



## Editorial

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



Einmal mehr zeigt auch diese Ausgabe der Ergonomie aktuell, dass sich der Lehrstuhl für Ergonomie und das Extraordinariat Sportgeräte und Materialien in einer großen Bandbreite von Projekten engagiert sind. Dazu zählen sowohl grundlegenden Forschungsthemen als auch sehr angewandten Fragestellungen mit hoher aktueller Bedeutung. Das Forschungsfahrzeug MUTE, das wir Ihnen in der vergangenen Ausgabe vorgestellt hatten, wurde inzwischen im Rahmen der IAA 2011 präsentiert und im Forschungsprojekt Visio.M werden nun die Arbeiten zum Thema Klimakomfort fortgesetzt. Zusätzlich ist auch die Elektromobilität im Bereich der Pedelecs ein Thema. Die Untersuchung innovativer Interaktionstechnologien, vor allem Touchinteraktion, ist in mehreren Projekten verankert und zeigt, dass die grundlegenden Experimente am Lehrstuhl für Ergonomie wichtige Erkenntnisse für viele Industriebereiche liefern, um die weit verbreitete Interaktion mit Geräten und Maschinen ergonomischer zu gestalten.

Auch im Bereich der Verkehrssicherheitsforschung konnten im vergangenen Jahr in sehr ausgefeilten – zum Teil internationalen – Experimenten wichtige Ergebnisse erzielt werden. Diese werden dazu beitragen, die kognitive Beanspruchung im Fahrzeug zu verringern, den Fußgängerschutz in China zu verbessern und auch das Entscheidungsverhalten von Piloten besser zu verstehen.

Alle diese Erkenntnisse stoßen auf breites Interesse im Rahmen von Tagungen und Konferenzen. Diese hervorragenden Vorarbeiten der wissenschaftlichen Mitarbeiter ergänzt um die Aktivitäten im Bereich der Fahrerassistenz geben uns eine ideale Ausgangsbasis für unser jüngstes Projekt URBAN.

Mit ganz besonderer Freude kann ich Ihnen mitteilen, dass an der TUM seit kurzem auch ein neuer Masterstudiengang „Ergonomie – Human Factors Engineering“ angeboten wird, den wir Ihnen in dieser Ausgabe vorstellen. Bewerber aus den unterschiedlichen Disziplinen sind in diesem interdisziplinären Studiengang herzlich willkommen.

Also auch dieses Jahr gibt es wieder neue Forschungsfragen, neue Projekte und natürlich auch neue Mitarbeiter am Lehrstuhl für Ergonomie.

Das LfE Team und das SPGM Team wünschen Ihnen viel Freude bei der Lektüre, die Sie zum Forschen anstimmen soll.

Ihr

Klaus Bengler

## „Projekte im Zieleinlauf und an der Startlinie“

Prof. Dr. phil. Klaus Bengler

### Editorial

Optimierte MMI-Bedienung mit einem Touchpad der nächsten Generation

A. Blattner 2

ViEMA - Projekt 6

U. Herbst 6

Maschinen menschengerecht montieren

U. Herbst, H. Rausch 9

Innovative Touch-Interaktion: GE<sup>3</sup>STIK

Gestaltungsempfehlungen für einen ergonomischen Entwurf und flexible Systemarchitekturen von Touch-Interaktionskonzepten

J. Breuninger 11

Die SaMSys-Flugsimulatorstudie: Untersuchung des Einflusses von Trainiertheit auf das Blickverhalten von Piloten in modernen Glass Cockpits

A. Haslbeck, P. Gontar 14

Cognitive Workload at the LfE

A. Conti 16

Designing Dynamic Distributed Cooperative Human-Machine Systems

M. Zimmermann 18

Forschungsbedarf zur Verkehrssicherheit von elektroangetriebenen Leichtfahrzeugen

V. Senner 21

Adaptive Verfahren in der Psychophysik

Effiziente Bestimmung von Absolut- und Unterschiedsschwellen

M. Kühner, H. Bubb, K. Bengler, J. Wild 26

Menschliche Zuverlässigkeitssplattform

I.J.-Fraczek 31

Driver Behaviour in Conflict with Redcrossing Pedestrians on Urban Crosswalk in China

Xiaobei JIANG, Klaus Bengler 34

VisioM

M. Janta 38

UR:BAN - Urbaner Raum: Benutzergerechte Assistenzsysteme und Netzmanagement

A. Eichinger 40

Ergonomie – Human Factors Engineering

43

Visiting Professor Yuh-Chuan Shih

43

UNIDAS

43

TÜV Süd Stiftung Visiting Professor Stipendium

44

Veröffentlichungen des LfE

45

Presseschau

48

Dissertationen

50

Wer ist neu am LfE?

52

Rückblick

54

# Optimierte MMI-Bedienung mit einem Touchpad der nächsten Generation

Andreas Blattner

## Projektbeschreibung

Im Rahmen dieses INI.TUM-Projektes wird in Zusammenarbeit mit der AUDI AG in Ingolstadt ein neuartiges Bedienkonzept für das Audi MMI (Multimedia Interface) entwickelt. Als Bedienelement dient dabei ein Touchpad mit haptischer Rückmeldung (nachfolgend auch als „Haptisches Touchpad“ bezeichnet), das dem Nutzer auch während der Fahrt eine einfache und sichere Bedienung des Fahrerinformationssystems (FIS) ermöglichen soll (siehe Abb. 1). Hierfür werden verschiedene Technologien zur Realisierung dieses haptischen Feedbacks miteinander verglichen und unterschiedliche Interaktionsarten, wie beispielsweise Schrifteingabe oder Multitouch-Gesten, untersucht. Des Weiteren erfolgt die Entwicklung eines Menükonzeptes speziell für die Bedienung des Audi MMI mit einem Touchpad mit haptischem Feedback. Durch diese verzahnte Entwicklung eines haptischen Touchpads und eines zugehörigen FIS-Menüs soll ein möglichst intuitives und serientaugliches Gesamtbedienkonzept für ein FIS entstehen, das für den Fahrer ein Minimum an Ablenkung von der eigentlichen Fahraufgabe verursacht und zudem auch während der Fahrt eine einfache, schnelle und sichere Erledigung der gewünschten Aufgaben gewährleistet.



Abb. 1: Haptisches Touchpad (CES 2011 in Las Vegas & IAA 2011 in Hannover)

## Einleitung

Die stetig zunehmende Anzahl an Funktionen in modernen Fahrerinformationssystemen (FIS) stellt immer höhere Anforderungen an die Mensch-Maschine-Schnittstelle und erschwert die Mensch-Computer-Interaktion. Es werden immer mehr Funktionen und Features in FIS integriert, die für den Fahrer aber bei minimaler Ablenkungswirkung und durch die Verwendung einer begrenzten Zahl an Bedienelementen auch während der Fahrt zu bedienen sein sollen. Denn die oberste Prämisse besteht darin, eine entspannte und vor allem sichere Fahrt zu gewährleisten. Die verschiedenen Autohersteller auf der Welt versuchen diese Anforderungen mit

Menü-Systemen zu erfüllen, die über unterschiedliche Arten von Bedienelementen bedient werden. Ein paar Beispiele hierfür sind Touchscreens, Joysticks, Sprachbedienung oder auch Dreh-Drück-Steller. Ein neuer Ansatz für eine möglichst einfache Interaktion zwischen Fahrer und FIS ist die Verwendung eines Touchpads als zentrales Bedienelement, wie es die AUDI AG im aktuellen A8 verwendet.

Laut Hamberger (2010) bietet ein Touchpad im Fahrzeug einige Vorteile. Touchpads sind den Nutzern aus der mittlerweile gewohnten Verwendung von Computer-Touchpads bekannt und ermöglichen eine direkte Schrifteingabe. Die Trennung von Anzeige und Bedienung, Robustheit, Optik und eine leichte Bedienung sind zusätzliche positive Argumente. Die Ergebnisse einer Fahrsimulatorstudie belegen, dass ein gezielt gestaltetes Touchpad die Blickabwendung im Vergleich zu einem Dreh-Drück-Steller (DDS) und einem Touchscreen reduziert (Hamberger, 2010). Speziell für die Aufgabe einer Texteingabe verringert ein Touchpad verglichen mit einem Dreh-Drück-Steller die Blickabwendungszeiten (Bechstedt et al., 2005).

Ein genereller Nachteil bei der Bedienung eines FIS während der Fahrt ist, dass der visuelle Kanal relativ stark beansprucht wird. In Dual-Task-Situation treten Interferenzen auf, wenn einzelne Aufgaben die gleichen mentalen Ressourcen beanspruchen (Wickens, 1984; Wickens et al., 2004). Nach Bubb (1992) ist es für die Interaktion mit technischen Systemen zudem vorteilhaft, eine redundante Rückmeldung über multiple Sinneskanäle zu geben. Daher ist es sinnvoll, den hauptsächlich verwendeten visuellen Kanal zu entlasten, indem man das Touchpad um ein zusätzliches haptisches Feedback erweitert. Spies et al. (2009a) und Peters et al. (2010) haben ein solches Touchpad für die Verwendung im Automobil entwickelt, das auf Braille-Technologie basiert. In einer Fahrsimulatorstudie wurde dieses Touchpad mit einem konventionellen Touchpad verglichen. Das Ergebnis war, dass das Touchpad mit haptischer Rückmeldung in einer Dual-Task-Situation signifikant die Bedienzeiten reduziert und die Fahrdaten verbessert (Spies et al., 2010).

## Touchpads mit haptischer Rückmeldung

Basierend auf den Erkenntnissen von Spies et al. (2009a, 2010), Peters et al. (2010) und Hamberger (2010) wird ein neues Touchpad mit haptischer Rückmeldung entwickelt, das eine möglichst einfache Bedienung des FIS ermöglicht. Ein umfangreiches Technologie-Scouting zu Realisierungsmöglichkeiten eines haptischen Feedbacks auf Touchpads zeigte zwei grundlegende Varianten auf, die für Anwendungen im Fahrzeug verwendet werden können. Das Funktionsprinzip dieser beiden unterschiedlichen Touchpads mit haptischer Rückmeldung wird nachfolgend erläutert.

Das erste Prinzip ist ein Touchpad mit realem haptischem Feedback, wie das Braille-Touchpad von Spies et al. (2009).

Hierbei können die dargestellten Inhalte im Menüscreen (z.B. Tasten) als erfühlbare und bedienbare Elemente auf dem Touchpad abgebildet werden, indem die entsprechenden Stifte ausgefahren werden. Dadurch wird es dem Nutzer ermöglicht jedes erhabene Element, das für eine konkrete Menü-Funktion steht, wie etwa die auswählbare Taste „Navigation“, zu erfahren und auch zu drücken (siehe Abb. 2, linke Seite).

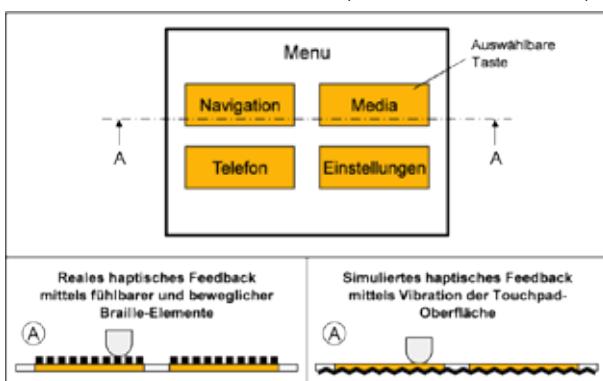


Abb.2: Technische Realisierung der beiden Varianten eines haptischen Feedbacks

Die zweite Variante ist ein Touchpad mit simuliertem haptischem Feedback. Zur Realisierung wird die Konfiguration des Menüscreens mit den auswählbaren Elementen (z.B. Listen-einträge) virtuell auf der Touchpad-Oberfläche reproduziert. Berührt der Nutzer einen markierten Bereich, beispielsweise erneut die Taste „Navigation“, wird ein haptisches Feedback mittels einer dauerhaften Vibration der Touchpad-Oberfläche gegeben, solange der Finger im virtuellen Bereich der Taste bleibt (siehe Abb. 2, rechte Seite). Die Auswahl einer Menü-Funktion durch das Drücken einer Touchpad-Oberfläche im Bereich eines auswählbaren Menü-Elements wird durch ein anderes Vibrationsmuster kurzer Dauer indiziert. In beiden Fällen wird das haptische Feedback durch ein zusätzliches visuelles Feedback unterstützt, indem das momentan berührte Element auf dem Menüscreen markiert und dem Nutzer durch seine aktuelle Fingerposition auf dem Touchpad rückgemeldet wird.

Aus technischen Gründen wäre die Umsetzung eines Touchpads mit haptischem Feedback mittels reiner Vibration einfacher durchzuführen als die Realisierung eines Touchpads mit realer haptischer Rückmeldung nach dem Braille-Prinzip. Daher bedarf es einer Untersuchung, ob ein Touchpad mit haptischem Feedback mittels Vibration in einer Dual-Task-Situation zu vergleichbaren guten Interaktions-, Fahr- und Blickabwendungs-Leistungen führt, wie das Touchpad von Spies et al. (2009) mit realer haptischer Rückmeldung.

## Usability Studie – Vergleich der beiden haptischen Touchpads

### Hypothesen

In diesem Abschnitt wird eine Usability Studie beschrieben, die durchgeführt wurde, um die beiden erwähnten Technologieansätze bezüglich ihrer ergonomischen Qualität miteinander zu vergleichen und die folgenden drei Hypothesen zu untersuchen:

**H1.** Ein Touchpad mit haptischem Feedback mittels Vibration führt zu identischen oder kürzeren Menü-Bedienzeiten wie ein reales haptisches Feedback.

**H2.** Das Blickverhalten bei der Bedienung des FIS mittels Touchpad mit haptischem Feedback mittels Vibration ist genauso so effizient oder effizienter als mit einem Touchpad mit realer haptischer Rückmeldung.

**H3.** Ein haptisches Feedback mittels Vibration liefert mindestens gleichwertige Fahrleistungen wie ein Touchpad mit realer haptischer Rückmeldung.

### Studiendesign

Die Usability Studie wurde im within-subjects Design mit 30 Probanden (7 Frauen, 23 Männer,  $\bar{x} = 38.8$  Jahre,  $SD = 8.5$  Jahre) durchgeführt. Dies bedeutet, dass alle teilnehmenden Probanden sowohl das Touchpad mit haptischem Feedback mittels Vibration als auch das Touchpad mit realer haptischer Rückmeldung bedient haben. Das Experiment war in eine reale Fahrsituation eingebettet, in welcher die Versuchspersonen die drei nachfolgend aufgeführten Menü-Aufgaben durchführen mussten, während sie bei einer konstanten Geschwindigkeit von 100 km/h ohne die Verwendung technischer Hilfsmittel, wie etwa einer Tempomat-Funktion, auf der Autobahn A9 zwischen Lenting und Denkendorf fuhren:

**A1.** Eingabe eines vorgegebenen Ziels aus dem „Letzte Ziele“-Speicher

**A2.** Anruf eines definierten Kontaktes aus dem Telefonbuch

**A3.** Reduzierung der Lautstärke des Navigationssystems

Die Probanden erledigten diese drei Menü-Aufgaben während der Fahrt in permutierter Reihenfolge mit den beiden zuvor genannten Touchpads mit realer und simulierter haptischer Rückmeldung. Neben der Bedienzeit zur Beendigung der einzelnen Menü-Aufgaben wurden bei der Durchführung der unterschiedlichen Aufgaben während der Fahrt Daten über die Fahrleistung und Informationen über die Blickabwendung aufgezeichnet. Zudem wurden die Versuchspersonen nach dem Experiment gebeten, sowohl anzugeben, welche der beiden Touchpad-Varianten sie bevorzugten, als auch einige Fragen zu beantworten, welche zur Evaluierung der Bedienung des FIS mit den beiden Touchpads mit unterschiedlichem haptischen Feedback dienten. Die objektiven und subjektiven Ergebnisse der beschriebenen Usability Studie werden im folgenden Abschnitt vorgestellt.

## Ergebnisse

Die statistische Auswertung der gewonnenen Daten aus dem obengenannten Experiment erfolgte durch die Durchführung von t-Tests. Im Folgenden werden die Ergebnisse für die Bedienzeiten, die Blickablenkung und die Fahrleistungen anhand der Resultate für die Menü-Aufgabe A1 dargestellt, da die Aufgaben A2 und A3 zu vergleichbaren Ergebnissen führten.

Der Vergleich der Bedienzeiten für die Erledigung der definierten Menü-Aufgabe beider Nutzung beider Touchpad-Varianten mit haptischem Feedback liefert eine signifikant kürzere Wert für das Touchpad mit realer haptischer Rückmeldung (siehe Abb. 3). Dementsprechend konnte Hypothese H1 in der durchgeführten Studie nicht bestätigt werden.

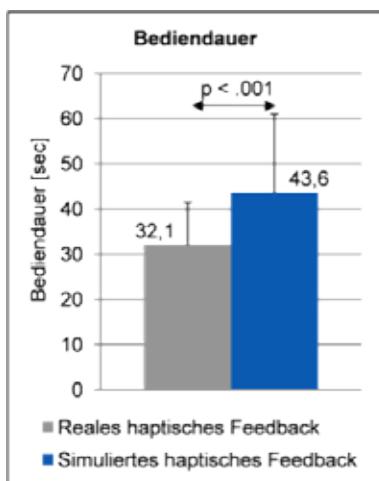


Abb. 3: Ergebnisse des Vergleichs der beiden Touchpad-Varianten bei der Durchführung von Menü-Aufgabe A1 im Hinblick auf die Bediendauer

Die Analyse des Blickverhaltens ergab, dass während der Erledigung der Menü-Aufgabe maximale Blickdauerauf den Menüscreen für die Verwendung des Touchpads mit simuliertem haptischem Feedback mittels Vibrations signifikant länger war (siehe Abb. 4, links). Außerdem wies der Verkehrsblindheitsquotient für die Nutzung des Touchpads mit simulierter haptischer Rückmeldung einen signifikant höheren Wert auf (siehe Abb. 4, rechts). Folglich konnte Hypothese H2 nicht verifiziert werden.

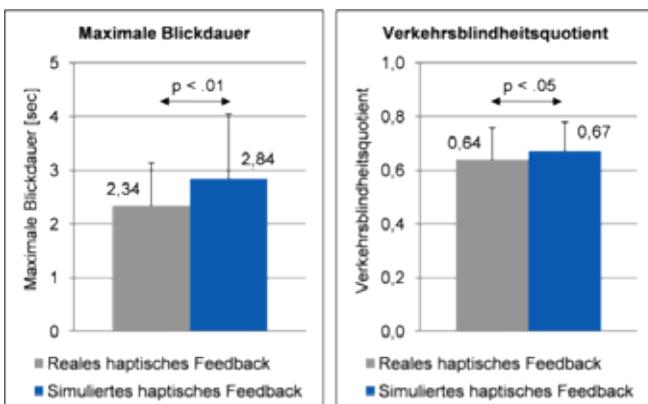


Abb. 4: Ergebnisse des Vergleichs der beiden Touchpad-Varianten bei der Durchführung von Menü-Aufgabe A1 für maximale Blickdauer (links) und Verkehrsblindheitsquotient (rechts)

Im Gegensatz dazu konnte Hypothese H3 nicht abgelehnt werden, da der Vergleich der beiden Touchpad-Varianten mit unterschiedlichem haptischem Feedback zu identischen Fahrleistungen führte. Es bestand keine signifikante Unterschiede in Standardabweichung der Geschwindigkeit (siehe Abb. 5, links) und des Lenkwinkels (siehe Abb. 5, rechts) zwischen dem Touchpad mit haptischem Feedback mittels Vibration und dem Touchpad mit realer haptischer Rückmeldung.

