verschiedenen Verkehrsteilnehmern betrachtet werden. Auch hier können unterschiedliche Fahrstrategien das Verhalten der anderen Verkehrsteilnehmer (bspw. Fußgänger oder Fahrradfahrer) beeinflussen. Der Lehrstuhl wird deshalb untersuchen, wie mögliche Kommunikationsschnittstellen (z.B. durch Außenkennzeichnung des Fahrzeugs) zwischen verschiedenen Verkehrsteilnehmer zu gestalten sind.

Um die Nutzung der zu entwickelnden Fahrzeuge gewährleisten zu können, wird der Lehrstuhl zudem mögliche Kommunikationsschnittstellen zwischen Insassen und Fahrzeug bzw. auch Teleoperator konzipieren und prototypisch umsetzen.

### Arbeitsplatzgestaltung Leitwarte

Die Leitwarte wird das Sicherheits- und Kontrollzentrum des Projektes sein, von dem aus die Fahrzeuge überwacht, beeinflusst und gesteuert werden können. Zum einen steigert die Leitwarte das Vertrauen der Passagiere in autonome Fahrzeuge, indem das

Personal der Leitwarte bei Bedarf mit den Insassen kommunizieren kann. Zum anderen erhöht die Leitwarte den Funktionsumfang von autonomen Fahrzeugen. Wird eine Funktionsgrenze erreicht (z.B. wegen Baustellen), übernimmt die Leitwarte teleoperiert die Steuerung des Fahrzeugs und überführt es wieder in einen Zustand, von dem aus eine autonome Weiterfahrt wieder möglich ist.

Die Entwicklung der Leitwarte wird vom Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik (FTM) verantwortet. Der Lehrstuhl für Ergonomie unterstützt hierbei die Konzeptentwicklung des Teleoperator-Arbeitsplatzes zum einen auf Basis informationstechnischer Hintergründe zum anderen aber auf Basis anthropometrischer Arbeitsplatz-Gestaltungsregeln.

### Konzeptentwicklung, Aufbau und Realabsicherung des Prototyps AUTOtaxi

Das AUTOtaxi soll Passagieren individuelle Fahrten im urbanen Umfeld ermöglichen. Per Smartphone soll das Fahrzeug gebucht, bestellt oder direkt an der Straße geöffnet und genutzt werden. Das Fahrzeug wird dementsprechend Merkmale vereinen, die bisher Taxis einerseits, und On-Demand-Fahrzeuge, wie car2go und DriveNow andererseits auszeichnen. Entsprechend dieser erweiterten Anforderungen soll das Fahrzeug gestaltet werden.

Zusammen mit dem Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik (FTM), der die Leitung und Koordination dieses Teilarbeitspakets übernimmt, verantwortet der Lehrstuhl für Ergonomie die Fahrzeugauslegung. Schwerpunktmäßig beschäftigt sich der Lehrstuhl für Ergonomie hierbei mit der ergonomischen Fahrzeuginnenraumgestaltung einschließlich sinnvoller Zugangskonzepte. Dies umfasst sowohl die Definition der Anforderungen, die Konzeptentwicklung, die Konstruktion und virtuelle Absicherung als auch die Fertigung und den Aufbau des Prototyps.

Auf einem Testfeld am und um den Universitäts-campus Garching der TUM wird der gefertigte AUTOtaxi-Prototyp erprobt werden. Den Erprobungsschwerpunkt wird der Lehrstuhl auf die Mensch-Maschine-Interaktion rund um das Fahrzeug legen und aus den Ergebnissen Optimierungsvorschläge ausarbeiten.

## Projekterndaten

Das Projekt wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen des Förderschwerpunktes „Disruptive Fahrzeugkonzepte für die autonome elektrische Mobilität“ (Auto-Dis) gefördert. Das Projektvolumen beträgt 23,3 Millionen Euro (davon 94 % Förderanteil durch den BMBF).

Mitglieder des Konsortiums sind: RWTH Aachen, TU Braunschweig, TU Darmstadt, Karlsruher Institut für Technologie, TU München, Universität Stuttgart und Universität Ulm sowie die folgenden Industriepartner ATLATEC GmbH, flyXdrive GmbH, iMAR Navigation GmbH, IPG Automotive GmbH, Schaeffler Technologies AG & Co. KG und VIRES Simulationstechnologie GmbH.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

## Literatur

Kagermann H. (2017) Die Mobilitätswende: Die Zukunft der Mobilität ist elektrisch, vernetzt und automatisiert. In: Hildebrandt A., Landhäußer W. (eds) CSR und Digitalisierung. Management-Reihe Corporate Social Responsibility. Springer Gabler, Berlin, Heidelberg

# Exkursionen

## Erkundung der Berufsrealität für angehende Lehrer

Alexander Eichler

Exkursionen haben eine besondere Bedeutung im Kontext der Berufsorientierung. Dies gilt nicht nur für Schüler, sondern auch für angehende Lehrer in Ihrer universitären Ausbildung. Die Methode der Erkundung wird im Seminar Betriebliche Exkursionen theoretisch-didaktisch grundgelegt. Ziele der Veranstaltung sind:

- zukünftige Lehrkräfte mit der betrieblichen Ausbildung zusammenzuführen
- praxisnahe Eindrücke sammeln, mit direkt Betroffenen sprechen, Realität erfahren
- theoretische Inhalte der Vorlesungen praktisch veranschaulichen
- Ideen zur unterrichtspraktischen Einbettung entwickeln

Wo kann dies am besten passieren als in der betrieblichen Realität. Neben Institutionen, wie den Handwerks- und Industriekammern, sind es vor allem die kleinen und großen Betriebe im Handwerk und in der Industrie, die die berufliche Zukunft der Schüler darstellen und abbilden. Ein Highlight im diesjährigen Exkursionsse-

minar war der Besuch der BMW AG am 16.04.2018 in München. Schwerpunktthemen waren eine Betriebsbesichtigung des Werkes sowie das Kennenlernen der betrieblichen Ausbildungsrealität der BMW AG. Hierzu kam es zu einem Austausch mit Auszubildenden Mechatronikern und der Leiterin der Ausbildung bei BMW Frau Svenja Glöck. Wichtige Fragen, die Berufschancen der Mittelschüler betreffen, wurden sachlich und in die Tiefe gehend diskutiert. Darüber hinaus wurde die Verantwortung der BMW AG gegenüber den nicht akademischen Bewerbern und Ausbildungsberufen sehr deutlich gemacht. Industrie 4.0 wird hierbei zu Veränderungen nicht nur bei der BMW AG führen. Berufe und damit verbundenen Tätigkeiten werden zunehmend von Robotern übernommen werden. Dafür entstehen andererseits neue Berufsbilder mit anderen Anforderungsprofilen. Dort, wo Türen zugehen, gehen an anderer Stelle Türen auf. Die Zukunft hat bereits begonnen, nicht nur in der beruflichen Realität, sondern auch in den Bildungseinrichtungen.

## Hörsaaltheorie trifft automobile Praxis – Exkursion zur BMW AG in München

Christian Lehsing

Im Wintersemester veranstaltet der Lehrstuhl die Vorlesung und Übung zur Produktionsergonomie. Hier stehen Themen wie menschliche Arbeit, biomechanische Grundlagen, Arbeitsplatzgestaltung und Mensch-Roboter-Interaktion im Fokus.