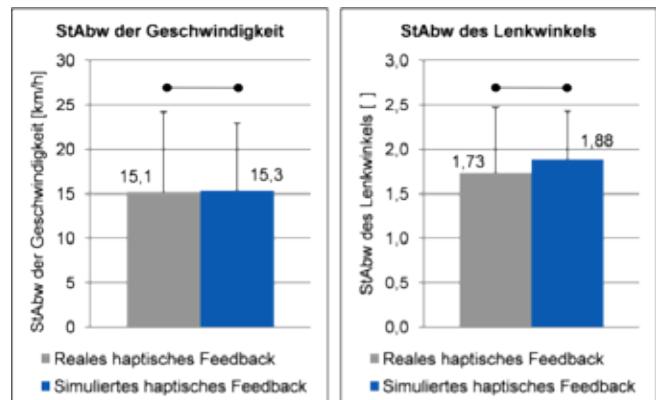


Abb. 5: Ergebnisse des Vergleichs der beiden Touchpad-Varianten bei der Durchführung von Menü-Aufgabe A1 im Hinblick auf die Standardabweichungen der Geschwindigkeit (links) und des Lenkwinkels (rechts)

Basierend auf den gewonnenen Erkenntnissen konnte in der durchgeführten Usability-Studie die angenommene Vergleichbarkeit der beiden Varianten eines haptischen Feedbacks nicht gezeigt werden. Zudem bekräftigt die Fragen, welche den Probanden nach dem Experiment gestellt wurden, die objektiven Ergebnisse, dass das Touchpad mit realer haptischer Rückmeldung für jedenerfragten Aspekt signifikant besser beurteilt wurde. Des Weiteren bevorzugten 90 Prozent der Versuchspersonen die reale haptische Rückmeldung in der abschließenden Priorisierung der Touchpad-Varianten.

## Ausblick

Die gewonnenen Erkenntnisse aus der beschriebenen Probandenstudie bildet die Basis für die weitere Entwicklung eines neuen Touchpads mit realer haptischer Rückmeldung. Zusätzlich zum haptischen Feedback und den normalen Bedienungsmitteln eines Fingers bietet dieser neue Prototyp die folgenden zusätzlichen Interaktionsarten an, welche für konventionelle Touchpads bereits den Stand der Technik darstellen und für eine Serientauglichkeit des haptischen Touchpads erforderlich sind:

1. Handschrifterkennung (z.B. Suchen in Listen durch Buchstaben eingabe)
2. Multitouch-Gesten (z.B. Karten-Zooming, Scrollen in Listen)
3. Slider (z.B. Karten-Zooming, Scrollen in Listen)

In einer Fahrsimulator-Studie werden diese drei Interaktionsarten des haptischen Touchpads für unterschiedliche Aufgabentypen (z.B. Listen- und Kartenbedienung, Werteinstellung) miteinander verglichen, um sie die bestmögliche

Kombination aus Interaktionsart und jeweiliger Menü-Aufgabe zu finden.

Des Weiteren erfolgt parallel die Entwicklung eines Menü-Konzepts, das die Grundstruktur des aufgabenorientierten Menüs von Spies et al. (2009b) aufgreift und speziell für die Bedienung des Audi MMI mithilfe des haptischen Touchpads optimiert wird.

Dadurch soll letztendlich ein Gesamtbedienkonzept – das haptische Touchpad als Bedienelement in Zusammenspiel mit dem entwickelten Menü-Konzept – entstehen, da eine möglichst einfache, intuitive und sichere Interaktion zwischen Fahrer und FIS gewährleistet. Dieses Gesamtbedienkonzept wird in einer abschließenden Evaluationsstudie im Fahrsimulator mit bestehenden Serienbedienkonzepten, z.B. mit einem Dreh-Drück-Steller bzw. einem Touchscreen als Hauptbedienelement, verglichen werden.

## Literatur

1. Bechstedt, U., Bengler, K. & Thüring, M. (2005). Randbedingungen für die Entwicklung eines idealen Nutzermodells mit Hilfe von GOMS für die Eingabe von alphanumerischen Zeichen im Fahrzeug. In 6. Berliner Werkstatt MMS – „Zustandserkennung und Systemgestaltung“. Berlin.
2. Bubb, H. (1992). Menschliche Zuverlässigkeit: Definitionen, Zusammenhänge, Bewertung. Landsberg/Lech: Eco-Med-Verlag.
3. Hamberger, W. (2010). MMI Touch – new technologies for new control concepts. In IQPC – Automotive Cockpit HMI 2010. Stuttgart.
4. Peters, A., Spies, R., Toussaint, C., Fuxen, D. & Hamberger, W. (2010). Haptisches Touchpad zur Infotainmentbedienung. i-com, 9 (01), 58–61.
5. Spies, R., Peters, A., Toussaint, C. & Bubb, H. (2009a). Touchpad mit adaptiv haptisch veränderlicher Oberfläche zur Fahrzeuginfotainmentbedienung. In H. Brau, S. Diefenbach, M. Hassenzahl, K. Kohler, F. Koller, M. Peissner, K. Petrovic, M. Thielsch, D. Ullrich & D. Zimmermann (Hrsg.), Usability Professionals 2009. Stuttgart: Fraunhofer Verlag.
6. Spies, R., Blattner, A., Horna, G., Bubb, H. & Hamberger, W. (2009b). Entwicklung einer aufgabenorientierten Menüstruktur zur Infotainmentbedienung während der Fahrt. In A. Lichtenstein, Ch. Stößel & C. Clemens (Hrsg.), Der Mensch im Mittelpunkt technischer Systeme. VDI-Fortschritt-Berichte, Reihe 22 (29), 411–416. Düsseldorf: VDI-Verlag.
7. Spies, R., Hamberger, W., Blattner, A., Bubb, H. & Bengler, K. (2010). Adaptive Haptic Touchpad for Infotainment Interaction in Cars – How Many Information is the Driver Able to Feel?. In AHFE International – Applied Human Factors and Ergonomics Conference 2010. Oxford: Wiley-Blackwell.
8. Wickens, C. D. (1984). Attention, Time-Sharing and Workload. In C. D. Wickens (Hrsg.), Engineering psychology and human performance. Columbus u.a.: Merril.
9. Wickens, C. D., Lee, J., Liu, Y. & Becker, S. G. (2004). Cognition. In C. D. Wickens, J. Lee, Y. Liu & S. G. Becker (Hrsg.), An introduction to human factors engineering. Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall.

# ViEMA - Projekt

## Vernetzte, informationsbasierte Einlern- und Ausführungsstrategien für autonome Montagearbeitsabläufe

Uwe Herbst

### Motivation

Die ergonomische Gestaltung von Mensch-Roboter-Interaktionskonzepten gewinnt durch die steigende Relevanz der Flexibilität als Wettbewerbsfaktor im globalen Wettbewerb (Kleine et al. 2007) und der stärkeren Orientierung der Industrie hin zu Kundenwünschen an Bedeutung. Die stärkere Berücksichtigung der Kundenwünsche hat zur Folge, dass die Zahl der Varianten für ein Produkt steigt und damit die Losgrößen für die einzelne Varianten zurückgehen und teils stärker fluktuieren. Weiterhin lässt sich erkennen, dass eine starke Durchdringung der Produktion mit Robotersystemen vor allem in der Großserie zu finden ist. Fallen nun die Losgrößen ab bzw. schwanken stärker, ist es schwieriger, technische und vor allem auch wirtschaftliche Lösungen zu finden, die eine Automatisierung der Prozesse sinnvoll machen, siehe Abbildung 1.

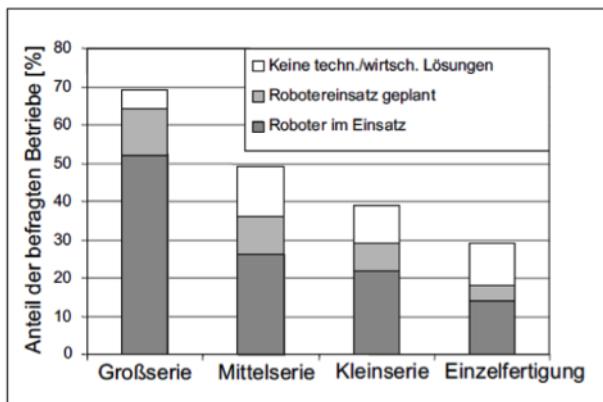


Abb. 1: Anteil der Betriebe mit Roboter Einsatz (Arnbruster et al. 2006)

Gleiches gilt natürlich auch für kleine und mittlere Unternehmen, die von Haus aus geringere Losgrößen in der Produktion vorzuweisen haben. Auch hier sind konventionelle Lösungen oft nicht ausreichend flexibel und wirtschaftlich.

Unter diesen Bedingungen sind auch Handarbeitsplätze nur schwer einsetzbar, da sie vor allem bei starken Stückzahlspitzen schnell unpraktikabel und unwirtschaftlich werden.

### Zielsetzung

Zielsetzung des Projekts viEMA ist die Entwicklung einer Roboterzelle, die den sich ändernden Anforderungen an Automatisierungslösungen gewachsen ist. Um dies zu gewährleisten, wurde eine Montagezelle konzeptioniert, die im Bedarfsfall, sprich Stückzahlanstiegen, an einen bestehenden Arbeitsplatz angedockt werden kann, um so die Ausbringung zu erhöhen. Dabei sind neben allgemeinen Themen wie Wirtschaftlichkeit, Prozesssicherheit und Flexibilität bezüglich Bauteil- und Tätigkeitsvariationen vor allem auch ergonomische Aspekte von Bedeutung. Eines der Hauptziele des Projekts ist die einfache und schnelle Programmierung bzw. Kalibrierung des Robotersystems für den Einsatz an einer neuen Applikation. Dementsprechend gilt es eine sehr bedienerfreundliche, fehlerresistente und leicht erlernbare Mensch-Roboter-Schnittstelle zu schaffen. Hierbei soll zusätzlich dafür Sorge getragen werden, dass die für die Pro-

grammierung erforderliche Expertise soweit reduziert wird, dass auch vorhandenes technisches Personal im Unternehmen die Programmierung durchführen kann. Damit lässt sich die Flexibilität bei Einsatz der Zelle stark erhöhen, da auf das Heranziehen externer Experten verzichtet werden kann.

### Vorgehen

Die Gestaltung der Mensch-Roboter-Interaktion (MRI) findet auf Basis der Programmiermethode „Programmieren durch Vormachen“ (PdV) statt (siehe Abbildung 2), vgl. (Ehrenmann et al. 2002).

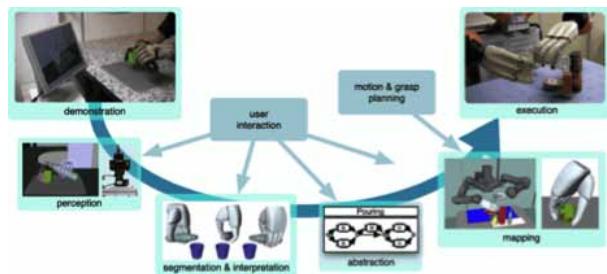


Abb. 2: Systematische Darstellung der Methode Programmieren durch Vormachen (Dillmann et al. 2010)

Diese Methode ist abstrakter als konventionelle Methoden, wie z.B. der Teach-In-Vorgang, die graphische oder textbasierte Programmierung, und erlaubt so eine schnellere und einfachere Programmierung. Darüber hinaus ist sie, auch auf Grund des stark sensorbasierten Ansatzes, flexibler bezüglich Bauteillagen und ähnlichen Variationen innerhalb der Applikation. Dies ist bedeutend für den Einsatz an einem bestehenden Handarbeitsplatz, der laut Konzept höchstens geringfügig für den Roboter Einsatz umgebaut werden soll.

In ihrer ausgereiftesten Stufe erlaubt die Methode PdV dem Programmierer die Aufgabe dem Roboter durch zeigen der Lösung beizubringen.

Das Computersystem erfasst dabei zuerst die Handlungen des Nutzers und alle Veränderungen die durch den Nutzer in der Umwelt erzeugt werden.

Die Rohdaten werden anschließend im Segmentierungsschritt in semantisch beschreibbare Teilhandlungen gegliedert. Diese Teilhandlungen bestehen aus elementaren Operatoren, die auf Grund der gesammelten Daten der Beobachtung parametrisiert werden können.

Im Interpretationsschritt werden die parametrisierten Elementaroperatoren auf Basis der in der Umwelt festgestellten Zustandsänderungen zu einer Hypothese über den tatsächlichen Handlungsverlauf zusammengefasst. Hier erhält der Nutzer die Möglichkeit einzelne Hypothesen und Parameter zu korrigieren. Das System abstrahiert anschließend die gewonnenen Informationen, so dass sie auch für Problemklassen mit ähnlichen Fragestellungen anwendbar sind. Damit das abstrahierte Wissen dann für das vorliegende System verwendet werden kann, erfolgt eine Abbildung auf das Zielsystem, womit die bisher abstrakten Befehle für den Roboter ver-

ständlich konvertiert werden. Bevor die Aufgabe tatsächlich vom System ausgeführt wird, erfolgt mit Hilfe einer Simulation die Validierung des Programms.

Da die Methode PdV bisher nicht in industriellem Umfeld eingesetzt wird und damit die Prozesssicherheit bei direkter Anwendung nicht gewährleistet werden kann, wird für die viEMA-Zelle ein leicht vereinfachtes System verwendet. Hierbei unterstützt der Nutzer das System bei der Beobachtung und Segmentierung des Systems. So kann das System die Bauteile nicht direkt erfassen sondern muss diese über einen separaten Scanvorgang modellieren.

Die ergonomische Gestaltung der Nutzeroberfläche basiert auf mehreren Säulen. Die Entwicklung der Programmstruktur erfolgt auf Basis einer systemergonomischen Analyse des Kalibrier- und Bedienvorgangs. Das Ergebnis der Analyse ist eine Modellierung und Segmentierung des Bedienablaufs in simultane und sequentielle Bedienschritte, die erfüllt werden müssen um die Gesamtaufgabe erfolgreich durchzuführen. Die Nutzeroberfläche folgt dieser Analyse indem sie z.B. unterschiedliche Bedienoptionen nur dann gleichzeitig darstellt, wenn diese auch zu simultanen Prozessen gehören. Sind die Bedienschritte jedoch sequentiell, so erfolgt auch die Darstellung der Bedienungsschritte sequentiell, um so die mentale Beanspruchung zu reduzieren und darüber hinaus Bedienfehler zu vermeiden. Weiteres Ergebnis der systemergonomischen Analyse sind Erkenntnisse zur Eignung zur Verfügung stehender Interaktions- und Rückmeldetechnologien. Dies kommt sowohl der Bedienoberfläche als auch der Wahl der Eingabegeräte zu Gute.

Als Interaktionsmedium für die Benutzerführung für die viEMA-Zelle wurde auf Basis der systemergonomischen Analyse ein Multi-Touch-Eingabegerät gewählt. Dieses bietet Flexibilität bzgl. Programmierarbeiten an unterschiedlichen Wirkstellen (z.B. Bauteilaufnahme und -Ablage). Darüber hinaus ist es mit diesem Bedienteil möglich die unterschiedlichen Modelle und Simulationen, die während dem Programmierprozess überprüft werden müssen, in aufgabenangemessener Qualität darzustellen.

Eine weitere Säule für die Gestaltung der Nutzeroberfläche ist die Einbeziehung von Vorgaben wie der VDI/VDE 3850 (VDI 2000). Diese stellen wichtige Informationen z.B. über die optische Gestaltung als auch zur Gestaltung der tatsächlichen Touch-Interaktion bereit und unterstützt so die Entwicklung der Bedienoberfläche für das gewählte Multi-Touch-Tablet.

Die letzte Säule für die Gestaltung der Nutzeroberfläche im Rahmen des Projekts viEMA stellt die Analyse des mentalen Modells bezüglich Pick- & Place-Aufgaben dar. Diese Untersuchung soll dabei helfen die Prozessprogrammierung, also den eigentlichen Programmierungsprozess des Roboters, zu vereinfachen. Ein Problem bisheriger konventioneller Systeme ist die oft gewählte technische Segmentierung, also die Aufgliederung der Gesamthandlung in die vom Roboter ausführbaren Skills bzw. Funktionen, als Repräsentation für die Programmierung.

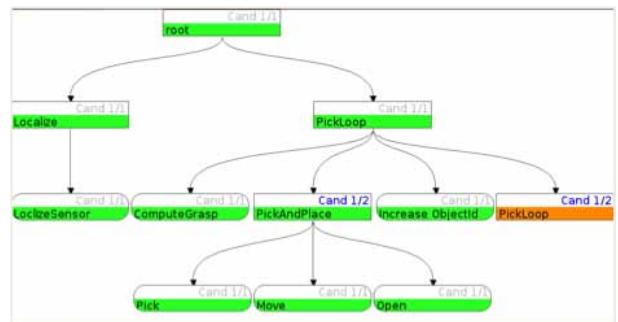


Abb. 3: Technische Segmentierung eines Pick- & Place - Vorgangs

Diese ist aber bereits für einfache Pick- & Place- Vorgänge relativ komplex, wie in Abbildung 3 veranschaulicht. In diesem Beispiel soll der Roboter lediglich ein Bauteil aufnehmen und an anderer Stelle ablegen. Für komplexe Aufgaben wie mehrere aneinandergereihte Pick- & Place-Abläufe, z.B. auch unter Einbindung von Black-Box Prozessen, steigt die Komplexität noch deutlich an.

Da eines der Ziele die Entwicklung der Nutzeroberfläche für eine nicht speziell geschulte Klientel ist, muss hier eine Repräsentation gefunden werden, die in ihrer Darstellung deutlich weniger kompliziert und stärker auf das mentale Modell des Menschen ausgerichtet ist. Die Herausforderung hierbei ist eine geeignete Segmentierungstiefe der Handlungsoperatoren und eine verständliche Syntax Operatoren zu finden.

Für die Analyse des mentalen Modells wurde das Konzept „Erklären der Aufgabe für eine weitere Person“ gewählt. Das Konzept sieht vor, dass ein in die Aufgabe eingewiesener „Instrukteur“ die Aufgabe einem „Neuling“ direkt am Arbeitsplatz erklärt. Die Vorteile der Methode sind die Verwendung des, dem Probanden, eigenen Abbildes vom Arbeitsplatz, inklusive aller für den „Instrukteur“ wichtigen Informationen, sowie die Verwendung der eigenen Syntax. Dargestellt ist der Versuchsaufbau in Abbildung 4.

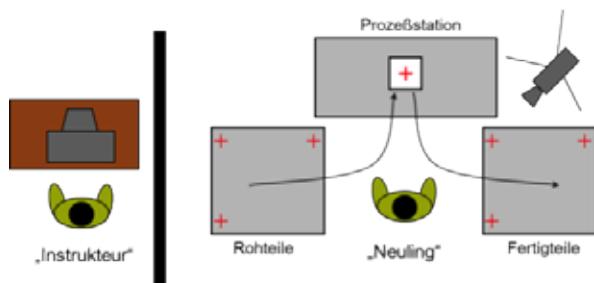


Abb. 4: Versuchsaufbau

Da es wichtig ist, eine möglichst ähnliche Ausgangssituation für alle Instrukteure zu gewährleisten, wurde als Vorbereitung für den Versuch ein Video angefertigt, das die Aufgabe ohne verbale Informationen und Filmschnitte darstellt, um so den Einfluss auf die Instrukteure zu minimieren. Die Instrukteure hatten darüber hinaus die Gelegenheit die Aufgabe ausführlich zu üben, um so sicherzustellen, dass alle Teilespekte verinnerlicht werden.

Im Anschluss wurden die „Instrukteure“ gebeten ein mehrseitigen Fragebogen auszufüllen. Dieser erhob neben demographischen Daten auch Informationen zu Programmiergewohnheiten und Erwartungen an ein Robotersystem. Darüber hinaus wurde ihnen die Aufgabe gestellt, die Applikation in einer Arbeitsanleitung zu beschreiben. Diese sollte so ausgeführt werden, dass ein neuer Mitarbeiter in der Lage ist, die Aufgabe problemlos nur anhand dieses Dokuments zu erlernen.

In einem weiteren Schritt war es Aufgabe der Probanden die Gesamthandlung in eine bestimmte Zahl an Teilhandlungen zu rastern. Hierbei sollte ermittelt werden, welche Teilhandlungen wahrgenommen werden und welche Präferenzen bezüglich der Segmentierungstiefe bestehen.

Im Hauptversuch leitete der Instrukteur dann den Neuling an der tatsächlichen Applikation an. Um psychologische Effekte auszuschließen und den Informationsfluss auf die Sprache zu beschränken, wurden beide Probanden voneinander abgeschirmt. Der Instrukteur konnte den Aufgabenerfüllungsgrad über eine Webcam sowie ein Dikablis-Blickerfassungssystem verfolgen, wie in Abbildung 5 dargestellt.



Abb. 5: Überwachung durch den „Instrukteur“

Aus der Untersuchung konnten sowohl die präferierte Segmentierungstiefe als auch eine geeignete Syntax erarbeitet werden.

Die Ergebnisse der Untersuchung fließen direkt in die Prozessprogrammierung ein. Hier muss die Transformation von technischer Segmentierung zur Nutzerrepräsentation erfolgen.

## Ausblick

Zurzeit befindet sich die Nutzeroberfläche in der Umsetzungsphase um anschließend in einer Expertenevaluation überprüft zu werden. Auf Basis der Empfehlungen werden dann etwaige Verbesserungen im Bedienkonzept umgesetzt um schließlich im Rahmen einer Nutzerstudie den Erfüllungsgrad der Anforderungen an das System zu evaluieren.

## Literatur

1. Kleine O., Kinkel S. & Angela Jäger (2007): Flexibilität durch Technologieeinsatz? Nutzung und Erfolgswirkung flexibilitätsfördernder Technologien. In: Mitteilungen aus der Produktionsinnovationserhebung 44
2. Armbruster H., Kirner E. & Kinkel S. (2006). Neue Kundengruppen für Industrieroboter - Wo liegen unausgeschöpfte Anwendungspotentiale für Roboter im deutschen Verarbeitenden Gewerbe? In: Mitteilungen aus der Produktionsinnovationserhebung 38
3. VDI- Richtlinie, VDI/VDE 3850(Februar 2003). Gestaltung von Bediensystemen für Maschinen (user-friendly design of useware for machines). Berlin: Beuth Verlag.
4. Ehrenmann M., Rogalla O., Zöllner R., Dillmann R. (2002): Belehrung komplexer Aufgaben für Serviceroboter: Programmieren durch Vormachen im Werkstätten und Haushaltsbereich. In: Robotik 2002
5. Dillmann, R., Asfour, T., Do, M., Jäkel, R., Kasper, A., Azad, P., Ude, A., Schmidt-Rohr, S. R., Lösch, M. (2010). Advances in Robot Programming by Demonstration. KI - Künstliche Intelligenz, 24, 295–303. Entnommen von: <http://dx.doi.org/10.1007/s13218-010-0060-0>

# Maschinen menschengerecht montieren

Uwe Herbst, Herbert Rausch

## Motivation

Die ergonomische Gestaltung von Arbeitsplätzen und optimierte Arbeitsabläufe können Arbeitsunfälle und berufsbedingte Erkrankungen deutlich reduzieren (vgl. Landau 2003). Darüber hinaus lassen sich durch die ergonomische Gestaltung der Arbeit und der Arbeitsorganisation auch positive Effekte auf die Arbeitsmotivation, Zufriedenheit und Leistung erzielen. Zwar bieten zahlreichen Normen und Vorgaben umfassende Gestaltungshinweise, diese werden aber oftmals in der Praxis nicht im ausreichenden Maße berücksichtigt. Das liegt zum einen an der nicht ausreichenden Kenntnis der Vorgaben und zum anderen am vermeintlich hohen Aufwand bei der Umsetzung.

Bei der Montage großer Maschinen müssen oft große und schwere Lasten manipuliert werden. Da diese bei der Montage kaum in ihrer Lage verändert werden können, passen sich die Mitarbeiter den gegebenen Situationen an und nehmen Zwangshaltungen ein, die in Kombination mit schweren Lasten physiologisch ungünstig sind (s. Abb. 1).

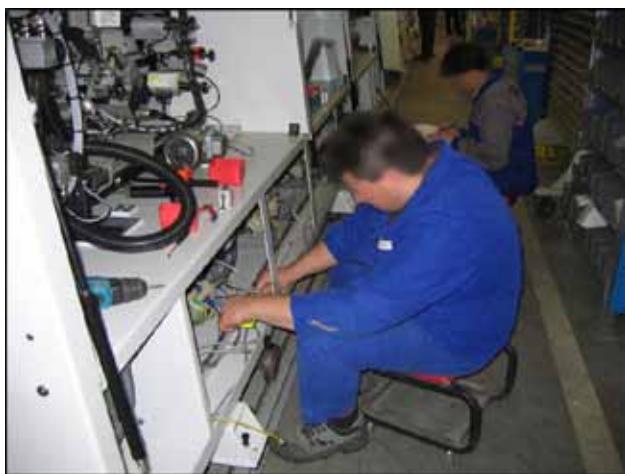


Abb. 1: Zwangshaltungen in der Großmontage

Um diese Probleme zu beheben, ist der optimale und kostengünstigste Zeitpunkt die Planungsphase der Arbeitssysteme. Hier soll mit dem Projekt AUVA-GE-ERGO ein Vorgehensmodell entworfen werden, das Arbeitsplanern hilft, solche Arbeitsplätze bereits in der Planungsphase ergonomisch zu gestalten. Die Planer sollen einfach und verständlich in jedem Planungsschritt die wesentlichen Normen und Vorgaben zur Verfügung gestellt bekommen, um alle relevanten Vorschriften einhalten zu können. Sie sollen möglichst quantitativ die ergonomische Qualität der Arbeitsplätze einfach beurteilen können. Am Projekt waren die AUVA, der Lehrstuhl für Ergonomie, das Ergonomiezentrum Tirol und die Firma General Electric GE gas engines beteiligt. Es wurde von der Allgemeinen Unfallversicherungsanstalt in Wien (AUVA) gefördert.

## Lösungskonzept

Die Planungsqualität solcher Arbeitsplätze kann durch eine höhere Motivation und durch vertiefte Kenntnisse in der Arbeitsvorbereitung verbessert werden.

Eine bessere Motivation bedingt eine eindeutige Aufgabenstellung, präzise, möglichst quantitative Erfolgsrückmeldungen und eine Entlastung von mühsamen Arbeitsschritten. Hier sollen gezielt Hilfen angeboten werden, die klare ergonomische Vorgaben in das Pflichtenheft integrieren, einzelne Entscheidungen zwischen Planungsvarianten durch Kriterien mit Sollvorgaben erleichtern und Entscheidungen objektiv nachvollziehbar dokumentieren. Die Planer sollen von der mühsamen Suche nach relevanten Vorschriften entlastet werden, indem sie bei jedem Planungsschritt die zutreffenden Vorgaben und Empfehlungen angeboten bekommen.

## Vorgehen

Nach der Aufgabenklärung innerhalb des Projektes wurde eine Ist-Analyse der Arbeitsplätze und der Arbeitsplanung durchgeführt.

Die Analyse der Ist-Arbeitsplätze ermöglicht Aussagen über bisherige Unzulänglichkeiten bei der Gestaltung der Arbeitsplätze und der Arbeitsplatzplanung. Besonders verbessерungsfähige Arbeitsplätze wurden zu Beginn mit einer Fragebogenumfrage aufgedeckt. Dazu diente ein abgewandelter Slesina-Fragebogen (Slesina 1987), der Daten zur Belastung und Beanspruchung sowie Leiden, die chronisch oder während der Arbeitszeit auftreten, erfasste. Diese Umfrage lieferte drei repräsentative Arbeitsplätze mit Verbesserungsbedarf.

Gleichzeitig wurden alle relevanten Normen und Vorgaben, die für die Großmontage von Bedeutung sind, recherchiert. Best-Practice-Erfahrungen und Expertenwissen wurden einzogen und in Form einer Checkliste aufbereitet. Mit dieser Checkliste wurden die drei ausgewählten Arbeitsplätze untersucht und der Erfüllungsgrad der ergonomischen Vorgaben und Normen bestimmt.

Darüber hinaus wurden die Arbeitsplätze mit den OWAS (OVAKO Working posture Analysing System) (Karhu et al. 1977, Kivi & Matilla 1991) bewertet. Das OWAS-Verfahren erlaubt die Einschätzung der Arbeitshaltungen auf orthopädischer Basis. Damit können Risiken für eine Schädigung des Muskel- und Skelettsystems beurteilt werden.

Die Arbeitshaltungen der Mitarbeiter werden dabei im Allgemeinen über eine komplette Schicht hinweg im 30 Sekunden Takt aufgenommen. Aus diesen Haltungen konnten die Teilhaltungen von Armen, Beinen und Kopf sowie der Last kategorisiert werden. Als Ergebnis wurden schließlich die Wahrscheinlichkeit einer Schädigung des Muskel- und Skelettsystems sowie die Dringlichkeit von Änderungsmaßnahmen auf einer vier-stufigen Skala klassifiziert.

Neben der Untersuchung der Arbeitsplätze wurden auch der Prozess der Arbeitsplanung und die Planungsvorgaben analysiert. Dazu diente ein neu entwickelter Fragebogen.

Ein freies Interview mit dem Leiter der Arbeitsplanung der betreffenden Abteilung ergänzte die Ergebnisse. Dabei wurden gezielt Gestaltungsmaßnahmen jüngerer Zeit analysiert.

## Ergebnisse

Die Ergebnisse liefern die Grundlage für ein AUVA-Merkblatt und ein rechnergestütztes Checklistentool Ergo-Montage-Check. Das AUVA-Merkblatt hat die Aufgabe die Mitarbeiter der Arbeitsplanung für das Thema Ergonomie zu sensibilisieren und weist in allgemeinverständlicher Form auf die wichtigsten Gestaltungsthemen während eines Planungsprozesses hin. Dazu dienen in jedem Kapitel konkrete Fragen mit groben Vorgaben, mit denen einfach Problembereiche erkannt werden können. Das Merkblatt wird von der AUVA mit dem Titel „ergonomische Großmaschinen-Montage“ veröffentlicht und an Firmen verteilt.

Das rechnergestützte Checklistentool Ergo-Montage-Check (s. Abb. 2) stellt die Erweiterung zum AUVA-Merkblatt dar. Mit diesem Werkzeug können detaillierte ergonomische Analysen von bestehenden Arbeitsplätzen und Vergleiche geplanter Arbeitsplatzvarianten hinsichtlich ergonomischer Kriterien systematisch erstellt werden.

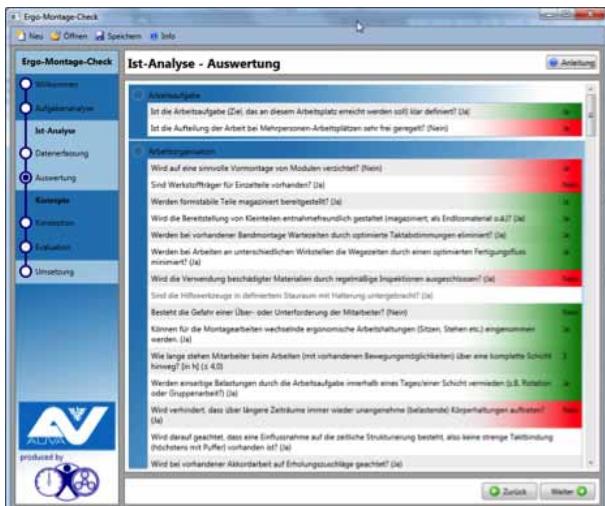


Abb. 2: Ergo-Montage-Check

Das Tool ist besonders benutzerfreundlich gestaltet und folgt dem üblichen Entwicklungsprozess (Ist-Analyse -> Planung -> Evaluierung -> Optimierung ->Umsetzung). Jeder einzelne Prozessschritt enthält eine kurze Anleitung zu Aufgabeninhalt und zu den Zielen des Prozessschrittes, um den Nutzern die Bedeutung zu erläutern. Das Ergebnis der Prüfung oder des Vergleichs wird für jedes Kriterium farblich nach den üblichen Farbkonventionen, rot bzw. grün, und jeweils mit dem zu erreichenden Sollwert dargestellt.

Bei der Gestaltung des Programms wurde auch darauf geachtet Antworttendenzen zu reduzieren und ein schnelles „Abhaken“ zu unterbinden. Fragen, die einen Messwert beinhalten, werden dementsprechend mit Werteingabe dargestellt. Der Nutzer ist hier angehalten, den tatsächlichen Messwert zu ermitteln und einzugeben.

Das Programm wurde innerhalb der Expertengruppe, und bei GE gas engines und der Firma MULTIVAC mit dem Geschäftsfeld Großmontage evaluiert und optimiert.

## Literatur

1. Landau, K. (2003). Good practice: Ergonomie und Arbeitsgestaltung: Sonderausgabe der Zeitschrift für Arbeitswissenschaft anlässlich des 50jährigen Bestehens der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft. Stuttgart: Ergonomia-Verl.
2. Slesina W. (1987). Fragebogen zur subjektiven Einschätzung der Belastungen am Arbeitsplatz (FEBA). In: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Hrsg): Instrumente zur Erfassung psychischer Belastungen. <http://www.rueckenkompass.de/cd/doc/Fragen-Slesina.pdf> (1.3.2012)
3. Karhu, O., Kansi, P., & Kuorinka, I. (1977) Correcting working postures in industry: A practical method for analysis. In Applied Ergonomics 8(4) (pp. 199–201).
4. Kivi, P & Mattila, M. (1991) Analysis and improvement of work postures in the building industry: application of the computerized OWAS method. In: Applied Ergonomics 22(1) (pp. 43-8)

# Innovative Touch-Interaktion: GE<sup>3</sup>STIK

## Gestaltungsempfehlungen für einen ergonomischen Entwurf und flexible Systemarchitekturen von Touch-Interaktionskonzepten

Jurek Breuninger



### Motivation

Die Entwicklung der Touchscreen-Interaktion wurde in den letzten Jahren massiv von der Unterhaltungs- und Kommunikationselektronik vorangetrieben. Bedienkonzepte wie direkte Manipulation mittels Touch-Gestik, animierte und dreidimensionale Darstellung zur Visualisierung von Informationen haben hier weite Verbreitung gefunden. Sie werden von den Benutzern außerordentlich gut akzeptiert und sorgen für ein überdurchschnittlich positives Nutzererlebnis.

In der Metall- und Elektroindustrie werden bereits seit vielen Jahren neben klassischen Leitwarten auf PC-Basis auch Touchscreens zur Steuerung und Wartung von Maschinen genutzt, da sie sich als ähnlich präzises und intuitives Eingabemedium etabliert haben (Sears & Shneiderman 1989). Diese meist direkt an den Maschinen angebrachten Eingabemedien setzen jedoch häufig auf den bestehenden PC-Infrastrukturen auf und sind nur selten an die besonderen Bedingungen der Touchscreen-Bedienung angepasst. Am häufigsten findet sich eine Eins-zu-eins-Umsetzung der zuvor bestehenden mechanischen Stellteile (Knöpfe, Schieberegler). Für nicht aus der Mechanik übertragbare Konzepte, wie Kontextwechsel innerhalb des begrenzten Bildschirms, werden oft GUI-Widgets aus der PC-Welt genutzt, die meist nicht für Touch-Bedienung geeignet sind oder deren Potential zumindest nicht ausnutzen. Mit innovativen Touch-Interaktionskonzepten lassen sich selbst sehr dichte Daten- und Funktionsstrukturen gut visualisieren und manipulieren (Olwal & Feiner 2003, Xing-Dong et al. 2011).

In einem industriellen Umfeld sind zudem viele äußere Einflüsse für den ergonomischen Entwurf der Mensch-Maschine-Schnittstelle zu berücksichtigen. Diese Faktoren sollten identifiziert und ihr Einfluss auf die ergonomische Gestaltung verschiedener Touch-Interaktionskonzepte eingeschätzt werden. In einem Produktivsystem herrscht ein anderer Druck auf den Benutzer, die ihm aufgelegte Aufgabe vollständig und schnell zu lösen, als sie ein Benutzer von Kommunikations- und Unterhaltungselektronik verspürt. Daher gewinnen die Effektivität und Effizienz der Mensch-Maschine-Schnittstelle besonders an Bedeutung. Vor allem die Minimierung der Fehlerwahrscheinlichkeit tritt in den Vordergrund, da Fehler in diesen Anwendungsszenarien weitreichende wirtschaftliche und sicherheitsrelevante Folgen haben können. Trotzdem können

auch subjektive Kriterien, wie die Nutzerzufriedenheit und das positive Nutzererleben, sich als wünschenswerte Eigenschaften herausstellen, wenn dadurch die Gesamtproduktivität nicht leidet oder gar gesteigert werden kann (Bengler 2010).

### Analyse der Anwendungsdomäne

Der Lehrstuhl für Ergonomie arbeitet im Projekt GE<sup>3</sup>STIK mit verschiedenen Partnern aus der bayerischen Metall- und Elektroindustrie zusammen. Neben dem Einsatz von Touchscreens in der Fertigung wird auch der Einsatz in der Haus- und Hausgerätekunde betrachtet, da sich hier einige Überschneidungen bezüglich der ergonomischen Anforderungen ergeben.

Zur Untersuchung der Anwendungsdomäne Fertigungsanlagen wurden Interviews mit Experten aus der Industrie durchgeführt und geeignete Anlagen besichtigt. In weiterführenden Benutzerinterviews mit den Operatoren dieser Anlagen wurden die Arbeitsabläufe erfasst und die ergonomischen Stärken und Schwächen bestehender Anlagen mit und ohne Touchscreen-Bedienung identifiziert. Folgende besondere Einflussfaktoren auf die Bedienung eines Touchscreens in einem Produktionsumfeld wurden ermittelt:

- Lage und Abstand von Mensch und Eingabemedium zueinander
- Lärm
- Mechanische Einflüsse, Vibrationen
- Einsatz von aggressiven Schmiermitteln o.ä., welche die Oberfläche von Touchscreens angreifen oder die Reibung zwischen Finger und Oberfläche beeinflussen
- Anfallender Staub, Kleinteile o.ä., die mangelhaft gekapselte Elektronik beeinträchtigen oder die Reibung beeinflussen
- Schweiß durch körperliche Arbeit oder Klima, der die Reibung beeinflusst
- Bei Außeneinsatz Wettereinflüsse wie Regen etc., die die Reibung beeinflussen können
- Handschuhbedienung
- Wechsel zwischen stationärer und mobiler Bedienung, Problem der Arretierung von mobilen Geräten bei gleichzeitiger Bedienung und (körperlicher) Arbeiten, Bedienung im Gehen
- Touchscreen-Bedienung als Primär-, Sekundär- oder Tertiäraufgabe

Es wurde beschlossen, sowohl einen stationären als auch einen mobilen Anwendungsfall getrennt zu untersuchen. Für den stationären Anwendungsfall wird ein Touchscreen mit mindestens 22"-Bildschirmdiagonale auf Augenhöhe, stehend, bei vom Benutzer frei wählbarem Bedienabstand betrachtet. Für den mobilen Anwendungsfall wird ein Gerät der Tablet-Klasse (9") betrachtet: stehend, bedient mit der dominanten, gehalten mit der nichtdominanten Hand. Lärm

erlaubt kaum oder keine akustische Rückmeldung. Mechanische Einflüsse, Schmiermittel und Staub werden nicht betrachtet, da unter diesen Umständen von Touch-Bedienung abgeraten wird. Schweiß, Wettereinflüsse und Handschuhbedienung, sind in einigen Umgebungen relevant, aber nicht Teil dieser Untersuchungen. Ein Wechsel zwischen mobiler und stationärer Bedienung durch Arretierung des Mobilgerätes erscheint in vielen industriellen Anwendungsfällen sinnvoll, doch es werden dafür keine dedizierten Versuche durchgeführt. Zur Bedienung im Gehen ist ein Versuch geplant. Die Touchscreen-Bedienung wird als Primäraufgabe betrachtet. Da moderne Anlagen meist hochautomatisiert sind, werden sie in der Realität mit größtenteils monitiven Aufgaben kombiniert. Bei Bragdon et al. (2011) hat sich bereits in Versuchen gezeigt, dass unter solchen Bedingungen Touch-Gestensteuerung ähnlich gut wie die etablierten Soft-Keys funktionieren und blinde Bedienung zulassen.