Um die Inhalte der Veranstaltung möglichst praktisch zu erleben wird im Rahmen der Veranstaltung eine Exkursion angeboten. Im Wintersemester 17/18 besuchten StudentInnen zusammen mit dem Veranstaltungsteilnehmer das BMW Werk in München. Sie erhielten u.a. Einblick in die Teilefertigung, die Montage, die Logistik

und die Qualitätssicherung. Ein Hauptaugenmerk lag hierbei auf Stationen im Werk, die mit ergonomischen Lösungen einer Verbesserung zugeführt wurden. So konnten die Teilnehmer der Exkursion z.B. hautnah den „Chairless-Chair“ (<https://www.noonee.com/>), eine Unterstützung bei Steharbeitsplätzen, um Muskel- und Skeletterkrankungen vorzubeugen.

Da das Feedback zu den Exkursionen durchweg positiv ist, ist der Lehrstuhl bestrebt, diese Art der praktischen Wissensvermittlung auch die nächsten Jahre aufrecht zu erhalten.

## Exkursion zur Grammer AG am 03. Juli 2018

Ingrid Bubb

Eine Gruppe StudentenInnen der Vorlesung Produktergonomie besuchten am 03. Juli 2018 die Firma Grammer AG in Amberg. Das Unternehmen entwickelt Komponenten und Systeme für den PKW Innenraum sowie Fahrer- und Passagiersitze für Offroad-Fahrzeuge, LKW, Busse und Bahnen. Die Studierenden konnten in Gesprächen mit Experten und bei Präsentationen die Produktentwicklung sowie die Produktion der Firma

Grammer AG, insbesondere mit Fokus auf die ergonomischen Aspekte, näher kennlernen. Abgeschlossen wurde die Exkursion mit einer Werksführung durch die Produktion.

Wir bedanken uns bei der Firma Grammer AG, insbesondere bei Frau Frohriep, und unserer Mitarbeiterin Annika Ulherr für die Organisation und Durchführung dieser gelungenen Exkursion.

# Auszeichnungen und Ehrungen

## Best Paper Award

Der Best Paper Award für die Kategorie Work-in-Progress der 9th International ACM Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications wurde an Stephanie Cramer und ihre Ko-Autoren Alexander Lange, Stephan Bültjes und Jana Klohr für das Paper „Design Possibilities for Vehicle Roll Motions as Feedback for the Driver during Automated Driving“ verliehen.

Cramer, S., Lange, A., Bültjes, S., & Klohr, J. (2017). Design Possibilities for Vehicle Roll Motions as Feedback for the Driver during Automated Driving. Proceeding of ACM 9th International ACM Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications (pp. 152–157). doi: 10.1145/3131726.3131746.



## Joseph-Ströbl-Preises

In seiner Dissertation beschäftigte sich Herr Dr. Christian Gold mit der Modellierung des Fahrers in Übernahmesituationen beim hochautomatisierten Fahren. Hierfür erhielt Herr Gold im Bayerischen Staatsministerium des Innern den wissenschaftlichen Förderpreis des Joseph-Ströbl-Preises, verliehen von Frau Sonja Ströbl und Bayerns Innen- und Verkehrsstaatssekretär Gerhard Eck. Der Joseph-Ströbl-Preis wird alljährlich für besondere Verdienste um die Verkehrssicherheit verliehen. Einen Beitrag leistet hier unter Anderem das in der Dissertation gewonnene Wissen um Übernahmezeiten beim Hochautomatisierten Fahren. „Dieses Wissen ist notwendig, um selbstfahrende Autos präzise auf unsere Reaktionsschnelligkeit zu programmieren. Gold hat damit einen Forschungsbeitrag geleistet, der später einmal Menschenleben retten kann“, gratulierte Eck.



© Christoph Schedensack

<http://www.stmi.bayern.de/med/aktuell/archiv/2017/171127stroebelreis/>

# Veröffentlichungen von Sommer 2017 bis Sommer 2018

## Lehrstuhl für Ergonomie

2017

Bengler, K. (2017). No Human - No Cry? Automatisierungs-technik. Methoden und Anwendungen der Steuerungs-, Regelungs- und Informationstechnik. 65(7), 471–476.

Bengler, K., Drüke, J., Hoffmann, S., Manstetten, D., & Neukum, A. (Eds.). (2017). UR:BAN Human Factors in Traffic: Approaches for Safe, Efficient and Stress-free Urban Traffic. Wiesbaden: Springer Vieweg.

Cramer, S., Lange, A., Bültjes, S., & Klohr, J. (2017). Design Possibilities for Vehicle Roll Motions as Feedback for the Driver during Automated Driving. In Proceedings of ACM 9th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications 2017 (pp. 152–157). ACM Digital Library. <https://doi.org/10.1145/3131726.3131746>

Cramer, S., Miller, B., Siedersberger, K.-H., & Bengler, K. (2017). Perceive the difference: Vehicle pitch motions as feedback for the driver. In Proceedings of the 2017 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC) (pp. 1699–1704). Elsevier. <https://doi.org/10.1109/SMC.2017.8122860>

Feldhütter, A., Gold, C., Schneider, S., & Bengler, K. (2017). How the Duration of Automated Driving Influences Take-Over Performance and Gaze Behavior. In C. Schlick, S. Duckwitz, F. Flemisch, M. Frenz, S. Kuz, A. Mertens, & S. Mütze-Niewöhner (Eds.), Advances in Ergonomic Design of Systems, Products and Processes: Proceedings of the Annual Meeting of GfA 2016 1st ed / The best of (pp. 309–318). Berlin: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-53305-5\\_22](https://doi.org/10.1007/978-3-662-53305-5_22)

Feldhütter, A., Segler, C., & Bengler, K. (2017). Does Shifting Between Conditionally and Partially Automated Driving Lead to a Loss of Mode Awareness? In N. A. Stanton (Ed.): Vol. 597. Advances in Intelligent Systems and Computing, Proceedings of the AHFE 2017. International Conference on Human Factors in Transportation: Advances in Human Aspects of Transportation (pp. 730–741). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-60441-1\\_70](https://doi.org/10.1007/978-3-319-60441-1_70)

Fuest, T., Sorokin, L., Bellem, H., & Bengler, K. (2017). Taxonomy of Traffic Situations for the Interaction between Automated Vehicles and Human Road Users. In N. A. Stanton (Ed.): Vol. 597. Advances in Intelligent Systems and Computing, Proceedings of the AHFE 2017. International Conference on Human Factors in Transportation: Advances in Human Aspects of Transportation (pp. 709–719). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-60441-1\\_68](https://doi.org/10.1007/978-3-319-60441-1_68)

Gontar, P., Fischer, U., & Bengler, K. (2017). Methods to Evaluate Pilots' Cockpit Communication: Cross-Recurrence Analyses vs. Speech Act-Based Analyses. Journal of Cognitive Engineering and Decision Making, 11(4), 337–352. <https://doi.org/10.1177/1555343417715161>

Gontar, P., Schneider, S. A. E., Schmidt-Moll, C., Böllin, C., & Bengler, K. (2017). Hate to interrupt you, but... analyzing turn-arounds from a cockpit perspective. Cognition, Technology & Work, 19(4), 837–853. <https://doi.org/10.1007/s10111-017-0440-4>