Im Rahmen von mehreren Untersuchungen in der Metall- und Elektroindustrie wurden zahlreiche elementare Anwendungsfälle identifiziert, die bei der Anlagensteuerung und -wartung häufig vorkommen und sich für eine Bedienung mittels Touchscreen eignen bzw. bereits durch Touchscreens angesteuert werden. Diese Anwendungsfälle kommen ebenfalls in der Haus- und Hausgerätetechnik vor. Die häufigsten Aufgaben der Benutzer beinhalten folgende Aktivitäten:

- Navigation innerhalb der Software-Oberfläche zu einer speziellen funktionalen oder lokalen Einheit, um dort Daten abzulesen oder einzugeben.
- Das Ablesen und die Eingabe von Zahlenwerten.
- Das Ablesen und Verändern einer begrenzten Anzahl von Systemzuständen, meist repräsentiert durch Text oder Piktogramme.
- Das Erfassen und Verändern von größeren Datenmengen, die entweder als Listen oder Tabellen strukturiert sind.

## Projektfortschritt

Aktuell werden am Lehrstuhl für Ergonomie in zwei Probandenstudien moderne Touch-Interaktionskonzepte auf ihre Eignung in den genannten Anwendungsszenarien untersucht. Das heißt, die gleiche Aufgabe muss von den Probanden mit unterschiedlichen Interaktionskonzepten bewältigt werden. Dabei werden die Geschwindigkeit der Aufgabenbewältigung und die Fehlerhäufigkeit aufgezeichnet. Mit Videoüberwachung können auftretende Verständnis- und Lösungsprobleme diagnostiziert werden. Mit Hilfe von Fragebögen wird das Nutzererleben der Versuchspersonen erfasst. Dadurch können aktuelle Gestaltungsempfehlungen für den Einsatz von Touch-Interaktion im industriellen Einsatz abgeleitet werden. Die Untersuchungen zielen dabei vor allem auf neuartige Interaktionsformen wie Touch-Gestik ab. Bereits existierenden Erkenntnisse zu Größe und Anordnung von Knöpfen (Buttons) auf Touch-Oberflächen werden umgesetzt, aber nicht erneut verifiziert. Innerhalb der Versuchsreihen werden Interaktionskonzepte bewertet, die sich ausreichend voneinander unterscheiden, bereits etabliert sind und ergonomisch sinnvoll erscheinen.



Abb. 1: Versuchsaufbau im Usability Labor des Lehrstuhls.

### Kontextwechsel horizontal

Bei vielen Anlagen ergibt sich eine starke Kopplung von Funktion und Ort der eingesetzten Maschinen z.B. innerhalb einer Fertigungsline. Deshalb bietet es sich an, den Kontextwechsel zwischen den einzelnen Funktionen der Anlage anhand einer graphischen Visualisierung der Fertigungsline zu realisieren. Der Benutzer kann alle Funktionen auslösen, indem er eindimensional zur richtigen Einheit (Maschine) der Fertigungsline navigiert und dort die Funktion auslöst.

Im Versuch müssen die Probanden einfache Funktionen an verschiedenen Maschinenteilen auslösen. Sie bekommen die Aufgabe vorgelesen: „Drücken Sie Schalter 4 an der Maschine 2.“ Der Wechsel zu den verschiedenen Maschinenteilen wird mit den folgenden Interaktionsvarianten realisiert:

- Diskrete Ansichten
  - Reiter/Tabulatoren am unteren Bildschirmrand.
  - Reiter/Tabulatoren am unteren Bildschirmrand und zusätzliche Pfeiltasten
  - Rechts-/Linkswechsel mittels Wischgeste und Übersicht am unteren Bildschirmrand
  - Wechsel zwischen einer Gesamtübersicht und Detailansichten mittels Druck auf die entsprechenden Maschinenteile in der Gesamtübersicht bzw. auf eine Zurück-Taste
  - Ein vereinfachtes Zoomable User Interface (Bederon et al. 2004), das ähnlich wie die vorherige Variante einen Wechsel zwischen Übersicht und Detailansicht ermöglicht, allerdings mit Touch-Gesten („Pinch“ und „Spread“), zusätzlich ist ein horizontaler Wechsel mittels Wischgeste möglich

- Kontinuierliche Ansicht
  - Eine kontinuierliche Ansicht der ganzen Anlage kann mittels direkter Manipulation horizontal verschoben werden. Eine Miniaturansicht am unteren Rand erlaubt auch einen Direktsprung zu bestimmten Teilen.

Die Probanden lösen einige Aufgaben mit einem der beschriebenen Varianten bevor sie sie sowohl mittels standardisierter als auch speziell angepasster Fragebögen bewerten. Die Geschwindigkeit der Aufgabenbewältigung und die Fehlerrate werden erfasst. Der Versuch wird unabhängig voneinander auf zwei verschiedenen Hardwareplattformen durchgeführt: 9"-Tablet und stationärer 22"-Touchscreen.

### **Listenauswahl**

Auf Touch-Geräten lässt sich in Listen auf verschiedene Arten navigieren. Neben der in der PC-Welt etablierten Bildlaufleiste ist dies primär die direkte Manipulation. Hierbei ist vor allem zu untersuchen, ob neuartige Eigenschaften wie kinetische Trägheit der Liste die Fehlerwahrscheinlichkeit beeinflussen. Seitenweises Blättern durch Listen hat das Potential Intuitivität mit geringer Fehlerrate zu vereinen (Ching-Hua & Chao-Ming 2011). Die Bewertung der Konzepte geschieht auch in Abhängigkeit verschiedener Listenlängen.

Die Probanden müssen auf einem 9"-Tablet aus alphabetisch sortierten Listen drei verschiedener Längen jeweils ein vorgegebenes Element auswählen. Folgende Interaktionsvarianten stehen ihnen dazu nacheinander zu Verfügung:

- Seitenweises vertikales Blättern
  - Pfeilknöpfen
  - Wischgeste
- Kontinuierliche Liste
  - Bildlaufleiste
  - Direkte Manipulation/Anfassen der Liste jeweils mit träger Liste und gebremster Liste und mit zusätzlicher Buchstabenleiste für Direktsprung und ohne

Auch hier bewerten die Probanden die verschiedenen Interaktionsvarianten jeweils mittels standardisierter und speziell angepasster Fragebögen. Die Geschwindigkeit der Aufgabenbewältigung und die Fehlerrate werden erfasst.

### **Ausblick**

Weitere Versuchsreihen sind geplant. Der nächste Vergleich wird sich mit verschiedenen Möglichkeiten, zwischen definierten Systemzuständen zu wechseln (Ein-Aus-Schalter, Auswahl-Widgets), beschäftigen. Abhängig von den Versuchsergebnissen sollen noch weitere Anwendungsfelder und Fragestellungen der Touchscreen-Interaktion untersucht werden. Für spezielle Anwendungsfälle, die variabel konfigurierbare Maschinen betreffen, lassen sich mit aufwendiger Visualisierung und direkter Manipulation Bedienkonzepte entwerfen, die hohe Intuitivität und positives Nutzererlebnis versprechen. Das Kernziel des Forschungsprojekts ist die Untersuchung, inwieweit moderne Touch-Interaktionskonzepte den Effizienz- und Sicherheitsanforderungen des industriellen Einsatzes gerecht werden.

Das Forschungsprojekt wird von der KME – Kompetenzzentrum Mittelstand GmbH finanziert.

### **Literatur**

1. Bengler, K. 2010, Nachhaltige Effizienzsteigerung durch höhere Integration des Nutzers, In: 56. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft GfA „Neue Arbeits- und Lebenswelten gestalten“, S. 269-272, GfA-Press, Dortmund
2. Bederson, B., Grosjean, J. & Meyer, J. 2004, Toolkit Design for Interactive Structured Graphics. IEEE Transactions on Software Engineering 30(8): 535-546.
3. Bragdon, A., Nelson, E., Li, Y. & Hinckley, K. 2011, Experimental Analysis of Touch-Screen Gesture Designs in Mobile Environments, In: Proceedings of the 2011 annual conference on Human factors in computing systems (CHI ,11). ACM, New York, NY, USA, 403-412.
4. Olwal, A., Feiner, S. 2003, Rubbing the Fisheye: Precise Touch-Screen Interaction with Gestures and Fisheye Views. In: Conference Supplement of UIST '03 (ACM Symposium on User Interface Software and Technology), Vancouver, BC, November 2-5, 83-84
5. Sears, A., Schneiderman, B. 1989, High Precision Touchscreens: Design Strategies and Comparisons with a Mouse, In: International Journal of Man-Machine Studies, (1991) 34, 4, 593-613
6. Xing-Dong, Y., Grossman, T., Irani, P. & Fitzmaurice, G. 2011. TouchCuts and TouchZoom: Enhanced Target Selection for Touch Displays Using Finger Proximity Sensing. In: Proceedings of the 2011 Annual Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI ,11). ACM, New York, NY, USA, 2585-2594

# Die SaMSys-Flugsimulatorstudie: Untersuchung des Einflusses von Trainiertheit auf das Blickverhalten von Piloten in modernen Glass Cockpits

Andreas Haslbeck, Patrick Gontar

Das Forschungsprojekt SaMSys hat als Zielsetzung, Safety Performance Indicators (SPI) zu identifizieren, anhand welcher das Sicherheitsniveau einer Airline messbar wird. Dazu modelliert der Lehrstuhl für Flugsystemdynamik (Prof. Holzapfel) einen Nominalprozess, welcher den Flugbetrieb abbildet. Dieser Nominalprozess dient unter anderem als Fehlerbaum und beinhaltet Verzweigungspunkte an welchen die Wahrscheinlichkeiten für die jeweiligen Pfade hinterlegt sind. Diese Pfade können beispielsweise verschiedene operationelle Entscheidungen (Flug zu einem Ausweichflughafen bei Unwetter), oder auch menschliche Fehlerwahrscheinlichkeiten (HEP) für die Durchführung von Handlungen darstellen. Der Lehrstuhl für Ergonomie hat dazu im Frühsommer 2011 eine große Flugsimulatorstudie durchgeführt, in welcher hauptsächlich die manuelle Flugeistung von Piloten gemessen wurde (Schubert, Haslbeck, Hüttig & Bengler, 2011, Haslbeck et al., 2012). Aus dieser Studie lassen sich wieder Erkenntnisse an den richtigen Stellen des Nominalprozesses einpflegen.

Für diese Studie mussten 60 Linienpiloten nachts im Flugsimulator Schwaig (Abbildung 1) in Uniform und gebundener Krawatte antreten. Gegenstand der Forschungsfrage ist der Einfluss der Trainiertheit auf das manuelle Fliegen. Das Konstrukt Trainiertheit setzt sich aus der zurückliegenden Zeitspanne zur ursprünglichen Flugausbildung (Flugschule), Inhalten und Häufigkeit der letzten Simulatortrainings und der täglichen Flugpraxis (Übung) zusammen. Um dies zu untersuchen, wurden zwei Gruppen von Piloten zum Experiment eingeteilt. Jüngere Erste Offiziere auf der Kurzstrecke besitzen einen hohen Grad an Trainiertheit, verfügen jedoch nur über wenig Erfahrung. Die jeweils gegenteilige Ausprägung hinsichtlich Trainiertheit und Erfahrung besitzen ältere Langstreckenkapitäne.



Abb. 1: Cockpit des Airbus A340 Simulators

Der Versuch begann mit einem Abendessen, was den Abläufen eines Nordatlantikflugs entspricht. Anschließend folgte eine längere Wartezeit in welcher bereits einige Müdigkeitstests stattfanden. Hier wurde beispielsweise auch die Flimmerverschmelzungsfrequenz gemessen, wozu am Lehrstuhl eigens ein Messgerät gebaut worden ist (Schlenk, 2011). In

den Stunden nach Mitternacht kamen dann jeweils drei Piloten nacheinander an die Reihe. Deren Flugszenario begann mit einem ereignislosen Anflug auf die Münchner Nordbahn. Die einzige Abwechslung im Cockpit zur späten Stunde waren aufgezeichnete Funksprüche des nächtlichen Flugverkehrs. Die Versuchsperson war dabei stets der Pilot, der die Kontrolle über das Flugzeug hat und steuert (Pilot Flying). Ein- und dieselbe Copilot – ein Mitglied des Forschungsteams – übernahm die Rolle des Pilot Monitoring, der dem Pilot Flying zuarbeitet. Im Endanflug, unter einer Höhe von 1.000 Fuß, drehte im Szenario der Wind, so dass die Versuchspersonen gezwungen wurden, kurz vor der Landung durchzustarteten. Wer nicht selbst das Go Around Manöver eingeleitet hat, wurde vom Pilot Monitoring in einer Höhe von 70 Fuß dazu aufgerufen. Nach einem „Standard Missed Approach“ und vor dem zweiten Anflug nach geänderter Landerichtung (Runway Change) mussten die Piloten mit einem Ausfall des Autopiloten zureckkommen, so dass sie ab diesem Moment zum manuellen Fliegen gezwungen waren. In diesem zweiten, manuell geflogenen Anflug, wurden Abweichungen vom idealen Sollkurs gemessen und sowohl objektiv aus den aufgezeichneten Simulatordaten, als auch subjektiv durch einen Experten bewertet.

Manuelles Fliegen stellt man sich oft als Fliegen mit Joystick vor. Während die Piloten dabei meist die andere Hand am Schubregler haben und nebenbei noch eine Reihe weiterer Bedienelemente steuern, wird oft eine sehr wichtige Komponente vergessen: die Informationsaufnahme hauptsächlich mittels Blickverhalten. Manuelles Fliegen ist als gesamter Prozess zu sehen: Informationsaufnahme über verschiedene Sinneskanäle, kognitive Verarbeitung und Nutzung mentaler Modelle sowie Informationsumsetzung mittels der verschiedenen Bedienelemente (Haslbeck, Schubert, Gontar & Bengler, 2012).

Die Analyse der Flugperformance daten zeigte signifikante Unterschiede in der Leistung beider Pilotengruppen, sowie Einflüsse von Müdigkeit und Beanspruchung (Kirchner, 2011). Somit konnte der Einfluss der Trainiertheit auf das manuelle Fliegen nachgewiesen werden. Die Auswertung der Blickdaten zeigte weitere signifikante Unterschiede beider Gruppen (Gontar, 2012). Beispielsweise wurde untersucht, ob die Piloten kurz vor dem Aufsetzen auf der Landebahn nochmals ihre Geschwindigkeit und Sinkrate überprüfen. Beides sind Werte, welche die Beschleunigungskräfte während des Aufsetzens und somit auch den Komfort der Passagiere beeinflussen.

Die Ergebnisse dieser Simulatorstudie zeigen deutlich die Unterschiede in den manuellen Flugfähigkeiten der beiden Pilotengruppen: Langstreckenkapitäne erleiden durch den Flugbetrieb einen massiven Verlust an manuellen Flugfähigkeiten, welche jedoch kurz nach der Flugausbildung wie bei den Ersten Offizieren noch auf sehr hohem Niveau liegen. Die Versuchsergebnisse lassen die Schlussfolgerung zu, dass Langstreckenpiloten die fehlende Übung derzeit nicht über

das Simulatortraining kompensieren können. Dies ermöglicht nun mehrere Lösungsansätze: entweder kann eine größere Häufigkeit von Simulatorsitzungen die manuellen Flugfähigkeiten wieder hochtrainieren oder Piloten mit wenig Übung wechselt in einen gemischten Flugbetrieb, in dem sie Kurz- und Langstrecke gemischt fliegen.

## Literatur

1. Gontar, P. (2012). Zusammenhang zwischen Blickverhalten und manuellen Flugfähigkeiten unter dem Einfluss von Trainiertheit. Semesterarbeit, Technische Universität München. München
2. Haslbeck, A., Schubert, E., Gontar, P., & Bengler, K. (2012). The relationship between pilots' manual flying skills and their visual behavior: a flight simulator study using eye tracking. Beitrag auf der AHFE International vom 21.-25. Juli 2012 in San Francisco.
3. Haslbeck, A., Schubert, E., Onnasch, L., Hüttig, G., Bubb, H., & Bengler, K. (2012). Manual flying skills under the influence of performance shaping factors. Work: A Journal of Prevention, Assessment and Rehabilitation, 41(Supplement 1/2012), 178–183.
4. Kirchner, P. (2011). Simulatorversuch zum Einfluss von Müdigkeit und Trainiertheit auf manuelle Flugfähigkeiten von Linienpiloten. Diplomarbeit, Technische Universität München. München
5. Schubert, E., Haslbeck, A., Hüttig, G. & Bengler, K. (2011). Evaluation manueller fliegerischer Leistung von Piloten anhand erfasster technischer Parameter in Flugsimulatoren hochautomatisierter Flugzeuge. In M. Grandt & S. Schmerwitz (Hrsg.), Ergonomie im interdisziplinären Gestaltungsprozess. 53. Fachausschusssitzung Anthropotechnik (S. 163–173). Bonn.
6. Schlenk, C. (2011). Konstruktion und Bau eines Geräts zur Messung der Flimmerverschmelzungsfrequenz. Semesterarbeit, Technische Universität München. München

# Cognitive Workload at the LfE

Antonia Conti



Figure 1: Cognitive experiment in action

## An Overview

Applied research on cognitive workload has been gaining momentum as a result its high practical relevance to vehicle safety. This is especially the case for those looking to quantify driver distraction. In accordance with this, the LfE too has begun to investigate cognitive workload. Specifically, we have set out on a project—CoWo—standing for Cognitive Workload, funded by BMW and collaborating with ISO, to evaluate the power of the detection-response task (DRT) as a cognitive workload assessment tool. Precisely because there are many research questions to answer, the current project marks the beginning of something much greater than a single experiment.

## Cognitive Workload

Cognitive workload is the result of the amount of mental resources available relative to the demand that a task places on these resources [5, 13]. Because a characteristic of cognitive workload necessarily involves individual's naturally limited mental resources [9, 14], it follows that the cognitive workload experienced by individuals can also differ from person to person [4]. Cognitive workload is furthermore not something directly observable [3]. Although it can be tested via subjective means by either asking the participant or via questionnaire, an objective online measurement of it is also valuable [12]. Accessing cognitive workload via objective means is to obtain its measurement untainted by subjective input, which is of its own importance.