Hipp, E., Bengler, K., Kressel, U., & Feit, S. (2017). Part I Introduction: The Research Initiative UR:BAN. In K. Bengler, J. Drüke, S. Hoffmann, D. Manstetten, & A. Neukum (Eds.), UR:BAN Human Factors in Traffic: Approaches for Safe, Efficient and Stress-free Urban Traffic (pp. 3–26). Wiesbaden: Springer Vieweg. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-15418-9\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-658-15418-9_1)

Lehsing, C., & Feldstein, I. (2017). Urban Interaction – Getting Vulnerable Road Users into Driving Simulation. In K. Bengler, J. Drüke, S. Hoffmann, D. Manstetten, & A. Neukum (Eds.), UR:BAN Human Factors in Traffic: Approaches for Safe, Efficient and Stress-free Urban Traffic (pp. 347–362). Wiesbaden: Springer Vieweg. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-15418-9\\_19](https://doi.org/10.1007/978-3-658-15418-9_19)

Muehlbacher, D., Preuk, K., Lehsing, C., Will, S., & Dotzauer, M. (2017). Multi-Road User Simulation: Methodological Considerations from Study Planning to Data Analysis. In K. Bengler, J. Drüke, S. Hoffmann, D. Manstetten, & A. Neukum (Eds.), UR:BAN Human Factors in Traffic: Approaches for Safe, Efficient and Stress-free Urban Traffic (pp. 403–418). Wiesbaden: Springer Vieweg. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-15418-9\\_23](https://doi.org/10.1007/978-3-658-15418-9_23)

Othersen, I., Petermann-Stock, I., Schömig, N., Neukum, A., & Fuest, T. (2017). Kognitive Übernahmefähigkeit nach einer pilotierten Fahrt – Methodenentwicklung und Wechselwirkung mit der Durchführung von Nebentätigkeiten / Cognitive driver take-over capability after piloted driving – method development and interaction with a side task. In W. G. VDI (Ed.), Proceedings of the 18. International Congress Electronics in Vehicles (ELIV) 2017 (pp. 593–606). VDI Verlag GmbH.

Othersen, I., Petermann-Stock, I., Schoemig, N., & Fuest, T. (2017). Methoden und Wechselwirkung Kognitive Übernahmefähigkeit nach einer pilotierten Fahrt. ATZelektronik, 12(S1), 26–31. <https://doi.org/10.1007/s35658-017-0068-4>

Petermeijer, S. M., Hornberger, P., Ganotis, I., Winter de, J. C. F., & Bengler, K. J. (2017). The Design of a Vibrotactile Seat for Conveying Take-Over Requests in Automated Driving. In N. A. Stanton (Ed.): Vol. 597. Advances in Intelligent Systems and Computing, Proceedings of the AHFE 2017. International Conference on Human Factors in Transportation: Advances in Human Aspects of Transportation (pp. 618–630). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-60441-1\\_60](https://doi.org/10.1007/978-3-319-60441-1_60)

Radlmayr, J., Weinbeer, V., Löber, C., Farid, M., & Bengler, K. (2017). How Automation Level and System Reliability Influence Driver Performance in a Cut-In Situation. In N. A. Stanton (Ed.): Vol. 597. Advances in Intelligent Systems and Computing, Proceedings of the AHFE 2017. International Conference on Human Factors in Transportation: Advances in Human Aspects of Transportation (pp. 684–694). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-60441-1\\_66](https://doi.org/10.1007/978-3-319-60441-1_66)

Reinhardt, J., Pereira, A., Beckert, D., & Bengler, K. (2017). Dominance and movement cues of robot motion: A user study on trust and predictability. In Proceedings of the 2017 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC) (pp. 1493–1498). Elsevier. <https://doi.org/10.1109/SMC.2017.8122825>

Rittger, L., & Götze, M. (2017). HMI Strategy – Recommended Action. In K. Bengler, J. Drüke, S. Hoffmann, D. Mantetten, & A. Neukum (Eds.), UR:BAN Human Factors in

Traffic: Approaches for Safe, Efficient and Stress-free Urban Traffic (pp. 119–150). Wiesbaden: Springer Vieweg. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-15418-9\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-658-15418-9_7)

Schmidtler, J., & Bengler, K. (2017). Influence of Size-Weight Illusion on Usability in Haptic Human-Robot Collaboration. IEEE transactions on haptics. 11(1), 85–96. <https://doi.org/10.1109/TOH.2017.2757925>

Schmidtler, J., Bengler, K., Dimeas, F., & Campeau-Lecours, A. (2017). A questionnaire for the evaluation of physical assistive devices (QUEAD): Testing usability and acceptance in physical human-robot interaction. In Proceedings of the 2017 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC) (pp. 876–881). Elsevier. <https://doi.org/10.1109/SMC.2017.8122720>

Stecher, M., Michel, B., & Zimmermann, A. (2017). The Benefit of Touchless Gesture Control: An Empirical Evaluation of Commercial Vehicle-Related Use Cases. In N. A. Stanton (Ed.): Vol. 597. Advances in Intelligent Systems and Computing, Proceedings of the AHFE 2017. International Conference on Human Factors in Transportation: Advances in Human Aspects of Transportation (pp. 383–394). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-60441-1\\_38](https://doi.org/10.1007/978-3-319-60441-1_38)

Ulherr, A., & Bengler, K. (2017). Seat Assessment – A Discussion of Comfort and Discomfort Models and Evaluation Methods. In Proceedings of the 1st International Comfort Congress ICC 2017.

Ulherr, A., Zeller, F., & Bengler, K. (2017). Simulating Seat Discomfort: An Experimental Design for Using Digital Human Models. In D. N. Cassenti (Ed.): Vol. 591. Advances in Intelligent Systems and Computing, Proceedings of the AHFE 2017 International Conference on Human Factors in Simulation and Modeling: Advances in Human Factors in Simulation and Modeling (AHFE) 2017 (pp. 354–365). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-60591-3\\_32](https://doi.org/10.1007/978-3-319-60591-3_32)

Ulherr, A., & Bengler, K. (2017). Bewertung von Sitzen. Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, 28(6), 439. <https://doi.org/10.1007/s41449-017-0092-5>