In situations where a person is required to perform a given task to obtain a specific goal, a certain degree of cognitive workload is experienced by the task performer, which occurs as a result of performing a task. Arguably, cognitive workload could also arise from internal thought processes, for example: daydreaming or simply thinking.

## Detection response tasks (DRTs)

DRTs typically present a continuous stream of stimuli to a test person, which he or she must detect and respond to. The stimuli differ depending on which DRT is being used. For the HDRT, the stimulus is a single LED located frontward of the participant. The RDRT presents the participant with a series of four LEDs located in front of the participant, just below the

screen where the driving scene is displayed. The TDRT, on the other hand, is placed on the left shoulder of the participant and delivers a vibration as the stimulus. All aspects of the DRT are controlled by a single machine and may be altered by the experimenter. Hence, prior to an experiment the experimenter can decide how often the DRT signal will turn on, the signal duration, and which DRT should be active in which sequence.

Detection response tasks are used as a measurement of how much workload a test person is experiencing. To do this, a participant is instructed to perform another task or tasks at the same time he or she performs the DRT. Difficulty or complexity of the task scenario can be manipulated by increasing or decreasing the number of tasks to perform simultaneously. Thus, when a participant performs these tasks in addition to the DRT, it is assumed that the cognitive resources not utilized in performing the other tasks will be reflected in the performance of the DRT [14, 12].



Though new DRT versions are continuously being developed, the DRTs currently being used here at the LfE are: the head-mounted detection response task (HDRT), the tactile detection response task (TDRT), and the peripheral or remote (RDRT) detection response task.

Figure 2: HDRT

## Work here at the LfE

The applicability of the DRTs in terms of how they can be used to test cognitive workload is a main topic of current research. The DRTs have already been tested in different experiments to gauge the workload caused by in-vehicle devices that might distract a person from performing other, more vital tasks (viz. driving) [8, 11].

In light of this, we here at the Department of Ergonomics (LfE, TU Munich) are investigating cognitive workload and its measurement. Our work is currently being directed toward measuring cognitive workload in a practical, easy to use, and economic way. Realistically speaking, measuring cognitive workload has the potential to save lives as it provides a value of how loading a task or interaction is. Based on this value, tasks or interactions can be adjusted to fit the user.

In our CoWo set up, static (non-driving) and dynamic (driving) task settings are being investigated with the aim of understanding how the DRTs can be used in an applied manner. During our current experiment, participants are asked to perform secondary tasks with each of the DRTs, once static and once dynamic. We have established this experimental set up in a computer-based simulator, so that driving and non-driving tasks may be performed with ease. During a typical experimental session, participants are first familiarized with all of the tasks they will experience during the experiment. This includes an introduction to each of the DRTs, the driving task, and the secondary tasks. Although the current set up allows

many tasks to be evaluated, our primary focus is on cognitive tasks. We are currently evaluating the n-back (n levels 0 & 2; [10]), counting task (modeled after [2]), control command task, sentences/dialogue task (modeled after an experiment reported in [1]), and surrogate reference task (SuRT; as per Interlab, [6]). All cognitive tasks are performed in two difficulty levels, easy and difficult, to evaluate whether the DRTs were able to detect such a variation in cognitive workload.

The analyses are planned to be carried out on the DRT, driving, and secondary task performance data. Additionally, future plans include supplementary experiments to investigate the role task instruction may play in the performance of these multiple tasks and also to test the set up with a physiological measurement method, namely pupil dilation. This set up will also be tested in a more realistic setting, including naturalistic in-vehicle tasks, in the second part of the CoWo research series.

If you would like learn more about cognitive research the LfE or if you would like to collaborate, please contact Prof. Dr. Klaus Bengler (bengler@lfe.mw.tum.de).

## Literature

1. Baddeley, A.D., & Hitch, G.J. (1974). Working memory. In G.A. Bower (Ed.), *Recent advances in learning and motivation* (Vol. 8, pp. 47–90). New York: Academic Press.
2. Bengler, K., Kohlmann, M., & Lange, C. (2012). Assessment of cognitive workload of in-vehicle systems using a visual peripheral and tactile detection task setting. In: *Work: A Journal of Prevention, Assessment and Rehabilitation* 41 (Supplement 1/2012), S. 4919–4923.
3. Casali, J. G., & Wierwille, W. W. (1984). On the measurement of pilot perceptual workload: A comparison of assessment techniques addressing sensitivity and intrusion issues. *Ergonomics*, 27, 1033-1050.
4. Gonzalez, C. (2005). Task workload and cognitive abilities in dynamic decision making. *Human Factors*, 47 (1). Accessed from: Department of Social and Decision Sciences. Paper 32. <http://repository.cmu.edu/sds/32>
5. Hart, S. G., & Staveland, L. E. (1988). Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of experimental and theoretical research. In P. A. Hancock & N. Meshkati (Eds.), *Human Mental Workload*. Amsterdam: North Holland.
6. ISO/DTS 14198 Road vehicles — Ergonomic aspects of transport information and control systems — Calibration tasks for methods which assess demand due to the use of in-vehicle systems. Revised Draft Version (2011).
7. Jaeggi, S.M., Buschkuhl, M., Etienne, A., Ozdoba, C., Perrig, W., & Nirkko, A.C. (2007). On how high performers keep cool brains in situations of cognitive overload. *Cognitive Affective & Behavioral Neuroscience*, 7, 75-89.
8. Jahn, G., Oehme, a, Krems, J., & Gelau, C. (2005). Peripheral detection as a workload measure in driving: Effects of traffic complexity and route guidance system use in a driving study. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 8(3), 255-275.
9. Kahneman, D. (1973). Attention and effort. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
10. Mehler, B., Reimer, B., Coughlin, J. F., & Dusek, J.A. (2009). Impact of Incremental Increases in Cognitive Workload on Physiological Arousal and Performance in Young Adult Drivers. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2138, 6-12.
11. Merat, N., Jamson, A. H., & Kingdom, U. (2008). The Effect of Stimulus Modality on Signal Detection: Implications for Assessing the Safety of In-Vehicle Technology. *Human Factors*, 50(1), 145-158.
12. van der Horst, A. R. A., & Martens, M. H. (2010). The Peripheral Detection Task (PDT): On-line measurement of driver cognitive workload and selective attention. In G. L. Rupp (Ed.), *Performance Metrics for Assessing Driver Distraction: The quest for improved road safety* (pp. 73-89).
13. Waard, D. de (1996). The measurement of drivers' mental workload. PhD Thesis, University of Groningen.
14. Wickens, C. D., & Hollands, J. (2000). *Engineering Psychology and Human Performance*, 3rd edn. (Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall).

# Designing Dynamic Distributed Cooperative Human-Machine Systems

Markus Zimmermann

Transportmittel sind ein Schlüsselfaktor für die moderne Gesellschaft. In den vergangenen Jahrzehnten konnte ein ständiger und schneller Anstieg des Transportbedarfes und der Verkehrsdichte, begleitet von verschärften Stausituationen mit ihrem negativen Einfluss auf Verkehrseffizienz, Umwelt und Verkehrssicherheit beobachtet werden. Menschliche Operatoren sind in klassischer Weise verantwortlich für die beiden hauptsächlichen Aspekte des Transportwesens: Fahrzeugbedienung und Verkehrskontrolle. Technologische Innovationen erlaubten die stufenweise Einführung von erweiterten, automatisierten Assistenzsystemen, die zu einem komplexen und effizienten Zusammenspiel von Mensch und Automation und in vielen Fällen auch zu neuen Arten von menschlichem Versagen, Störfällen und gelegentlich auch Unfällen führen.

## 1. Herausforderungen für Transport und Operatoren sind bereichsübergreifend

Es hat sich herausgestellt, dass weitere Automation alleine das Problem nicht lösen kann, die entscheidende Frage ist, wie ein situationsbezogenes optimales Maß an Mensch-Maschine-Kooperation (MMK) mit geteilter Autorität erreicht werden kann (Hoc 2000). An dieser Stelle setzt das europäische Projekt Designing Dynamic Distributed Cooperative Human-Machine Systems (D3CoS) – eine groß angelegte Kooperation europäischer Forschungseinrichtungen und Industriepartner – mit der Zielsetzung an, neue und kostenreduzierende Methoden, Techniken und Tools (MTTs) zu entwickeln. (Lüdtke et al. 2012)

Diese sollen die Spezifikation, Entwicklung und Evaluation verteilter kooperativer Systeme (DCoS) aus einer Multiagentenperspektive ermöglichen. Das Projekt hat sich die domänen-übergreifende Generalisierung des Entwicklungsprozesses von Komposition, über Interaktion, hin zu Schnittstellen für die vier Bereiche bemannte und unbemannte Luftfahrt, Seefahrt und automobile Fahrzeuge zum Ziel gesetzt. Die MTTs und der Entwicklungsprozess werden in domänen-spezifischen Simulatoren evaluiert. Der folgende Beitrag gibt zunächst einen Überblick über das Framework, die Entwicklungszyklen und die Methodik von D3CoS.

## 2. Ein Framework für verteilte kooperative Mensch-Maschine-Systeme

Kooperative Mensch-Maschine-Systeme beinhalten einige Herausforderungen für ihren Entwurf und werden in D3CoS mit der in Abbildung 1 dargestellten Perspektive charakterisiert. Ein DCoS (1) ist eine Ansammlung von Agenten, menschlicher (2a) und/oder maschineller (2b) Natur. Die Agenten interagieren und kommunizieren (3) über multimodale Schnittstellen untereinander. Aufgaben (4) werden den kooperativen Systemen angewiesen und den Agenten zugeordnet (6), die sie durch die Benutzung von zugehörigen Ressourcen ausführen (5). Jeder Agent hat Zugriff (7) auf spezifische Ressourcen. Das kooperative System arbeitet abhängig von einem oder mehreren Objekten (8), entweder in einer Fahrzeugumgebung (bordseitige Perspektive), oder

einer Verkehrsumgebung (Verkehrsperspektive). Es ist, mit dem zu steuernden Objekt, in eine Umgebung (9) eingebunden (beispielsweise das Wetter oder die Kommunikationsinfrastruktur). (Lüdtke et al. 2012)

Jede der Komponenten des Frameworks kann statisch oder dynamisch sein: Die Agenten innerhalb des Systems können sich verändern (einige gehen, andere kommen hinzu), auch deren Potential ist variabel (zum Beispiel lässt die Leistungsfähigkeit menschlicher Agenten unter Stress oder Müdigkeit nach). Ebenso können sich die Aufgaben umformen (beispielsweise im Falle einer Kursabweichung eines Flugzeugs, um Gewitter zu umfliegen) wie auch die Ressourcen ändern (etwa wenn ein Triebwerk ausfällt). Diese Unterscheidung in statisch und dynamisch gilt entsprechend für alle neun Komponenten des Frameworks. (Lüdtke et al. 2012)

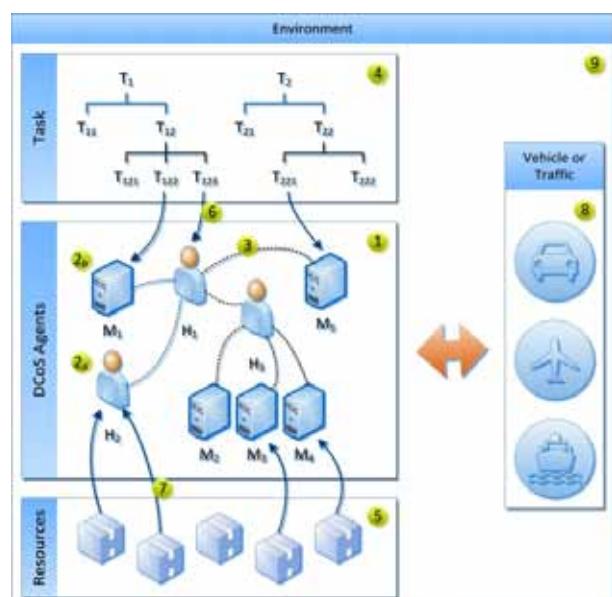


Abb. 1: Framework der D3CoS Multiagentensicht (nach Lüdtke et al. 2012)

## 3. Bereichsübergreifend zu Land, zu Wasser und in der Luft

Im Projekt D3CoS werden vier Bereiche von DCoS angesprochen, die gemeinsame Charakteristiken und Anforderungen aufweisen: Bemannte Luftfahrt (Kooperation in Flugzeugcockpits), Unbemannte Luftfahrzeuge (Kooperation zwischen Drohnen und der Bodenkontrolle), Seefahrt (Kooperation zwischen Schiffen und Hafensystemen), sowie automobile Fahrzeuge (Kooperation zwischen den und innerhalb der Autos). Für die Entwicklung verteilter, kooperativer Systeme wird das Projekt in fünf komplementären Bereichen forschen, um anschließend Methoden, Techniken und Tools (MTTs) zu liefern, die Hauptprobleme der Mensch-Maschine-Kooperation adressieren:

1. die Definition eines generischen und bereichsübergreifend anwendbaren Frameworks für kooperative Systeme,
2. die Modellierung und Simulation kooperativer Systeme unter Einbezug von menschlichen und maschinellen Agenten,

3. Konzepte für intelligente, multimodale Mensch-Maschine-Schnittstellen,
4. Konzepte für Zustandserkennung und dynamische Systemanpassung, sowie
5. einsatzfähige Architekturen zur Kommunikation und Koordination innerhalb kooperativer Systeme.

Für alle Forschungsbereiche werden zunächst Anforderungen definiert; die Forschungsergebnisse finden sich später in den angesprochenen Methoden, Techniken und Tools wieder. Da alle entwickelten MTTs der Vereinfachung des Entwurfes kooperativer Mensch-Maschine-Systeme dienen sollen, richten sie sich nach den Phasen des industriellen Systementwurfs, unterstützen also die Schritte Anforderungsanalyse, Spezifikation, Entwicklung und die Evaluation.

Die Tauglichkeit der in den Forschungsfeldern entwickelten Erkenntnisse – also die neue, bereichsübergreifend anwendbare Methodik zur Unterstützung des DCoS Entwicklungsprozesses – wird zu guter Letzt in domänenspezifischen Demonstratoren und Simulatoren evaluiert. Dies geschieht in drei Zyklen: Jeder besteht aus erstens der Erfassung und Verfeinerung der Anforderungen an die Forschungsfelder, zweitens der Entwicklung und Verbesserung der Methoden, Techniken und Tools und drittens der Evaluation in den vier Anwendungsbereichen.

## 4. Methoden, Techniken und Tools aus automobiler Multiagentensicht

Der Lehrstuhl für Ergonomie beschäftigt sich im Rahmen von D3CoS mit der automobilen Fahrzeugkategorie und lenkt das Hauptaugenmerk auf die in Abbildung 2 aufgezeigten Themen, also auf Nutzerschnittstellen als notwendige Voraussetzung zur Erhöhung des Nutzer-vertrauens (und damit für die erfolgreiche Marktdurchdringung kooperativer Systeme). Das Ziel ist es, die Interaktion zwischen dem Fahrer und einem kooperativen Fahrzeug zu optimieren. Durch dieses Vorgehen sollen späteres Entwicklungsrisiko und -kosten möglichst reduziert werden.



Abb. 2: Forschungsfelder aus automobiler Multiagentensicht

### 4.1 Klassifikation der Kooperation durch Entwurfsmuster

Das erste Forschungsfeld behandelt zunächst die Kooperation an sich, also bspw. die Kooperationsmodi (wie Hochautomatisierung oder Kollaboration) oder Transitionen zwischen Systemzuständen. Aus der Analyse kooperativer Szenarien und Probleme werden Lösungsansätze zunächst klassifiziert, dann als generische Lösung mit Implementierungshinweisen in Entwurfsmuster verpackt. Diese sind später rezeptartig einsetzbar, um bspw. die Allokation von Aufgaben und Ressourcen zwischen beteiligten Kooperationspartnern handhaben zu können (Transitionsmuster), die geteilte Aufgaben zu koordinieren (Kontrollmuster), oder etwa das Zusammenspiel der beteiligten Agenten im Konfliktfall zu regeln (Vermittlungsmuster). Ein beispielhaftes Kontrollmuster für das Paradigma „Shared Control“ ist in Abbildung 3 dargestellt. Einem Designer kooperativer Systeme kann dieses durch konkrete Implementierungshinweise im Entwicklungsprozess helfen.

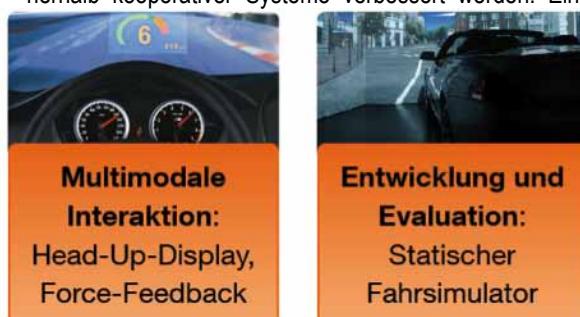


Abb. 3: Ein exemplarisches Entwurfsmuster für das Paradigma „Shared Control“

Eine weitere wichtige Aufgabe ist die Schaffung von Messgrößen (Metriken) zur Bewertung der Kooperation, in welcher der Fahrer bei höherem Automatisierungsgrad möglicherweise kaum Schnittstellen benutzt.

### 4.2 Fahrerverhalten, Intention und Verfügbarkeit

Basierend auf der Klassifikation soll die Interaktion innerhalb kooperativer Systeme verbessert werden. Ein



zentrales Forschungsfeld ist hier die Betrachtung und Modellierung der menschlichen Verhaltensanpassung. Weiterhin werden Interaktionsmechanismen entwickelt, die es mittels geeigneter Messeinrichtungen (wie Eye-tracker, Pupillometrie oder Physiologie) erlauben, Fahrer

verfügbarkeit, -zustand und -intention im Betrieb zu erkennen. Dadurch kann Interaktion im Hinblick auf Kooperation um die Transition, also die Übergabe von Verantwortlichkeiten, erweitert werden. Die folgenden Zielzustände rücken dabei in den Fokus der Experimente: (1) menschliche Ablenkung, (2) menschliche Intention, (3) menschliche Aufmerksamkeit, (4) menschliche Verfügbarkeit, (5) menschliche mentale Beanspruchung, und (6) die Zustände maschineller Agenten. Momentan werden Referenzentwürfe zu deren Messung vorbereitet. Bezogen auf die automobile Perspektive bedeutet dies, dass das Projektteam an der szenarienbasierten Fahrstreifenwechselabsichtserkennung arbeitet. Dies geschieht durch verschiedene Indikatoren (wie Fahrzeugdaten, Blickerkennung, Szenarienerkennung, oder Physiologie) und Auswertungsansätzen aus dem maschinellen Lernen (siehe Abbildung 4). Um Algorithmen zur Zustandsanpassung kooperativer Systeme zu entwickeln, wird die Intentionserkennung im nächsten Projektabschnitt auf experimenteller Basis evaluiert.

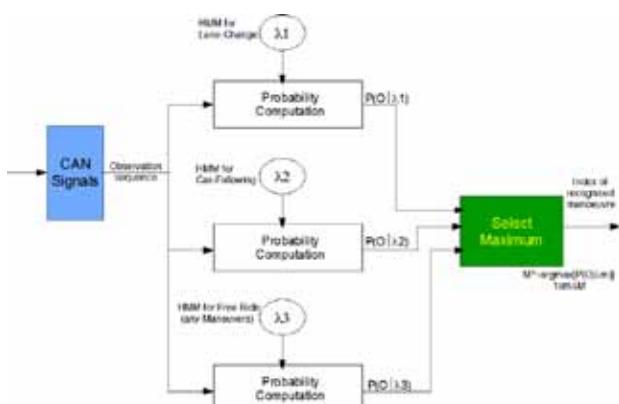


Abb. 4: Architektur zur Fahrstreifenwechselabsichtserkennung. Quelle: F. Tango in D3CoS Consortium (2012)

### 4.3 Multimodale Schnittstellen

Dies mündet schlussendlich in Interaktionskonzepten, die geeignet sind, multimodal zu kommunizieren. Im Kern umfasst dies die Vermittlung der Aspekte Intention, Transition und Zustandsdynamik. Technische Lösungen wie zum Beispiel das Head-up-Display oder Force-Feedback-Elemente zur Interaktion (visuell, auditiv oder haptisch) zwischen dem Fahrer und einem hochautomatisierten kooperativen Fahrzeug werden deshalb untersucht. Um die Kausalität zwischen den Ereignissen auf verschiedenen Kanälen nicht zu verlieren, wird ein Nachrichtenprotokoll zwischen den multimodalen Komponenten spezifiziert.

### 4.4 Referenzentwürfe und Evaluation

In ausgewählten Verkehrsszenarien wie einem kooperativen Spurwechsel soll eine akzeptierte sichere Kooperation zwischen Fahrer und Fahrzeug dargestellt und Verfügbarkeit und Intention beider Seiten verlässlich erkannt werden. Dies geschieht durch eine Referenzimplementierung einiger Entwurfsmuster. Basierend auf den Ergebnissen wird ein Demonstrator im statischen Fahrsimulator erstellt und mit Hilfe der neu entwickelten Metriken evaluiert.

### 5. Ausblick

Im soeben begonnenen zweiten Projektzyklus werden die folgenden weiteren Schritte durchgeführt werden:

1. Ein detailliertes Entwurfsmuster wird für einen einfachen, aber domänenübergreifenden Anwendungsfall ausgearbeitet werden. Dies könnte beispielsweise ein Entwurfsmuster für das in allen Domänen auftretende Szenario „Ressourcenkonflikt“ sein. Ein solches allgemeines Entwurfsmuster wird sodann spezialisiert für jede Domäne abgeleitet und ausgearbeitet werden.
2. Die ebenfalls im Projekt D3CoS erstellte Modelliersprache für kooperative Systeme – DCoS XML – und eine passende UML Transformation soll dazu benutzt werden, die Szenarien und die durch die Entwurfsmuster adressierten Lösungen formalisiert zu modellieren. In einem ersten Schritt betrifft dies die Beschreibung der DCoS Ausgangs- und Referenzzustände. Im zweiten Schritt wird die dynamische Systemanpassung (also die Aufgaben- und Ressourceneuverteilung) des DCoS innerhalb der Entwurfsmuster ebenfalls in DCoS XML modelliert.
3. Ein erster Satz von Entwurfsmustern für Agentenkooperation, Zustandserkennung, Zustandsanpassung und Nutzerschnittstellen wird ausgearbeitet werden.
4. Die bisher bestehenden Referenzentwürfe werden weiterentwickelt, systematisiert und generalisiert, um die Entwurfsmuster zu verbessern.
5. Eine Taxonomie von Paradigmen und Modalitäten für Nutzerschnittstellen, die geeignet sind, Mensch-Maschine-Kooperation zu vermitteln, werden vom momentanen Forschungsstand innerhalb D3CoS abgeleitet und ebenfalls in Entwurfsmustern formuliert.

### 6. Literatur

1. Hoc, J.-M. (2000). From human-machine interaction to human-machine cooperation. *Ergonomics*, 43(7), 833–843.
2. Lüdtke, A., Javaux, D., Tango, F., Heers, R., Bengler, K., & Ronflé-Nadaud, C. (2012). Designing Dynamic Distributed Cooperative Human-Machine Systems. In IEA (Ed.), *Proceedings of the 18th World Congress*. Recife.
3. D3CoS Consortium (2012). D3-03 Reference Designs and Design Patterns for Cooperation & DCoS State Inference and Adaptation. Public Deliverable D3-03. Technische Universität München.

# Forschungsbedarf zur Verkehrssicherheit von elektroangetriebenen Leichtfahrzeugen

Veit Sennер

## 1. Ausgangssituation

Pedelecs<sup>1</sup>, E-Bikes und E-Scooter bieten eine große Chance für alternative und nachhaltige Mobilität insbesondere im urbanen Raum. Sie sind in erster Linie attraktiv für die Bevölkerungsgruppe mittleren und höheren Alters, aber es bestehen auch gute Aussichten, jüngere Personen für einen Umstieg von anderen Verkehrsmitteln auf diese neue Fahrzeugkategorie zu gewinnen. Aufgrund der möglichen höheren Geschwindigkeiten, dem größeren Gewicht (im Vergleich zum Fahrrad) und der Neuartigkeit des Verkehrsmittels birgt diese Alternative aber auch erhebliche Risiken in Bezug auf die Verkehrssicherheit:

- I. Unzureichende statische Festigkeit und ungeprüfte Betriebsfestigkeit der Fahrzeuge
- II. Fehlende Schutzeinrichtungen und Präventivsysteme
- III. Zunahme von Bedienungs- und Fahrfehlern
- IV. Ungeeignete Verkehrsinfrastruktur

Die beiden ersten Problematiken sind eindeutig der Fahrzeugtechnik zuzuordnen und können durch geeignete konstruktive Maßnahmen und ggf. Neuentwicklung angegangen werden. Das dritte Thema beschreibt Risiken, die mit Unzulänglichkeiten des Anwenders verbunden sind. Sie können durch Information, Schulung und Erfahrung im Umgang mit elektr angetriebenen Leichtfahrzeugen (ELF) vermindert werden und müssen durch konstruktive Maßnahmen am Fahrzeug und ggf. technische Assistenzsysteme flankiert werden. Das vierte, eher zur Verkehrsraumentwicklung bzw. Verkehrsinfrastruktur gehörige Thema hat schließlich auch einen Bezug zur Fahrzeugtechnik, weil es die speziellen Eigenschaften von ELFs nutzt und gleichzeitig deren Anwendung absichert.

## 2. Unzureichende statische Festigkeit und ungeprüfte Betriebsfestigkeit der Fahrzeuge

### Das Problem

Eine zentrale Anforderung des Nutzers an ELFs ist ein hoher Gesamtwirkungsgrad des Systems um möglichst selten Ladezeiten einplanen zu müssen. Dies führt zu einem Zielkonflikt in Bezug auf Gewichtsminimierung des Fahrzeugs und erforderlicher Batterieleistung. Hinzu kommt, dass aus optischen Gründen die Batterien in den Rahmen integriert werden (wobei die Batterie in der Regel keine tragende Funktion übernimmt). Die entstehenden neuen Rahmenformen sind höheren Geschwindigkeiten bei gleichzeitig höherem Gesamtfahrzeuggewicht, und damit insgesamt höheren dynamischen Lasten ausgesetzt. Darüber hinaus ist der „nahe liegende Fehlgebrauch“ (wenn z.B. ohne Entlastung über den Randstein gefahren wird) ein nicht auszuschließender Fall. Für den Nachweis der statischen Festigkeit, insbesondere aber für den Betriebsfestigkeitsnachweis von ELFs gibt es weder realistische Lastspektren noch valide Prüfkriterien. Die in den aktuellen Normen beschriebenen Prüfverfahren sind kaum geeignet, heutige Leichtfahrräder angemessen zu prüfen, einzelne Prüfhäuser haben daher ihre eigenen, über die

Norm hinausgehenden Prüfungen entwickelt. Für die schwereren und vor allem schnelleren ELFs dürfen die vorhandenen Normen ungeeignet und daher grundlegend zu überarbeiten sein. Dafür müssen die wissenschaftlichen Grundlagen geschaffen werden.

### Vorgeschlagener Ansatz

Das Fachgebiet SpGM beschäftigt sich seit etlichen Jahren mit der Ermittlung von Lastspektren und der Entwicklung von Prüfverfahren für Fahrräder. Im Zuge dieser Forschung und in Zusammenarbeit mit Fahrradherstellern ist ein umfangreich ausgestattetes Radlabor mit verschiedenen Prüfständen zur dynamischen Prüfung von Fahrradrahmen und Komponenten entstanden. Des Weiteren existieren verschiedene Messräder (Abb. 1) zur Ermittlung der Betriebslasten beim Radfahren. Im Rahmen eines von der Bayerischen Forschungsstiftung geförderten Forschungsprojektes (*Betriebssicherheit von Sportgeräten aus CFK*, Förder-Nr. AZ-816-08) werden die sowohl im Bereich der Sportprodukte als auch im Bereich Elektromobilität immer stärker in den Fokus rückenden Faserverbundwerkstoffe in Augenschein genommen. Im Auftrag der Stadt Rosenheim fanden Untersuchungen zum Rollwiderstand und zum Fahrkomfort von Fahrradwegen statt.

Unter Zuhilfenahme dieser Methoden und mit dem vorhandenen Wissen auf diesem Gebiet könnten wir ohne großen Vorlauf entsprechende Lastkollektive mit unterschiedlichen Typen von ELFs ermitteln und diese in Prüfprogramme überführen. An unserem 5-Achsen Rahmenprüfstand (Abb. 2) werden die neuen ELF Rahmen diesen Prüfkollektiven ausgesetzt. Kritische Bauteile wie z.B. die Federgabel, werden an den Komponentenprüfständen (Abb. 3) getestet.



Abb. 1: Mountainbike Meßrad mit Sensoren an Kurbeln, Sattelstütze, Radachsen, Lenkervorbaus.

<sup>1</sup> pedal electric cycle



Abb. 2: Fünf-Achsen-Rahmenprüfstand zur Ermittlung der Betriebsfestigkeit von Fahrradrahmen

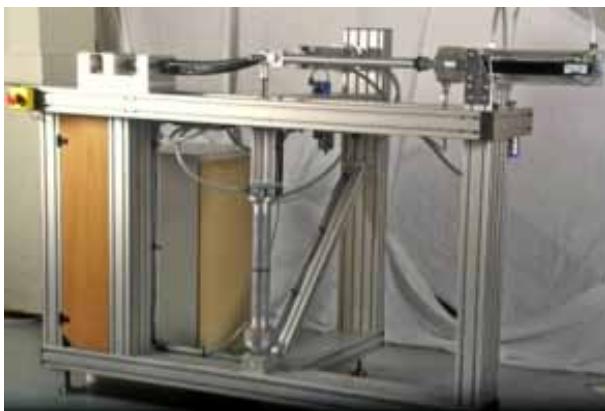


Abb. 3: Gabelprüfstand für dynamische Dauerfestigkeitsprüfung

Zentrales Ziel wären eine Bestandsaufnahme und eine genauere Beschreibung der auftretenden Probleme mit der Absicht, Grundlagen für valide Prüfprogramme und begleitende Normungsaktivitäten zu erarbeiten.

### 3. Fehlende Schutzeinrichtungen und Präventionsysteme

#### Das Problem

Die größere Geschwindigkeit von ELF (selbst Pedelecs, bei denen der Elektromotor ab 25 km/h abregelt, können durch Treten deutlich schneller werden) und die Kombination mit dem höheren Gewicht führen zu einem signifikanten Anstieg der Systemenergie mit entsprechenden Folgen im Fall von Kollisionen. Zudem ist zu vermuten, dass die Häufigkeit von Fahr- und Bedienungsfehlern (Darstellungen hierzu siehe im nächsten Abschnitt) zunimmt. Ein weiterer Risikofaktor ist, dass es für Autofahrer schwierig sein kann, die Geschwindigkeit von ELF korrekt einzuschätzen, denn äußerlich unterscheiden sich ELF nicht von konventionellen Fahrrädern.

Vor diesem Hintergrund sind zum einen Schutzeinrichtungen zur Minderung der Folgen von Kollisionen und zum anderen Systeme zur Unfallvermeidung (Präventivsysteme) zu entwickeln und in Bezug auf ihre Schutz- bzw. Präventivwirkung zu evaluieren. Nur auf der Grundlage abgesicherter Erkenntnisse können z.B. die Forderung nach einer Helmpflicht für ELF oder Vorschriften für sonstige Schutzsysteme substantiell diskutiert und entschieden werden.

#### Vorgeschlagener Ansatz

Zunächst für den alpinen Skilauf, dann auch für andere Sportarten hat das Fachgebiet SpGM die Schutzwirkung von Helmen in typischen Kollisionssituationen untersucht. Da hier experimentelle Ansätze ausscheiden, wurde über mehrere Jahre hinweg ein aufwändiges mathematisches Kopf-Nacken-Modell (Lehner, 2008) entwickelt und mit einem Helm- und einem Ganzkörpermodell des Menschen kombiniert (Abb. 4). Wir arbeiten mit dem Mehrkörper-Simulationsprogramm Simpack (Simpack AG, Wessling, Deutschland), welches uns erlaubt, eigene für die Biomechanik entwickelte und validierte Kraftroutinen (z.B. zur Beschreibung des Verhaltens der Zwischenwirbelscheiben) zu implementieren.



Abb. 4: Mathematisches Ganzkörpermodell und Kopf-Nacken-Modell zur Untersuchung von Helmen und Schutzsystemen für die Halswirbelsäule.

So stabilisieren in unserem Kopf-Nackenmodell insgesamt 23 Muskeln die Hals-Wirbelsäule (HWS), die Muskeln können je nach Betrachtungsfall beliebig „voraktiviert“ werden. Die Geometrie der knöchernen Strukturen beruht auf der Computertomographie (CT) menschlicher Präparate. Alle Teilstrukturen sind durch Experimente validiert. Die Elastizitäts- und Dämpfungseigenschaften des Helms (Schale und Innlayer) können helmspezifisch gewählt oder neue Materialien simuliert werden. Auch der Einfluss der Passform (Relativbewegung Kopf-Helm) oder die Wirkung von Schutzsystemen für die HWS (siehe Abb. 5) können im Modell abgebildet werden. Das parametrisierte dreidimensionale Menschmodell besteht aus 15 Teilkörpern, die Steifigkeit der Gelenke ist durch frei programmierbare Momentenkennlinien vorwählbar, die anatomischen Gelenkanschläge sind berücksichtigt. Zwischen der Umwelt und zwischen den Körpern untereinander bestehen visko-elastische Flächenkontakte (Polygon Contact Model, Hippmann, 2004).

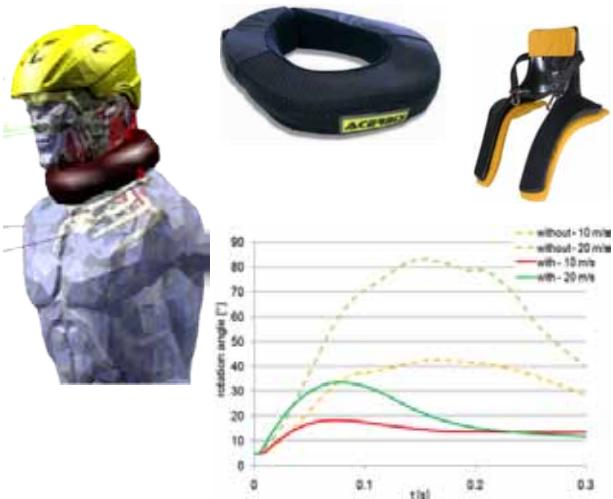


Abb. 5: Anwendung des Modells zur Untersuchung der Wirkung von HWS-Schutzsystemen

## 4. Zunahme von Bedienungs- und Fahrfehlern

### Das Problem

Zur Attraktivität von ELVs trägt bei, dass der Nutzer längere Fahrstrecken mit hoher Geschwindigkeit bewältigen kann. Dies bedingt aber auch höhere Anforderungen an seine Konzentration, das Reaktionsvermögen und generell den Fahrerzustand. Aus dem Bereich des Automobils und des Motorrads ist bekannt, dass komfortables, möglichst ermüdungsfreies Sitzen ein Faktor für ein sicheres Führen des Fahrzeugs ist. Bei der neuen Fahrzeugklasse der Pedelecs bestimmt die Sitzposition aber gleichzeitig auch den Wirkungsgrad des Pedalierens, determiniert den Luftwiderstand und beeinflusst damit die muskuläre Ermüdung. In beiden Bereichen wurden durch den Lehrstuhl für Ergonomie relevante Parameter identifiziert, die im Rahmen objektiver Messungen Auskunft über die Qualität der Sitzhaltung und des Sitzkomforts liefern. Zudem ist sie für das Halten des Gleichgewichts des Zweirads von Bedeutung: Ältere Personen bevorzugen eine aufrechte, die Rücken- und Schultermuskulatur wenig beanspruchende Sitzpositionen, sowie eine reduzierte Sitz- bzw. Sattelhöhe. Hierdurch werden das Auf- und Absteigen, das Anhalten sowie das Langsamfahren erleichtert (ein hoher Körperschwerpunkt erschwert das Halten des Gleichgewichts).

Während es für das sportliche Radfahren zahlreiche Studien zur Sitzposition gibt, alle mit dem Ziel der Leistungsoptimierung, wurde bislang keine wissenschaftlich fundierte Komfortoptimierung, speziell für die Zielgruppe älterer Personen, mit dem Nebenkriterium „guter-Kompromiss-in-Bezug-auf-den-Wirkungsgrad“ und unter Berücksichtigung typischer Nutzungsprofile von ELFs vorgelegt.

### Vorgeschlagener Ansatz

Seit über fünf Jahren beschäftigt sich das Fachgebiet SpGM mit der Biomechanik des Radfahrens und der Untersuchung des sog. „Runden Tritts“. Auf der experimentellen Ebene fanden hierzu Probandenstudien statt mit Bewegungsanalysen, Muskelaktivitätsmessungen (EMG), der Erfassung der Kräfte an den Pedalen, dem Lenker und der Sattelstütze, sowie Spirometrie zur Ermittlung des metabolischen Umsatzes beim (Liege)Radfahren (Abb. 6).



Abb. 6: Spirometrie (Atemgasanalyse) zur Ermittlung des metabolischen Verbrauchs beim Fahren mit einem Liegerad

Auf der theoretischen Ebene entstand ein zweidimensionales Muskel-Skelettmodell (Abb. 7) mit dessen Hilfe ein Optimierungsproblem (Gütekriterium: Minimierung der muskulären Arbeit) gelöst werden konnte (Höchtl, 2009; Höchtl, Böhm, Senner, 2010).

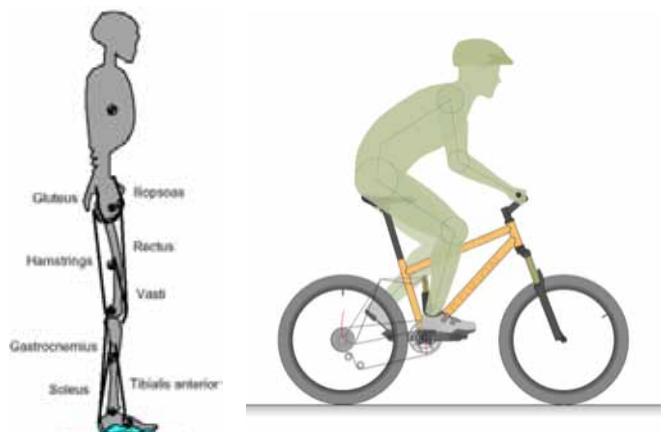


Abb. 7: Matlab / Simulink Modell des Radfahrers zur Untersuchung der Tritteffizienz (Höchtl, 2009).