- Ulherr, A., Yang, Y., & Bengler, K. (2017). Implementation of an artificial neural network for global seat discomfort prediction by simulation. In Proceedings of the 5th International Digital Human Modeling Symposium (1st ed., pp. 274–282). Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.
- Weinbeer, V., Baur, C., Radlmayr, J., Bill, J.-S., Muhr, T., & Bengler, K. (2017). Highly automated driving: How to get the driver drowsy and how does drowsiness influence various take-over aspects? In Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik mit TÜV SÜD Akademie (Ed.), Tagungsband 8. Tagung Fahrerassistenz. TÜV SÜD Akademie GmbH.
- Winzer, O. M., Conti, A. S., Olaverri-Monreal, C., & Bengler, K. (2017). Modifications of Driver Attention Post-distracti-on: A Detection Response Task Study. In F. Nah & C. Tan (Eds.), Proceedings of the 4th International Conference, HCIBGO 2017: Held as Part of HCI in Business, Government and Organizations. Interacting with Information Systems. Part I (Vo. 10293). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-58481-2\\_31](https://doi.org/10.1007/978-3-319-58481-2_31)
- Yang, Y., Götze, M., Laqua, A., Dominion, G. C., Kawabe, K., & Bengler, K. (2017). A method to improve driver's situation awareness in automated driving. In D. Waard de, F. Nocera di, D. Coelho, J. Edworthy, K. Brookhuis, F. Ferlazzo, . . . A. Toffetti (Eds.), Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Europe Chapter 2017 Annual Conference (HFES) 2017.
- 2018**
- Aringer-Walch, C., Ayanoglu, M., & Bengler, K. (2018). Wer braucht denn das? Eine Analyse von Stellenanzeigen für den Arbeitsbereich Human Factors Engineering. In Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V. (GfA) 2018 (Ed.), 64. Frühjahrskongress. Arbeit(s).Wissen.Schaf(f)t. Grundlagen für Management & Kompetenzentwicklung. GfA Press.
- Friedrich, M., Biermann, M., Gontar, P., Biella, M., & Bengler, K. (2018). The influence of task load on situation awareness and control strategy in the ATC tower environment. *Cognition, Technology & Work*, 20(2), 205–217. <https://doi.org/10.1007/s10111-018-0464-4>
- Gontar, P., Homans, H., Rostalski, M., Behrend, J., Dehais, F., & Bengler, K. (2018). Are pilots prepared for a cyber-attack? A human factors approach to the experimental evaluation of pilots' behavior. *Journal of Air Transport Management*, 69, 26–37. <https://doi.org/10.1016/j.jairtraman.2018.01.004>
- Körber, M., Baseler, E., & Bengler, K. (2018). Introduction matters: Manipulating trust in automation and reliance in automated driving. *Applied Ergonomics*, 66(66), 18–31. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2017.07.006>
- Körber, M., Prasch, L., & Bengler, K. (2018). Why Do I Have to Drive Now? Post Hoc Explanations of Takeover Requests. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 60(3), 305–323. <https://doi.org/10.1177/0018720817747730>
- Schmidtler, J., & Körber, M. (2018). Human Perception of Inertial Mass for Joint Human-Robot Object Manipulation. *ACM Transactions on Applied Perception*, 15(3), 1–20. <https://doi.org/10.1145/3182176>
- Schneider, S., Maruhn, P., & Bengler, K. (2018). Locomotion, Non-Isometric Mapping and Distance Perception in Virtual Reality. In Proceedings of the 2018 10th International Conference on Computer and Automation Engineering (ICCAE) (pp. 22–26). ACM Digital Library. <https://doi.org/10.1145/3192975.3193022>
- Song, Y. E., Lehsing, C., Fuest, T., & Bengler, K. (2018). External HMIs and their Effect on the Interaction Between Pedestrians and Automated Vehicles. In W. Karwowski & T. Ahram (Eds.), Intelligent Human Systems Integration (Vol. 722). Cham: Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-73888-8\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-319-73888-8_3)

## Professur für Sportgeräte und -materialien

Brandauer, T., & Senner, V. (2017). The Flow Experience in Alpine Skiing. In E. Müller, J. Kröll, S. Lindinger, J. Pfusterschmied, J. Spörri, & T. Stögg (Eds.), *Science and Skiing VII* (VII<sup>th</sup> ed., pp. 40–51). Meyer & Meyer Sport (UK) Ltd. Retrieved from [www.m-m-sports.com](http://www.m-m-sports.com)

Hermann, A., Bauer, N., & Senner, V. (2017). Skianzug zur Echtzeitmessung des Kniewinkels beim Skifahren. *Technische Textilien. Innovation, Technik, Anwendung.* (5), 310–312.

Keshvari, B., Mitternacht, J., & Senner, V. (2017). Competitive study of stud characteristics on the penetrability. *Footwear Science*, 9(sup1), S60-S61. <https://doi.org/10.1080/19424280.2017.1314338>

Keshvari, B., Senner, V., Kraft, D., & Alevras, S. (2017). Comparative Study of Shoe-Surface Interaction in Trail Running – Subjective and objective Evaluation. In *Proceedings of the 35th International Conference on Biomechanics in Sports (ISBS) 2017* (Volume 35, Issues 1). Retrieved from <http://commons.nmu.edu/isbs/vol35/iss1/210>

Meyer, D., & Senner, V. (2017). Evaluating a heart rate regulation system for human-electric hybrid vehicles. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part P: Journal of Sports Engineering and Technology*, 1754337117710069. <https://doi.org/10.1177/1754337117710069>

Schwartz, A., Mess, F., Demetriou, Y., & Senner, V. (Eds.). (2017). *Innovation & Technologie im Sport. 23. dvs-Hochschultag München 13.-15. September 2017. Schriften der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft*: Vol. 265. Hamburg: Feldhaus Verlag GmbH &Co. KG. Retrieved from [www.dvs2017.de](http://www.dvs2017.de)

Steinmassl, S., Soltes, M., Lienkamp, M., & Senner, V. (2017). Ecological light duty vehicles – an experience based product development process based on two different vehicle concepts in a resource limited environment. In *Proceedings of the Twelfth International Conference on Ecological Vehicles and Renewable Energies (EVER)*, 2017 (pp. 1–9). IEEE. <https://doi.org/10.1109/EVER.2017.7935876>

# Dissertationen

## Längsdynamik und Antriebsakustik von elektrifizierten Straßenfahrzeugen – Beschreibung und Gestaltung des emotionalen Erlebens

Die Arbeit fokussiert die Beschreibung und Gestaltung des emotionalen Erlebens der Fahrer von elektrifizierten Straßenfahrzeugen. Als maßgebliche Einflussgrößen auf die Wahrnehmung und das Erleben des Antriebs werden die Beschleunigungswahrnehmung und die auditive Wahrnehmung betrachtet. Im ersten Versuch wird eine kognitiven Erlebnisstruktur erarbeitet. Die weiteren Versuche der Arbeit untersuchen, ausgehend von dieser Struktur,

das emotionale Erleben der Fahrer beim Fahren elektrifizierter Antriebe manöverbasiert im realen Straßenverkehr. Abschließend werden die gefundenen Einflussgrößen diskutiert und technische Gestaltungsempfehlungen gegeben, wie das Fahrerleben elektrifizierter Fahrzeugantriebe zielgerichtet und positiv gestaltet werden kann.

Hermann Hajek, 19.09.2017

## Evaluation von Exoskeletten zur Lastenhandhabung in der Logistik mithilfe des standardisierten Einsatzes der Spiroergometrie

Im Zuge von „Industrie 4.0“ und „Arbeit 4.0“ steht derzeit die Optimierung von Logistik-Arbeitsplätzen im Fokus. Über den Einsatz neuer Assistenzsysteme zur Lastenhandhabung soll der Arbeitnehmer bei seinen Tätigkeiten unterstützt werden. Thema dieser Arbeit ist die Entwicklung einer standardisierten Methodik zur Quantifizierung der Beanspruchung bei manuellen Kommissionieraktivitäten mithilfe der Spiroergometrie. Die damit ermittelten

Beanspruchungsdaten können für die Arbeitsplanung in der Logistik eingesetzt werden. Zudem kann dieses Konzept zur Evaluation von neuen Assistenzsystemen wie Exoskeletten herangezogen werden, wobei das entwickelte Exoskeleton Assistance Assessment (EAA)-Tool Anwendung findet.