Im vergangenen Jahr fand in Kooperation mit dem Korean Institute for Technology (KITECH) eine Untersuchung des Effekts verschiedener Sitzpositionen beim Radfahren statt. Da in der Studie nur junge, körperlich gut trainierte Probanden untersucht worden sind, können die Ergebnisse nicht auf die gegenständliche Zielgruppe älterer Verkehrsteilnehmer übertragen werden. Aber die Methoden der Studie sind direkt zu übernehmen. In der Untersuchung einfließen müssten zusätzlich Aspekte wie Komfort/Diskomfort, Handling und Sicherheitsgefühl. Neben den gesuchten Erkenntnissen zur Interaktion der Sitzposition mit den vorgenannten Parametern könnte die Untersuchung nebenbei auch interessante Aufschlüsse über das Verhalten der Zielgruppe in der Eingewöhnungsphase an die neuen Fahrzeuge liefern (Lernverhalten, bestehende Problem mit der Bedienung etc.).

## 5. Ungeeignete Verkehrsinfrastruktur

### Das Problem

ELFs könnten insbesondere dann für den urbanen Raum eine brauchbare Alternative zum automobilen Individualverkehr darstellen, wenn hierfür auch eine geeignete Verkehrsinfrastruktur zur Verfügung stünde. Diese Aussage begründet sich zum einen mit dem latenten Risiko möglicher Kollisionen mit Fußgängern oder mit Fahrzeugen, die aus Garagenzufahrten ausfahren. Würden statt der Fahrradwege die Fahrstraßen für die neue Fahrzeugklasse freigegeben, dann verlagern sich

die Gefahren dorthin, insbesondere wenn der gewünschte hohe Nutzungs- und Verbreitungsgrad tatsächlich eintritt. Weiterhin ist noch unerforscht, in welcher Weise andere Verkehrsteilnehmer auf ELF-Nutzer reagieren würden, vor allem, wenn diese auf den ersten Blick nicht von Fahrradfahrern zu unterscheiden sind. Relevante Mechanismen der Unfallvermeidung durch Verhaltensanpassung der Konfliktpartner könnten dadurch außer Kraft gesetzt werden. Der Attraktivität der höheren Fahrgeschwindigkeit ohne Anstrengung steht damit ein mit aller Wahrscheinlichkeit höheres Unfallrisiko gegenüber. Wohin also mit den Nutzern von ELFs?

### Vorgeschlagener Ansatz

Bei einem Treffen am 5. Juli 2004 mit hochrangigen Vertretern der Stadtverwaltung der koreanischen Metropole Seoul stellte der Unterzeichner die Idee für ein neues Verkehrs- und Transportsystem für den Individualverkehr in Ballungszentren vor<sup>2</sup>. Kern dieser Idee ist eine Fortbewegung mittels muskelkraftbetriebener Fahrzeuge in einem Röhrensystem. Für jede Fahrtrichtung steht eine eigene Röhre zur Verfügung, in welcher ein abgestimmter und kontinuierlich vorhandener Luftstrom die Fortbewegung der Fahrzeuge unterstützt (Abb. 8). Die Vorteile dieses Systems liegen auf der Hand: Trennung vom Fußgänger und Fahrzeugverkehr, vollständiger Wetterschutz und das Vorhandensein eines „externen Energiebelieferanten“.

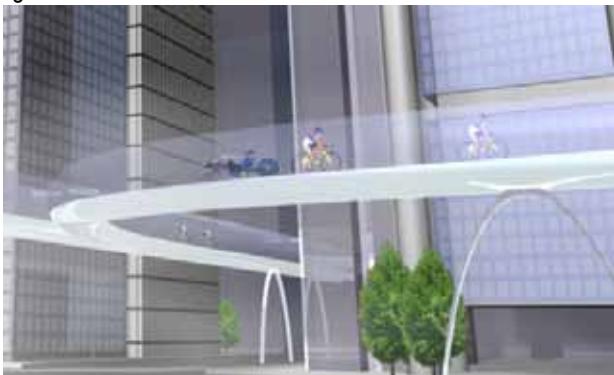


Abb. 8: Designstudie zum Verkehrssystem „velovent“ (Quelle: TUM)

Diese sehr futuristisch anmutende Idee hat mit dem Aufkommen der Elektromobilität und der ELFs eine ganz neue Bedeutung bekommen. So überrascht es nicht, dass das Korean Transport Institute 2009 in ihrem KOTI World-Brief No.1, Vol. 1 (2009) ein Bike Rapid Transit System vorstellt, welches genau den Gedanken des abgetrennten Verkehrsraumes umsetzen soll. Die Koreaner analysieren sehr sorgfältig Kosten und Nutzen einer solchen Systems, interessanterweise noch ohne dessen Nutzung durch ELFs in Erwägung zu ziehen. Sie machen sogar bereits Vorschläge für verschiedene Trassenführungen in Seoul (siehe Abb. 9).



Abb. 9: Eine der vorgeschlagenen Trassen für ein „Bike Rapid Transport System“ in der südkoreanischen Hauptstadt Seoul. Quelle: Korean Transport Institute KOTI World-Brief No.1, Vol. 1 (2009).

Ohne Frage würde die Umsetzung der skizzierten Idee längerfristige Veränderungen und eine ganze Reihe von baulichen, gesetzlichen und infrastrukturellen Maßnahmen erfordern. Wir sind der Ansicht, dass diese Form von Verkehrsinfrastruktur zumindest ein ernsthaftes Nachdenken verdient und dass die Zeit reif ist, die Grundlagen hierfür jetzt zu erarbeiten. Wir schlagen daher eine Machbarkeitsstudie vor<sup>3</sup>.

Diese müsste eine Vielzahl an Fragen beantworten und durch wissenschaftlich fundierte Analysen belegen. Am Ende des Vorhabens soll eine konzeptionelle Ausarbeitung vorliegen, in welcher die vorrangigsten mit der Idee verbundenen Fragen in Bezug

- auf die technische Umsetzbarkeit (z.B. welche Technologien sind hierfür noch zu entwickeln, welche technischen Probleme sind zu lösen?),
- auf die mögliche Integration in die Stadtentwicklung (z.B. Sinnhaftigkeit aus konkreter verkehrsplanerischer und städtebaulicher Sicht?),
- auf soziale Randbedingungen (z.B. Zielgruppen, Akzeptanz in der Bevölkerung) und schließlich
- auf die Wirtschaftlichkeit (z.B. Aufzeigen möglicher Geschäftsmodelle und Vertriebskonzepte)

beantwortet oder zumindest präzisiert sind.

In das Vorhaben würden wir verschiedene Lehrstühle der Technischen Universität München aus den Fakultäten Maschinenwesen, Bauingenieurwesen, Wirtschaftswissenschaften und Architektur einbinden. Darüber hinaus würde es eine Querverbindung zum derzeit am laufenden Projekt Modellregion Elektromobilität Garmisch-Partenkirchen geben.

Weiterhin sollte im Rahmen eines Feldversuchs oder einer Feldbeobachtung soll untersucht werden, ob Verkehrsteilnehmer in der Lage sind, das Fahrverhalten (insbesondere die Geschwindigkeit) von ELFs korrekt einzuschätzen bzw. in welchen Verkehrssituationen und -konstellationen es zu kritischen Fehleinschätzungen (Zeitlücke) auf beiden Seiten kommen kann.

### 6. Fazit

Der Lehrstuhl für Ergonomie (LfE) und das Fachgebiet Sportgeräte und –materialien (SpGM) können zur Bearbeitung der skizzierten Themen auf einschlägiges Vorwissen, spezielle Methoden und ein gutes Netzwerk in diesem Bereich zurückgreifen. Die Ideenskizze stellt lediglich einen Ausschnitt der am Lehrstuhl vorhandenen Methoden dar. Insbesondere im Bereich der Assistenzsysteme wird am Lehrstuhl intensiv geforscht und publiziert. Erkenntnisse hieraus könnten durchaus auch für das gegenständliche Thema von Bedeutung sein.

<sup>2</sup> Vorarbeiten zu dieser Idee begannen bereits 2002

<sup>3</sup> 2005 wurde der Antrag auf Förderung einer solchen bei der Volkswagenstiftung ohne Erfolg eingereicht.

## Literatur

### Teil 1

1. Blümel, M., Senner, V., Baier, H. (2007) Service strength of high tech bicycles. In: Fuss F.K., Subic A. and Ujihashi S. (Eds.) *The Impact of Technology on Sport II*. Taylor & Francis Group, London, pp. 767-772.
2. Blümel M., Senner V. (2010) Aktuelle Betriebslastermittlung an Sportfahrrädern. MP Materials Testing 03/2010; Carl Hanser Verlag, 142-47.
3. Hözel, C., Höchtl, F., Senner, V. (2011). Operational loads on sport bicycles for possible misuse: 5th Asia-Pacific Congress on Sports Technology (APCST). Procedia Engineering, 13(0), 75–80, from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705811009684>.
4. Höchtl, F. (2009) Berechnung effizienter Kraftverläufe beim Radfahren mittels eines Menschmodells in Matlab/Simulink. Diplomarbeit an der Fakultät für Maschinenwesen der Technischen Universität München.
5. Höchtl, F., Böhm, H., Senner, V. (2010) Prediction of energy efficient pedal forces in cycling using musculoskeletal simulation models. Procedia Engineering, The Engineering of Sport 8, Volume 2, Elsevier, pp. 3211-3215.
6. Chung KR, Hyeong JH, Kim SY, Senner V, Hoechtl F (2011) The Effects of Seat tube angle on the Metabolic cost during Cycling at Low intensity Workload. Procedia Engineering 13, 2011, Elsevier, 334-37.
7. Senner V, Chung KR, Halle M, Walberer P, Paech B (derzeit in Vorbereitung) Effect of seating posture on cycling performance considering air resistance.

### Teil 2

1. Lehner, St., Rühmann, HP., Senner, V. (2004) Computermodell des Kopf-Halswirbelsäulen-Bereichs zur Berechnung der Belastung der Nackenmuskulatur bei quasistatischen und dynamischen Bewegungsabläufen. In: Gros, H., Edelmann-Nusser J., Witte, K., Moritz, F., Roemer, K. (Hrsg.): Sporttechnologie zwischen Theorie und Praxis III, Beiträge zum 4. divers Workshop, Shaker Verlag – Aachen.
2. Lehner St. (2008) Entwicklung und Validierung biomechanischer Computermodelle und deren Einsatz in der Sportwissenschaft. Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades Dr. rer. nat. an der Universität Koblenz, Institut für Sportwissenschaft.
3. Senner V., Lehner, St., Böhm, H. (2009) Equipment development and research for more performance and safety. In: Müller E. Lindinger St., Stögg T.(Eds.) Science and Skiing IV, Meyer & Meyer Sport (UK) Ltd., 111-133.
4. Lehner St., Walkrapp, O., Senner, V. (2010) Use of head-gear in football - A computer simulation of the human head and neck. Procedia Engineering, The Engineering of Sport 8, Volume 2, Elsevier, pp. 3263-3268.
5. Lehner St., Senner, V. (2011) Use of a neck protection device as an option for head and neck safety in skiing. Vortrag beim 19th International Congress on Ski Trauma and Skiing Safety, Keystone, USA.

### Teil 3

1. Müller M., Mecke G., Böhm H., Niessen M., Senner V. (2007) Design of Leisure Sports Equipment and Methods of Sports Science. In: Fuss F.K., Subic A. and Ujihashi S. (Eds.) *The Impact of Technology on Sport II*. Taylor & Francis Group, London, pp. 781-786
2. Mecke G (2008) Leistungsphysiologische und ergonomische Untersuchung der drei Fahrradtypen Rennrad, Alltagsrad, Sesselrad bei extensiver Belastung. Diplomarbeit an der Fakultät für Sport- und Gesundheitswissenschaft der Technischen Universität München.
3. Siebert S., Böhm, H., Höchtl F. (2008) Der Runde Tritt im Radsport – Eine Standortbestimmung. 23. Internationales Triathlon Symposium, Band 20

# Adaptive Verfahren in der Psychophysik

## Effiziente Bestimmung von Absolut- und Unterschiedsschwellen

Manuel Kühner, Heiner Bubb, Klaus Bengler, Jörg Wild

### 1 Einleitung

Bei vielen Fragestellungen in den Projekten des Lehrstuhls für Ergonomie ist es notwendig, im Rahmen von Hypothesentests Schwellwerte zu bestimmen. Der folgende Artikel zeigt Möglichkeiten auf, wie Schwellwerte schnell und zuverlässig bestimmt werden können. Darüber hinaus erlauben ausgewählte Literaturhinweise eine zielgerichtete Vertiefung der Thematik.

In der Psychophysik wird nach dem Zusammenhang zwischen den physikalischen Merkmalen von Reizen, beispielsweise Reizintensität oder -dauer und dem Erleben gefragt. Von zentraler Bedeutung ist hierbei der Begriff der Schwelle. Es werden zwei Arten von Schwellen unterschieden: Absolutschwelle und Unterschiedsschwelle (z. B. Baird & Noma, 1978; oder Gescheider, 1997).

Die Absolutschwelle *DT* (engl. *Detection Threshold*) ist die kleinste Reizintensität, die nötig ist, damit eine Person einen Reiz in 50 % der Fälle entdeckt. Die Unterschiedsschwelle *JND* (engl. *Just Noticeable Difference*) ist die kleinste Differenz zwischen zwei Reizen, die einer Person in 50 % der Fälle ihre Unterscheidung erlaubt. Dabei ist das 50%-Kriterium prinzipiell willkürlich gewählt, aber in der Literatur dennoch üblich.

### 2 Grundlagen

Für das Verständnis der weiter unten beschriebenen adaptiven Verfahren zur Schwellwertbestimmung ist es zunächst notwendig, die klassischen Verfahren zu verstehen. Die Grundlagen zur sogenannten psychometrischen Funktion und zu den verschiedenen Antwort-Paradigmen sind ebenfalls von zentraler Bedeutung und werden daher in den folgenden Abschnitten kurz angesprochen.

#### 2.1 Klassische Verfahren

Die drei klassischen Verfahren zur Ermittlung von Schwellenwerten gehen auf Fechner (1860) zurück – heute kennt man sie unter den Bezeichnungen

- Konstantreiz- oder Konstanzmethode,
- Grenzverfahren und
- Herstellungsverfahren.

Für die weiteren Betrachtungen ist vor allem das Grenzverfahren interessant. Beim Grenzverfahren werden einem Probanden in mehreren Durchgängen auf und absteigende Reize (Absolutschwelle) beziehungsweise Reizpaare (Unterschiedsschwelle) dargeboten. Die jeweiligen Anfangsintensitäten werden meistens variiert.

Bei einem Experiment zur Bestimmung einer Absolutschwelle wird ein Proband gefragt, ob er den Reiz *x* wahrnimmt oder nicht. Bei einer Veränderung der Antwort, also bei einem Ja/Nein-Wechsel, wird der jeweilige Durchgang beendet. Die Absolutschwelle ergibt sich durch Mittelung der Reizintensitäten an den Ja/Nein-Grenzen.

Zur Ermittlung einer Unterschiedsschwelle werden einem Probanden Reizpaare (Konstantreiz *R* und Vergleichsreiz *R + ΔR*) präsentiert. Der Vergleichsreiz ist dabei entweder anfangs intensiver (absteigende Durchgänge) oder weniger intensiv (aufsteigende Durchgänge) als der Konstantreiz. Der Pro-

band muss den Vergleichsreiz in Bezug auf den Konstantreiz beurteilen (größer/gleich/kleiner). Somit ergeben sich pro Durchlauf zwei Antwort-Wechsel, wobei der jeweilige Durchgang nach dem zweiten Antwort-Wechsel beendet wird. Die obere beziehungsweise untere Unterschiedsschwelle ergibt sich ebenfalls durch Mittelung der Reizintensitäten an den Übergangspunkten. Tabelle 1 zeigt das fiktive Ergebnis eines solchen Experiments.

Tabelle 1: Fiktives Ergebnis eines Grenzverfahrens-Experiments zur Ermittlung einer Unterschiedsschwelle. Die obere Unterschiedsschwelle  $\Delta R_{JND,o}$  ergibt sich durch Mittelung zu 2,33 und die untere Unterschiedsschwelle  $\Delta R_{JND,u}$  betragsmäßig zu 2,5.

$\Delta R$	①↓	②↑	③↓	④↑	⑤↓	⑥↑
6	>					
5	>					>
4	>		>			>
3	>		>	>		=
2	=	>	=	=	=	>
1	=	=	=	=	=	=
0	=	=	=	=	=	=
-1	=	=	=	=	=	=
-2	<	=	=	=	<	=
-3	<	<	<	=		=
-4	<			<		<
-5	<			<		<
-6	<					
$\Delta R_{JND,o}$	2,5	1,5	2,5	2,5	3,5	1,5
$\Delta R_{JND,u}$	-1,5	-2,5	-2,5	-3,5	-1,5	-3,5

#### 2.2 Die psychometrische Funktion

Der Zusammenhang zwischen den Antworten beziehungsweise der Wahrnehmung einer Person und dem physikalischen Reiz lässt sich durch eine sogenannte psychometrische Funktion beschreiben – eingeführt wurde der Begriff von Urban (1908, S. 107). Sie ist eine stetige eindimensionale Wahrscheinlichkeitsverteilung und modelliert die Wahrnehmung als einen stationären stochastischen Prozess. Die psychometrische Funktion stellt die theoretische Grundlage für eine Vielzahl von psychophysischen Verfahren dar. Unter den klassischen Verfahren hat lediglich die hier nicht näher diskutierte Konstanzmethode Stützstellen für eine psychometrische Funktion zum Ergebnis. Anhand des folgenden Beispiels wird das Grundkonzept verdeutlicht.

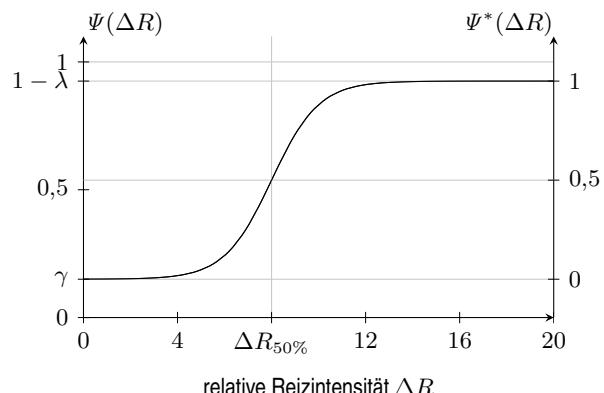


Abb. 1: Hypothetische psychometrische Funktion eines Unterschiedsschwellen-Experiments – die Unterschiedsschwelle gemäß dem 50%-Kriterium liegt bei 8.

In einem hypothetischen Experiment werden einem Probanden zuerst ein Konstantreiz  $R$  und danach ein variabler Vergleichsreiz  $R + \Delta R$  beispielsweise in Form zweier unterschiedlich lauter Töne präsentiert, dabei gilt  $\Delta R \geq 0$ . Der Proband muss beurteilen, ob der Vergleichsreiz intensiver als der Konstantreiz oder gleich intensiv ist. In Bild 1 beschreibt die psychometrische Funktion die Wahrscheinlichkeit für die Nennung der Antwort "intensiver". Das Ergebnis des Experiments ist zunächst die beobachtete Wahrscheinlichkeit  $\psi(\Delta R)$ . Idealisiert verläuft eine derartige psychometrische Funktion zwischen 0 und 1. Man unterscheidet jedoch zwei Parameter, die den Wertebereich einschränken können: die Ratewahrscheinlichkeit  $\gamma$  und die Lapsus-Rate  $\lambda$ .