Verena Christina Knott, 21.11.2017

Knott, V. C. (2017) Evaluation von Exoskeletten zur Lastenhandhabung in der Logistik mithilfe des standardisierten Einsatzes der Spiroergometrie. Dissertation. Technische Universität München. Fakultät für Maschinenwesen. Lehrstuhl für Ergonomie. München: Verlag Dr. Hut. ISBN: 978-3-8439-3414-5.

## A vibrotactile interface to support the driver during the take-over process

In highly automated vehicles transitions from automated to manual control can be a safety critical issue. In this thesis, a prototype of a vibrotactile seat was developed and its effectiveness in take-over scenarios was evaluated. Results showed that the vibrotactile seat is an effective and efficient approach to inform the driver of a take-over

request. However, the vibrotactile seat was not able to provide directional (left/right) cues that could be recognized reliably by the driver.

Sebastianus Martinus Petermeijer, 05.12.2017

## An Integrative Evaluation of Airline Pilots' Manual High-Precision Flying Skills in the Age of Automation

In mehreren Flugsimulatorstudien wurden Faktoren untersucht, welche die manuelle Flugfertigkeit von Linienpiloten beeinflussen können. Kurz- und Langstreckenpiloten, die sich in ihrer Flugpraxis unterscheiden, mussten einen manuellen Endanflug mit Landung absolvieren, während ihr Blick- und Steuerverhalten aufgezeichnet wurde. Es zeigte sich, dass die aktuelle Flugpraxis der wichtigste

Einflussfaktor auf die manuelle Flugleistung ist. Im zweiten Schritt der Analyse wurden Verhaltensmuster bei der Informationsaufnahme (Blickverhalten) sowie der Flugzeugsteuerung (motorisches Verhalten) identifiziert und bewertet.

Andreas Haslbeck, 22.12.2017

## Gestaltung der Fahrdynamik beim Fahrstreifenwechselmanöver als Rückmeldung für den Fahrer beim automatisierten Fahren

Beim teil- und hochautomatisierten Fahren spielt die Rückmeldung von Informationen über den Zustand und die Absicht des Automationssystems an den Fahrer eine wichtige Rolle. In dieser Arbeit werden Gestaltungsempfehlungen für die Fahrdynamik des automatisierten Fahrstreifenwechselmanövers erarbeitet, welche die vestibuläre Rückmeldung von Informationen an den Fahrer

unterstützen. Die Empfehlungen basieren auf aus der Literatur sowie in zwei Probandenstudien im Realfahrzeug gewonnenen Ergebnissen.

Alexander Lange, 31.01.2018

## Wahrnehmungsoptimierte Entwicklung eines Spiegelersatzsystems am Nutzfahrzeug

Es wird ein Kamera-Monitor-System (KMS) als Ersatz für das aktuelle Spiegelsystem am Lkw entwickelt. Die Theorie der menschlichen Wahrnehmung als auch Studien zur Nutzung aktueller Spiegel dienen dazu, die Art der Bilddarstellung im KMS zu entwickeln und zu optimieren. Die Darstellung der drei seitlichen Sichtbereiche (Haupt-,

Weitwinkel- und Anfahrspiegel) in einem durchgängigen Bild lassen positive Effekte hinsichtlich Fahrerbeanspruchung und Verkehrssicherheit erwarten, da Objekte leichter erkannt werden.

Albert Zaindl, 28.02.2018

## Einfluss von Expertise auf die Kritikalitätswahrnehmung in kritischen Fahrsituationen von Fahrerassistenzsystemen

Die vorliegende Dissertation beschäftigt sich mit dem Einfluss von Beherrschbarkeitsexpertise auf die Bewertung kritischer Fahrsituationen während der Nutzung von teil- und hochautomatisierten Fahrerassistenzsystemen. Dazu werden vergleichende Studien mit Experten und Nicht-Experten dargestellt. Der Effekt der Beherrschbarkeitsexpertise wird bezüglich objektiver und subjektiver

Maße beschrieben und quantifiziert. Es werden einfache Modelle zur Beschreibung des Effekts präsentiert und konkrete Handlungsempfehlungen für die Durchführung von Expertenstudien gegeben.

Patrick Galaske, 07.06.2018

## Entwicklung und Evaluation eines integrativen MMI Gesamtkonzeptes zur Handlungsunterstützung für den urbanen Verkehr

Auf der Grundlage einer Anforderungsanalyse wurde ein Anzeigekonzept zur Handlungsempfehlung entwickelt, welches den Fahrer im städtischen Verkehr unterstützt, um sein Fahrzeug stressfrei, komfortabel und effizient ans Ziel zu bringen. Die maßgeblichen Eigenschaften gehen dabei auf eine generische und integrative Darstellungs-

art der Informationen zurück. Die sich daraus ergebenen Vorteile der Erweiterbarkeit, Fahrerzentriertheit sowie handlungsorientierten Darstellart ergeben ein zukunftssicheres Gesamtkonzept.

Martin Götze, 07.06.2018

## Crew Resource Management Training: Reliability and Validity in Light of Training Transfer

Airline pilots have to undergo so-called crew resource management training, which includes skills such as communication and decision-making. In order to make use of these learned skills in real-world operation, positive transfer of training is essential. This thesis investigates two constructs that were shown to be of utmost importance when it comes to training transfer: reliability of the

performance assessment and the validity of the training content. Based on four experimental studies one can conclude that training aspects pertaining both constructs should be improved.

Patrick Gontar, 22.06.2018

# Abgeschlossene Diplom- und Masterarbeiten

## Lehrstuhl für Ergonomie

### Diplomarbeiten

Erarbeitung eines hardwarespezifischen mathematischen Sitzverhaltensmodells  
Entwicklung eines belüfteten Fahrzeugsitzes und einer Überkopfbelüftung für den Einsatz im Realfahrzeug  
Fußgängerverhalten im Realverkehr

### Masterarbeiten

MSE - Inertiale Bewegungserfassung mit CAPTIV Motion und Identifizierung möglicher Störfaktoren bei verschiedenen Anwendungsfällen mit einem Lastkraftwagen  
MSE - Teilautomatisiertes Fahren: Unterstützung des Fahrers durch ein vestibuläres Feedback  
MW - Weiterentwicklung eines Stehsitz-Konzeptes für den öffentlichen Personennahverkehr  
MW - Hochautomatisiertes Fahren und Schläfrigkeit – Evaluierung von Übernahmezeiten in Abhängigkeit des Schläfrigkeitslevels anhand einer Realfahrzeugstudie  
MSE - Empirische Evaluation von Gestensteuerungssystemen mittels Wizard-of-Oz Versuch im Fahrsimulator  
LMU - Erstellung eines mentalen Modells im Bereich Automation in der Fahrzeugführung  
MW - Entwicklung eines Versuchsstands zur Evaluierung eines neuen Einstiegs- und Türkonzepts  
MSE - Entwicklung eines Ergonomie-Konzepts für interaktive Assistenz- und Planungssysteme in bildgebenen Interventionen  
MW - Entwicklung eines Prüfstandes zur Quantifizierung der Behaglichkeit hinsichtlich Fahrzeuginnenklimatisierung  
MW - Untersuchung des Einflusses des Fahrverhaltens von vollautomatisiert fahrenden Fahrzeugen bezüglich der Wahrnehmung und Bewertung von Fußgängern  
MW - Visualization and Comparison of Various Influential Factors of Truck Interiors Affecting the Driver's Sense of Space in Virtual Reality  
MSE - Mode Error and Awareness in Multilevel Driving Automation  
MSE - Untersuchung des Einflusses von Cloud Computing auf die User Experience im Bereich Smart Home am Beispiel einer modernen appgesteuerten Heizungsregelung

MW - Konzeption und Implementierung einer Fahrermüdigkeitserkennung und zeitlich variabler Übernahmeszenarien für das hochautomatisierte Fahren  
INF - Gestaltung eines Augmented Reality Interaktionskonzepts für die intuitive Roboterprogrammierung  
LMU - Developing a Gamification Concept for Cooperative Driver Assistance  
MSE - Konzeption eines 'Hologramms'  
MSE - Friend or Foe? Understandig Assembly Workers' Acceptance of Human-Robot Collaboration  
MSE - Komfortwahrnehmung beim hochautomatisierten Fahren in Abhängigkeit der fahrfremden Tätigkeit  
MSE - Vertrauen und Akzeptanz bei automatisierten Fahrfunktionen: Der Einfluss dargebotener Informationen zur Fahrt  
MSE - Wo stehen berufliche Schulen auf dem Weg zu Industrie 4.0?  
MSE - External Signal Communication between Automated Vehicles and Pedestrians in the Transition Period  
MW - Analyse der Interaktion zwischen Fahrer und Fußgänger im Fahrsimulator  
MSE - Weiterentwicklung des Fußgängersimulators mittels des User Centered Design Process  
MW - Mode Awareness im Fahrzeug: Absicherung von hochautomatisiertem Fahren  
MW - Entwicklung einer Methode zur Identifikation und Quantifizierung anthropometrischer Haupteinflussgrößen auf die subjektive Bewertung des Sitzkomforts  
MSE - Einflussfaktoren auf Mode Awareness beim Wechsel von hoch- zu teilautomatisiertem Fahren  
MW - Thermischer Komfort im Elektrofahrzeug. Zusammenspiel von Überkopfbelüftung und klimatisierten Autositzen im realen Fahrbetrieb  
MW - Identifizierung von Ein- und Ausstiegstrategien bei Nutzfahrzeugen  
MSE - Evaluation eines 3D-Audio-Displays zur Steigerung des Raumbewusstseins von Piloten  
MW - Kalibrierung eines dynamischen Fahrsimulators und Messung der Auswirkungen auf das Fahrverhalten  
MSE - Effects of Time Delay, Packet Loss and Quality of Force Feedback on Human Operating Performance in Teleoperation  
MSE - Modelling take-over performance in highly automated driving using a machine learning approach

TUM School of Management - Untersuchung der Übernahmehalbzeit für hochautomatisierte Fahrzeuge bei motorischer Abwendung

MW - Fahrerintentionserkennung für teilautomatisierte Fahrstreifenwechsel

MW - Konzept und Umsetzung eines Prüfstands zur Untersuchung eines aktiven Stellteils hinsichtlich der Echtzeitanforderung von HMI-Systemen im Fahrzeug

MSE - Erstellung eines mentalen Modells von Automationsstufen im Fahrzeug mittels Online-Fragebogen und Hauptkomponentenanalyse

MSE - Developing a Method of Recognition of Driver's Posture during Automated Driving based on the Pressure Distribution

MW - Entwicklung eines Implementierungskonzeptes für den Einsatz von Exoskeletten bei der Audi AG am Beispiel des Laevo Exoskelettes

MW - A Highly Automated Driving Simulator Experiment to Improve Situation Awareness via Enhanced Visual Feedback

MW - Evaluierung des visuellen Ablenkungspotenzials zweier User Interface Konzepte eines Ampelassistenten im Fahrsimulator anhand einer Blickanalyse

MSE - Entwicklung von Konzepten eines Ampel- und Abbiegeassistenten als mobile Anwendung im Fahrzeug

MW - Entwicklung von Lösungsansätzen für Innenraumkonzepte in vollautomatisierten zukünftigen Fahrzeugkonzepten

MW - Entwicklung eines Algorithmus zur Fahrmanöverprädiktion beim kooperativen Überholen auf der Landstraße durch maschinelles Lernen

MSE - Impact of an Avatar on Sense of Embodiment and Presence in a VR Pedestrian Simulator

MW - Vergleich und Analyse von Lkw-Einstiegsgeometrien anhand der Fahrerbewegung

MW - Entwicklung und Konstruktion eines Exoskelettes zur Unterstützung der oberen Extremitäten

MW - Effect of Fatigue on the Take-Over Performance in Conditionally Automated Driving

## Professur für Sportgeräte und -materialien

MSE - Entwicklung einer elektronisch verstellbaren Sehhilfe zur Entlastung der Halswirbelsäule

MSE - Ergonomische Bewertung variabler Lenkergeometrien im Mountainbike-Sport

TUM School of Education - Messung der plantaren Druckverteilung bei fußballspezifischen Bewegungen. Eine Studie mit verschiedenen Fußballschuhen auf Natur- und Kunstrasen

MSE - Entwicklung und Realisierung einer Skiunterhose mit integrierter Sensorik zur Messung des Kniewinkels und der Muskelaktivität

MW - Optimierung des Schwingungsverhaltens des paralympischen Sportgeräts Monoski

MSE - Auswirkungen eines fehlerbehafteten Biofeedbacks auf physiologische und psychische Parameter bei selbstgewählter körperlicher Belastung

MSE - Applikation charakteristischer Fahrwerksausprägungen eines Mountainbikes und Untersuchung der Einflüsse auf das subjektive Fahrerlebnis

MSE - Nichtinvasive Analyse von Laktat und Glukose im menschlichen Schweiß; Alternative zu in-vivo Messungen während körperlichen Belastungen

MSE - Untersuchung der Sohlenflexion von Fahrradschuhen in der Sagittalebene, der Pedalkraft und der Muskelaktivität

MSE - Evaluation der Sonomyographie anhand ausgewählter Rückenmuskeln

MSE - Entwicklung einer parametrisierten vorwärts-dynamischen Mehrkörpersimulation mit nichtlinearer Optimierung am Beispiel des Sprunggelenks

MW - The Effect of different Stud Patterns on Anterior Cruciate Ligament Injuries due to Cutting Movements on Natural Turf

MW - Setup optimization of a monoski for the paralympic winter games 2018

# Herzlich Willkommen

## Unsere neuen MitarbeiterInnen am Lehrstuhl für Ergonomie



Caroline Adam, M.Sc. ist seit November 2017 als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Ergonomie tätig. Sie studierte den Bachelorstudiengang Wissenschaftliche Grundlagen des Sports an der Technischen Universität München und anschließend daran den Masterstudiengang Ergonomie

– Human Factors Engineering. In ihrer Masterarbeit untersuchte sie, welche Kompetenzen für die Arbeit in einem hochdigitalisierten Produktionsumfeld gebraucht werden und inwieweit zukünftige Arbeitskräfte auf einen Arbeitsplatz in Industrie 4.0 vorbereitet werden. Im Rahmen ihrer aktuellen Forschung beschäftigt sie sich mit den Auswirkungen der Digitalisierung auf die Entgrenzung von Arbeit. Dabei steht insbesondere die räumliche Entgrenzung im Fokus, da sich durch technologische Innovationen mehr und mehr Möglichkeiten für mobiles Arbeiten bieten.



Alexander Eichler ist für die Lehrerbildung Mitarbeiter am Lehrstuhl für Ergonomie, an der Technischen Universität München. Er studierte das Unterrichtsfach Arbeitslehre und das Fach Sport für das Mittelschullehramt an der Technischen Universität München sowie die Fächer Deutsch und Erdkunde an der Ludwig-Maximilians-Universität. Nach zwei Jahren Vorbereitungsdienst in Cieming am Chiemsee arbeitete er sechs Jahre an einer Mittelschule in Rosenheim in unterschiedlichen Jahrgangsstufen und Fächern. Daneben war er Schulamts-Koordinator für die Einführung des Lehrplan Plus im Schulamtsbezirk Rosenheim und wirkte in den Arbeitskreisen Deutsch, Arbeit und Wirtschaft, Englisch und kompetenzorientierte Verfahren der Leistungsmessung mit. Zurzeit ist er als Akademischer Rat

verantwortlich für die Fachdidaktik und ordentlich bestellter Prüfer für das Fach Arbeitslehre am Kultusministerium. Am Lehrstuhl für Ergonomie hält er Lehrveranstaltungen in den Bereichen Methodik und Didaktik der Arbeitslehre. Ergänzt wird sein Lehrdeputat durch Technikseminare, die neben der Vermittlung von theoretischen Grundlagen die didaktische Umsetzung von technischen Themen im Unterricht zum Ziel haben. Des Weiteren betreut Herr Eichler, sowohl im Sommersemester als auch im Wintersemester, Studienarbeiten im Rahmen der Zulassung angehender Lehrer zum ersten Staatsexamen. Seit November promoviert er am Lehrstuhl für Wirtschafts- und Berufsdidaktik der Universität Augsburg bei Frau Prof. Dr. Karin Aschenbrücker zum Thema „Kompetenzorientierte Leistungsmessung“.



Herr Alexander Feierle, M.Sc. ist seit Oktober 2017 als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Ergonomie tätig. Er studierte den Bachelor- und Masterstudiengang Mechatronik und Informationstechnik an der Fakultät Maschinenwesen der Technischen Universität München. Während seiner Studienzeit verfasste Herr Feierle seine Semester- und Masterarbeit am Lehrstuhl für Ergonomie. In seiner Semesterarbeit untersuchte er den Einfluss der Kopforientierung auf das Übernahmeverhalten beim hochautomatisierten Fahren und entwickelte in seiner Masterarbeit ein System zur Fahrermüdigkeitserkennung beim hochautomatisierten Fahren. Sein Forschungsvorhaben wird zukünftig schwerpunktmäßig auf der Gestaltung der Mensch-Maschine-Interaktion beim urbanen automatisierten Fahren liegen.



Martin Fleischer, M.Sc. (Univ.) ist seit Juni 2018 als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Ergonomie tätig. Während des Bachelorstudiums baute er die statische Sitzkiste auf, die später dynamisiert wurde. An selbiger führte er anschließend eine Probandenstudie im Rahmen seiner

Bachelorarbeit „Einfluss der Darstellung von Fußgängern auf das PKW-Fahrverhalten in der vernetzten Fahrsimulation“ durch, in der er den Fahr- mit einem Fußgängersimulator vernetzte. Im April 2018 schloss er sein Maschinenwesen-Studium an der Technischen Universität München mit der Masterarbeit „Entwicklung und Konstruktion eines Exoskelettes zur Unterstützung der oberen Extremitäten“ ab. Seine Forschungsschwerpunkte sind die kinematische und kinetische Auslegung von Exoskeletten im Hinblick auf die Maximierung der biomechanischen Kompatibilität und die Insassensimulation in automatisierten Automobilen.



Herr Niklas Grabbe, M.Sc. studierte den Bachelorstudiengang Wissenschaftliche Grundlagen des Sports sowie den Masterstudiengang Ergonomie – Human Factors Engineering an der Technischen Universität München mit den Schwerpunkten Systemergonomie und Interaktionsdesign. Im Rahmen

seiner Masterarbeit am Lehrstuhl für Raumfahrttechnik konzipierte, implementierte und evaluerte Herr Grabbe ein erweitertes HMI zur Steuerung eines UAVs mittels VR-Brille für einen teleoperierten Feuerwehreinsatz und untersuchte die Effekte verschiedener Latenzzeiten unter anderem auf das Situationsbewusstsein und die Arbeitsbelastung. Seit Februar 2018 ist Herr Grabbe als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Ergonomie tätig und

führt aktuell eine Benchmark-Studie zu Touch-Interaktion im Fahrzeuginnenraum durch. Im Rahmen seiner Promotionsarbeit liegt der Forschungsfokus auf der Absicherung des autonomen Fahrens über das Gütekriterium der menschlichen Fahrleistungsfähigkeit. Zukünftig wird Herr Grabbe das vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie unterstützte Verbundprojekt @CITY mitbearbeiten, wobei das autonome Fahren in der Stadt speziell unter ergonomischen Gesichtspunkten untersucht wird.



Christina Harbauer, M.Sc. studierte Mechatronik und Informationstechnik an der Technischen Universität München und beschäftigte sich bereits in ihrer Bachelorarbeit mit der Mensch-Maschine-Interaktion bei kolaborativen Robotern. Auch in ihrem Masterstudium mit den Schwerpunkten Automatisierungstechnik und Regelungstechnik, war sie sowohl durch ihre Semesterarbeit als auch als wissenschaftliche Hilfskraft am Lehrstuhl für Ergonomie tätig. Ihr Aufgabengebiet umfasste die Untersuchung von Einsatzgebieten von körpergetragenen Hebehilfen, auch genannt Exoskelett, in der Lastenhandhabung und deren Evaluierung. Seit Dezember 2017 ist sie als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Ergonomie tätig. Ihr Arbeitsschwerpunkt liegt im Bereich der Produktionsergonomie. Hier will sie durch Analyse von industriellen Einsatzfeldern ein Exoskelett nach ergonomischen Anforderungen entwickeln und bewerten.



Tobias Hecht, M.Sc. ist seit November 2017 als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Ergonomie tätig. Seit 2010 studierte er an der TU München, zuerst Fahrzeug- und Motorentechnik im Bachelor, anschließend Maschinenwesen mit den Schwerpunkten Ergonomie und BWL im Master.

Beim Studium entdeckte Herr Hecht sein Interesse für die Ergonomie und schloss sowohl seinen Bachelor als auch seinen Master mit einer Abschlussarbeit am LfE ab. Im Mittelpunkt dieser Arbeiten stand das automatisierte Fahren: im Rahmen der Bachelorarbeit befasste Herr Hecht sich mit Nutzererwartungen an automatisiertes Fahren im Allgemeinen und zum Abschluss des Masters untersuchte er die Fahrerzustandskomponente Müdigkeit beim hochautomatisierten Fahren. Dabei sammelte er Erfahrung im Umgang mit dem statischen Simulator sowie dem dort installierten Eye-Tracking-System SmartEye. Nach Abschluss der Masterarbeit im Dezember 2016 arbeitete Herr Hecht zunächst für einen kurzen Zeitraum bei einem Dienstleister im Projektmanagement, bevor er wieder an den LfE zurückkehrte. Im Rahmen seiner Forschung wird sich Herr Hecht schwerpunktmäßig mit den Themen Fahrer-Fahrzeug-Interaktion und fahrfremden Tätigkeiten beim automatisierten Fahren beschäftigen.



Hendrik Homans, M.Sc. studierte den Bachelor „Informationsdesign“ an der Hochschule der Medien in Stuttgart mit dem Schwerpunkt Usability und User Experience. Anschließend war er 5 Jahre im Bereich User Research und Usability Engineering tätig. An der Technischen Universität München studierte Herr Homans den Masterstudiengang „Human Factors Engineering“ und führte in

seiner Abschlussarbeit Untersuchungen durch, um mentale Modelle aus Nutzersicht von Automationsstufen im Fahrzeug zu erstellen. Seit April 2018 ist Herr Homans als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Ergonomie im Projekt UNICARagil tätig. Hierbei beschäftigt er sich vor allem mit internen und externen Anzeigen autonomer Fahrzeuge (SAE Level 5) sowie mentalen Modellen im Bereich automatisierter und autonomer Fahrzeuge.



Herr Burak Karakaya, M.Sc. studierte den Bachelor- und Masterstudiengang Fahrzeug- und Motorentechnik an der Technischen Universität München. Im Rahmen einer Semesterarbeit analysierte er das Fahrerverhalten bei Übernahmesituationen beim hochautomatisierten Fahren. In seiner Masterarbeit untersuchte Herr Karakaya in einer Fahrsimulatorstudie den Einfluss einer LED Leiste auf das Situationsbewusstsein des Fahrers während einer hochautomatisierten Fahrt. Seit März 2018 ist Herr Karakaya als wissenschaftlicher Mitarbeiter in einem Industrieprojekt mit dem Partner Toyota und im Forschungsprojekt PAKoS am Lehrstuhl für Ergonomie tätig. Schwerpunkt seiner Forschung am Lehrstuhl wird die Untersuchung von Situationen und Zuständen von Fahrer und System nach Übernahmeaufforderungen bei höheren Automationsstufen sein.



Herr Philipp Maruhn, M.Sc. ist seit August 2017 als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Ergonomie tätig. Herr Maruhn studierte Wissenschaftliche Grundlagen des Sports, B.Sc., und Ergonomie – Human Factors Engineering, M.Sc., an der Technischen Universität München. Im Rahmen sei-

ner Masterarbeit in Singapur befasste er sich mit der Charakterisierung von Fahrerverhalten während Spurwechselmanövern basierend auf einer Real-Fahrzeug-Studie. Diese Forschung setzte er in seiner Position als wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Nanyang Technological University in Singapur fort. Aktuell befasst sich Herr Maruhn mit der Evaluierung von Fußgänger-Simulatoren innerhalb des deutsch-französischen Kooperationsprojekts PedSiVal. Weiterhin behandelt seine Forschung Chancen und Limitierung neuer virtueller Darstellungsformen zur Erforschung von Fußgängerverhalten.



Herr Michael Rettenmaier, M.Sc. ist seit Oktober 2017 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Ergonomie. Er studierte den Bachelorstudiengang Maschinenbau und Management und den Masterstudiengang Maschinenwesen an der Technischen Universität München. Im Rahmen seiner Masterarbeit erforschte Herr Rettenmaier die Mode Awareness von Fahrern beim hochautomatisierten Fahren in einem Fahrsimulatorversuch. Am Lehrstuhl für Ergonomie bearbeitet Herr Rettenmaier das Forschungsprojekt „@City – Automatisierte Fahrzeuge und Intelligenter Verkehr in der Stadt“. Hauptbestandteile des Projekts sind einerseits die Information des Fahrers durch das automatisierte System und andererseits die Interaktion zwischen automatisierten Fahrzeugen und anderen zum Teil schwächeren Verkehrsteilnehmern in städtischen Szenarien. Darüber hinaus untersucht Herr Rettenmaier den Einfluss unterschiedlicher Automationsstufen auf die Mode Awareness von Fahrern.



Herr Andreas Rolle, M.Sc. ist seit Februar 2018 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Ergonomie. Er absolvierte sein Bachelor- und Masterstudium in der Fachrichtung Fahrzeug- und Motorentechnik an der Technischen Universität München. Im Rahmen seiner Semesterarbeit am Lehrstuhl

befasste er sich mit dem Einfluss einer Überkopfbelüftung mit aktiver Sitzklimatisierung auf den globalen thermischen Komfort. Das körpernahe Klimatisierungskonzept wurde in einer Sitzkiste integriert und mit Hilfe von Probanden in der Klimakammer genauer untersucht. Aufbauend auf der Semesterarbeit entwickelte Herr Rolle das Überkopfbelüftungskonzept in seiner Masterarbeit weiter und integrierte dieses in einen BMW i3. Thermischer Komfort, Energieverbrauch, Pull-down Zeit und Klimatisierungscharakteristiken wurden detailliert untersucht. Im Rahmen seiner Forschung wird Herr Rolle sich weiter mit dem Thema Fahrzeugklimatisierung beschäftigen. Schwerpunktmaßig sollen Heiz- und Kühlkonzepte untersucht werden für hochautomatisierte Fahrzeuge.

Für mehrere bewährte Mitarbeiter endete ihre erfolgreiche Zeit am Lehrstuhl und sie konnten sich in Industrie und Wirtschaft neuen Herausforderungen mit den hier erworbenen Fähigkeiten stellen:

**Patrick Gontar, Martin Götze, Corbinian Henle, Ralf Kassirra, Dr. Herbert Rausch, Michael Stecher und Daniela Schranner**

**Für ihre persönliche und berufliche Zukunft  
wünschen wir allen viel Erfolg!**

# Rückblick

## Verabschiedung Dr. Herbert Rausch

Am 29. September 2017 verabschiedete sich der Lehrstuhl für Ergonomie nach 33 Jahren von unserem langjährigen Oberingenieur Dr. Herbert Rausch.

Er war im Team des Lehrstuhls ein sehr wertvoller und geschätzter Mitarbeiter, der sich besonders für die Lehrerbildung an der TUM eingesetzt hat. In Vertrags- oder Projektangelegenheiten hatte Dr. Rausch stets ein offenes Ohr und stand mit Rat und Tat zur Seite.

Wir wünschen Herrn Dr. Rausch viel Glück, aufregende Abenteuer und Gesundheit für seinen neuen Lebensabschnitt und werden ihm als Team des Lehrstuhls für Ergonomie an der TUM immer sehr verbunden sein.



# Rückblick

## Forschungstag Ergonomie und Sommerfest 2017

Am 21. Juli 2017 lud der Lehrstuhl für Ergonomie alle Mitarbeiter, Ehemalige und Projektpartner zum alljährlichen Forschungstag Ergonomie und Sommerfest 2017 ein.

Anregende Stationen, sowie gemütliches Beisammensein beim Grillen machten diesen Tag zu einem vollen Erfolg.