Die Ratewahrscheinlichkeit  $\gamma$  modelliert im Falle eines Unterschiedsschwellen-Experiments das vermeintliche Erkennen eines Reiz-Unterschiedes durch Raten. Die Lapsus-Rate  $\lambda$  hingegen modelliert ein beispielsweise nachlässigkeitsbedingtes Nichterkennen eines Reizunterschiedes im eigentlich überschwelligen Bereich – sie ist normalerweise vernachlässigbar.

Die um die Ratewahrscheinlichkeit  $\gamma$  und Lapsus-Rate  $\lambda$  korrigierte Wahrscheinlichkeit

$$\psi^*(\Delta R) = \frac{\psi(\Delta R) \cdot \gamma}{1 - \gamma - \lambda} \quad (1)$$

wird zur Bestimmung der Schwellwerte herangezogen. Im Beispiel – siehe Bild 1 – ergibt sich die Unterschiedsschwelle  $\Delta R_{50\%}$  gemäß dem 50%-Kriterium (korrigierte Wahrscheinlichkeit) bei einer relativen Reizstärke von 8. Gleichung 1 wird auch als erweiterte Abbott'sche Formel bezeichnet (Treutwein, 1995, S. 2504; Treutwein & Strasburger, 1999, S. 87).

### 2.3 Antwort-Paradigmen

Bei den bisherigen zwei Beispielen wurde jeweils die subjektive Antwort des Probanden ausgewertet. Dieses Antwort-Paradigma wird unabhängig von den tatsächlichen Antwortmöglichkeiten als Ja/Nein-Paradigma bezeichnet. Hierbei vermischen sich sensorische und kognitive Entscheidungsprozesse: Ein Proband erkennt einen Reiz oder Reizunterschied erst, nachdem eine interne subjektive Schwelle – ein Kriterium – überschritten wurde. Zwei Probanden können daher das gleiche sensorische interne Empfinden haben und trotzdem unterschiedlich urteilen.

Bei Experimenten mit dem Ja/Nein-Paradigma lässt sich das Kriterium vom Versuchsleiter nur bedingt kontrollieren, daher wurden sogenannte Zwangswahl-Verfahren beziehungsweise Forced-Choice-Methoden entwickelt (z. B. W. H. Ehrenstein & A. Ehrenstein, 1999, S. 1219). Die Grundidee wird nachfolgend anhand eines Beispiels erläutert.

In einem Experiment soll die Absolutschwelle für die Lautstärke eines Tons mit einer festen Frequenz ermittelt werden. Durch ein optisches Signal wird dem Probanden das Zeitintervall angezeigt, in dem der Ton (Zielreiz) abgespielt wird.

Die Lautstärke wird dabei pseudo-zufällig variiert. Bei einem Ja/Nein-Paradigma muss der Proband urteilen, ob der Ton hörbar war oder nicht (Ja/Nein) – jeder Durchgang besteht aus einem Intervall. Ausgewertet werden die subjektiven Antworten – die resultierende psychometrische Funktion entspricht prinzipiell der in Bild 1 dargestellten Funktion.

Unter Anwendung eines Forced-Choice-Paradigmas hingegen, besteht jeder Durchgang beispielsweise aus drei Intervallen. Allerdings wird nur in einem der drei Intervalle der Ton tatsächlich abgespielt. Der Proband hat nun die Aufgabe, das Intervall mit dem Zielreiz zu identifizieren und ist somit gezwungen, sich zu entscheiden, auch wenn er sich nicht sicher ist. Da stets ein zufälliges Intervall pro Durchgang den Ton enthält, ist die Ratewahrscheinlichkeit  $\gamma$  von  $\frac{1}{3}$  a priori bekannt.

Ausgewertet werden im Gegensatz zum Ja/Nein-Paradigma die objektiv richtigen Antworten. Bei der psychometrischen Funktion wird dann nicht mehr die Wahrscheinlichkeit für eine bestimmte Antwort in Abhängigkeit der (relativen) Reizintensität aufgetragen, sondern die Wahrscheinlichkeit für eine objektiv korrekte Antwort. Die Schwelle gemäß dem 50%-Kriterium lässt sich bei vernachlässigbarer Lapsus-Rate  $\lambda$  bei einer beobachteten Wahrscheinlichkeit  $\psi$  von 66,7 % beziehungsweise einer ratekorrigierten Wahrscheinlichkeit  $\psi^*$  von 50 % ablesen.

Durch Zwangswahl-Verfahren ermittelte Schwellwerte sind in der Regel niedriger als durch "zwanglose" Verfahren ermittelte Schwellwerte.

### 3 Adaptive Verfahren zur Schwellwertbestimmung

Oft ist man nicht an dem genauen Verlauf der psychometrischen Funktion, sondern lediglich an den Schwellwerten interessiert. Die klassischen Verfahren weisen in dieser Hinsicht Nachteile auf, da viele Informationen fern der eigentlichen Schwellwerte gesammelt werden (z. B. Falmagne, 1986, S. 1-24). Das Grenz- und das hier nicht diskutierte Herstellungsverfahren sind zudem für den Probanden sehr einfach zu durchschauen und gelten als ungenau. Insbesondere das Herstellungsverfahren führt aber sehr schnell zu Ergebnissen.

Neben den klassischen Verfahren haben sich sogenannte adaptive Verfahren im Bereich der Psychophysik etabliert. Sie können als Variation des Grenzverfahrens gesehen werden. Im Gegensatz zu den klassischen Verfahren wählt der Versuchsleiter die zu präsentierenden Reizintensitäten nicht im Vorfeld aus, sondern die Reizintensität richtet sich nach den früheren Antworten des Probanden (z. B. Hellbrück & Ellermeier, 2004, S. 227). Adaptive Verfahren können sowohl in Verbindung mit einem Ja/Nein-Paradigma als auch mit einem Forced-Choice-Paradigma verwendet werden.

Im Laufe der Zeit wurde eine Vielzahl von unterschiedlichen adaptiven Verfahren entwickelt. Alleine in Treutwein (1995) werden 21 Verfahren aufgezählt. Prinzipiell lassen sich parametrische und nicht-parametrische Verfahren unterscheiden. Bei den parametrischen Verfahren müssen vom Versuchsleiter mehrere Annahmen über die zugrunde liegende psychometrische Funktion gemacht werden (z. B. Kingdom & Prins, 2010, S. 127). Die nicht-parametrischen Verfahren hingegen setzen im Wesentlichen lediglich die Monotonie der psychometrischen Funktion im zu untersuchenden Bereich voraus (z. B. Levitt, 1971, S. 448).

Gerade in neuen Forschungsbereichen werden eher nicht-parametrische Verfahren eingesetzt, da es für die notwendigen Annahmen der parametrischen Verfahren oft zu wenig Vorwissen gibt (Macmillan & Creelman, 2004, S. 291). Im Folgenden wird auf drei wichtige Vertreter der nichtparametrischen Verfahren eingegangen.

Die verschiedenen Verfahren bieten zum Teil unterschiedliche Antworten auf die folgenden vier Fragen (Macmillan & Creelman, 2004, S. 277):

1. Unter welchen Bedingungen soll die aktuelle Reizintensität geändert werden?
2. Welche Reizintensität soll bei einer Änderung gewählt werden?
3. Unter welchen Bedingungen wird das Experiment beendet?
4. Mit welcher Berechnungsvorschrift wird der Schwellwert berechnet?

Darüber hinaus muss der Versuchsleiter die Zielwahrscheinlichkeit  $\psi_{Ziel}$ , auf der das Verfahren konvergiert soll, festlegen. Bei einem Ja/Nein-Paradigma beträgt die Zielwahrscheinlichkeit typischerweise 50 % während sie bei einem Forced-Choice-Paradigma wie im Beispiel zuvor häufig 66,7 % beträgt.

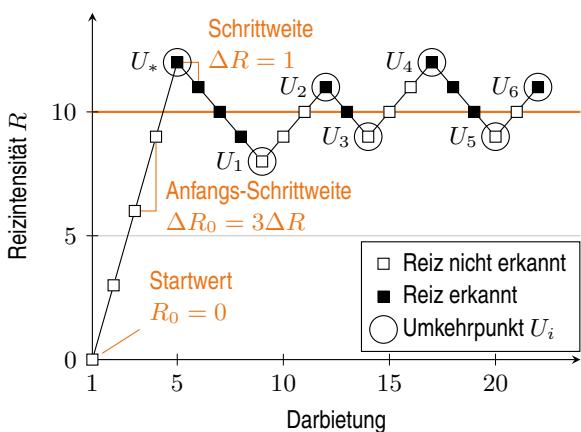


Abb. 2: Exemplarischer Verlauf eines Experiments zur Bestimmung einer Absolutschwelle nach dem Simple-Staircase-Verfahren – das Verfahren konvergiert hier bei der Reizintensität von 10.

## 4 Ausgewählte adaptive Verfahren

Drei nicht-parametrische adaptive Verfahren werden im Folgenden kurz vorgestellt. Diese Verfahren gehören zu den ältesten der adaptiven Verfahren, sind aber weit verbreitet und bilden zum Teil die Grundlage für neuere Verfahren. Alle Verfahren sind geeignet, um sowohl Absolut- als auch Unterschiedsschwellen zu bestimmen. Darüber hinaus lassen sie sich mit beiden Antwort-Paradigmen kombinieren.

### 4.1 Simple-Staircase-Verfahren

Das von Dixon und Mood (1948) entwickelte Simple-Staircase- oder Up/Down-Verfahren ist neben der Békésy-Audiometrie (von Békésy, 1947) das älteste adaptive Verfahren. Die Grundidee ist einfach: Erkennt ein Proband einen Reiz beziehungsweise einen Reizunterschied, so wird die Reizintensität bei der nächsten Darbietung um einen festen Betrag verringert beziehungsweise – bei Nichterkennen – erhöht. Bild 2 zeigt einen exemplarischen Verlauf bei der Bestimmung einer Absolutschwelle mit einigen wichtigen Parametern in Kombination mit dem Ja/Nein-Paradigma.

Das Verfahren konvergiert bei der Reizintensität mit einer Zielwahrscheinlichkeit  $\psi_{Ziel}$  von 50 %. Die Berechnung des Schwellwertes erfolgt typischerweise durch Mittelung der Reizintensitäten an den Umkehrpunkten  $U_i$ . Um das Erreichen der probandenindividuellen Schwelle zu beschleunigen, kann bis zum ersten Umkehrpunkt  $U_*$  eine größere Anfangsschrittweite  $\Delta R_0$  verwendet werden – im Beispiel ist diese drei Mal größer als die Schrittweite  $\Delta R$ . Der erste Umkehrpunkt wird dann von der Schwellwertberechnung ausgeschlossen.

Das Experiment wird nach dem Erreichen einer zuvor festgelegten Anzahl von Umkehrpunkten oder Darbietungen beendet. Die Empfehlungen für die notwendige Anzahl von Umkehrpunkten gehen weit auseinander und reichen von vier bis vierzig (für eine Übersicht siehe z. B. Sirocock, 2008, S. 9).

Andere Autoren schlagen eine Reduzierung der Schrittweite zum Beispiel in Abhängigkeit der Anzahl der Darbietungen vor (für eine Übersicht siehe z. B. Levitt, 1971, S. 470-471).

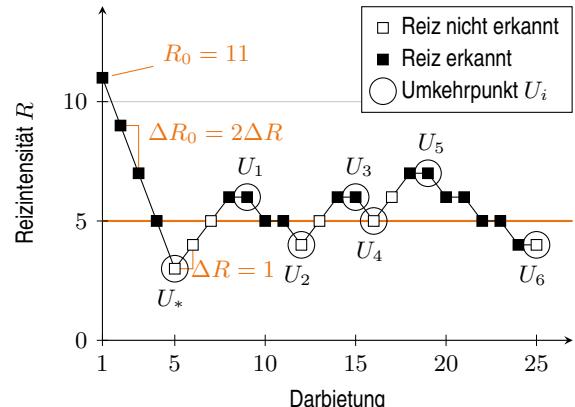


Abb. 3: Exemplarischer Verlauf eines Experiments zur Bestimmung einer Absolutschwelle nach dem Transformed-Up/Down-Verfahren – das Verfahren konvergiert hier bei der Reizintensität von 5.

## 4.2 Transformed-Up/Down-Verfahren

Neben der einfachen Durchschaubarkeit ist das feste Konvergenzniveau von 50 % der Hauptnachteil des Simple-Staircase-Verfahrens. Levitt (1971) hat mit dem sogenannten Transformed-Up/Down-Verfahren eine Modifikation vorgeschlagen, mit der weitere – wenn auch nicht beliebige – Konvergenzniveaus möglich sind.

Bei einem Transformed-Staircase-Verfahren mit einer 2-Down/1-Up-Regel wird die Reizintensität reduziert, wenn der Proband den Reiz beziehungsweise den Reizunterschied zwei Mal in Folge erkannt hat – sie wird aber bereits nach einem einmaligen Nichterkennen wieder erhöht. Bild 3 zeigt einen entsprechenden exemplarischen Verlauf. In Bezug auf die Anfangs-Schrittweite, dem Abbruch-Kriterium und der Berechnung des Schwellwertes gelten die gleichen Überlegungen wie beim Simple-Staircase-Verfahren. Wetherill und Levitt (1965) (zitiert in Kingdom & Prins, 2010, S. 125) schlagen vor, zunächst eine 1-Up/1-Down-Regel zu verwenden, um das Konvergieren zu beschleunigen. In Bild 3 ist diese Empfehlung in Kombination mit einer größeren Anfangsschrittweite umgesetzt.

Mit einer  $n$ -Down/1-Up-Regel konvergiert das Verfahren idealisiert bei

$$\psi_{\text{konv}}(n) = \sqrt[n]{\frac{1}{2}}, \text{ mit } n = 1, 2, 3, \dots \quad (2)$$

Im Beispiel mit einer 2-Down/1-Up-Regel konvergiert das Verfahren demnach bei einer Wahrscheinlichkeit von 71 %. In Kombination mit einem Forced-Choice-Paradigma mit  $m$  Alternativen ( $m$ -AFC) ergibt sich die ratekorrigierte Wahrscheinlichkeit  $\psi^*_{\text{konv}}$  zu:

$$\psi^*_{\text{konv}}(n, m) = \frac{\psi_{\text{konv}}(n)^{-1/m}}{1 - 1/m}, \text{ mit } m \geq 2 \quad (3)$$

Hintergründe zu (3) finden sich beispielsweise in Treutwein (1995), Gescheider (1997, Kapitel 4), Klein (2001) oder Kingdom und Prins (2010, Kapitel 4.3).

Die üblicherweise angestrebte ratekorrigierte Zielwahrscheinlichkeit  $\psi^*_{\text{Ziel}}$  von 50 % lässt sich daher mit einer 2-Down/1-Up-Regel in Kombination mit einem Forced-Choice-Paradigma mit 3 Alternativen (3-AFC) nahezu erreichen (56 %).

## 4.3 PEST-Verfahren

Das PEST-Verfahren von Taylor und Creelman (1967a) (Erratum Taylor & Creelman, 1967b) ist das erste adaptive Verfahren, bei dem ein sequentieller statistischer Test verwendet wird. Das Verfahren erlaubt es dem Versuchsleiter, das Konvergenzniveau frei zu wählen. PEST steht dabei für Parameter Estimation by Sequential Testing. Mit Hilfe eines vereinfachten Wald-Tests (Wald, 1947) wird überprüft, ob die aktuelle Reizintensität mit der erwarteten Trefferquote be-

ziehungsweise Zielwahrscheinlichkeit erkannt wird. Der Versuchsleiter definiert dafür eine maximal erlaubte Abweichung von der erwarteten Trefferquote. Weicht die beobachtete Trefferquote mehr als erlaubt von der erwarteten ab, so wird die Nullhypothese verworfen und Reizintensität entsprechend angepasst. Die Nullhypothese beinhaltet die Gleichheit der beobachteten und der geforderten Trefferquote. Liegt die beobachtete Trefferquote über oder unter der geforderten, so ist die aktuell gewählte Reizintensität zu hoch beziehungsweise zu niedrig.

Die Schrittweite wird dabei anhand eines Satzes heuristischer Regeln bestimmt. Eine Regel lautet zum Beispiel, dass nach jedem Umkehrpunkt, die Schrittweite halbiert wird (für weitere Details siehe z. B. Taylor & Creelman, 1967a; Macmillan & Creelman, 2004, S. 278-283; Leek, 2001; oder Ciba, 2008, S. 45-48). Das Experiment wird beendet, wenn eine zuvor definierte minimale Schrittweite erreicht wird. Als Schwellwert dient die zuletzt dargebotene Reizintensität.

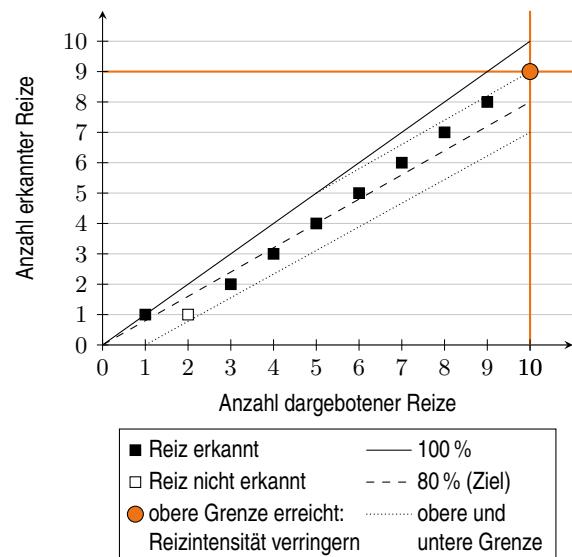


Abb. 4: Visualisierung des vereinfachten Wald-Tests, wie er beim PEST-Verfahren verwendet wird – Darstellung angelehnt an Macmillan und Creelman (2004, S. 279, Fig. 11.3).

Bild 4 visualisiert den sequentiellen statistischen Test – die Zielwahrscheinlichkeit beträgt 80 % und die maximal erlaubte Abweichung beträgt  $\pm 1$ . Bei der zehnten Darbietung verletzt die beobachtete Trefferquote die obere Grenze und die Nullhypothese kann verworfen werden: Die Reizintensität ist zu hoch und muss verringert werden. Die durchgezogene Linie kennzeichnet die maximal erzielbare Trefferquote.

## 5 Evaluation der Verfahren

In der Literatur finden sich mehrere Studien, in denen verschiedene Verfahren in Kombination mit verschiedenen Antwort-Paradigmen evaluiert werden – Übersichten finden sich beispielsweise in Leek (2001, S. 1289-1291), Macmillan und Creelman (2004, S. 289-294) oder Gelfand (2009, S. 155). Die Ergebnisse basieren überwiegend auf Computer-Simulationen ansonsten auf Experimenten mit teilweise nur drei Probanden. Im Rahmen dieses Artikels lassen sich die teilweise widersprüchlichen Studienergebnisse nicht zusammenfassen.

## 6 Tipps für die Praxis

Verschiedene Studien zeigen, dass Zielwahrscheinlichkeiten unterhalb des Wendepunktes der psychometrischen Funktion ungünstige statistische Eigenschaften aufweisen (z. B. Green, 1990a; bzw. (Erratum) Green, 1990b). Insbesondere die Kombination mit einem Forced-Choice-Paradigma mit zwei Alternativen (2-AFC) ist durch starke Beschneidung des Wertebereichs der psychometrischen Funktion ungünstig (z. B. McKee, Klein & Teller, 1985, für eine Übersicht siehe Leek, 2001, S. 1290-1291; oder Macmillan & Creelman, 2004, S. 280-281, S. 292-293). Empfehlenswert sind Forced-Choice-Paradigmen mit drei oder vier Alternativen – allerdings verlängert sich mit der Anzahl der Alternativen auch die Versuchsdauer.

Eine gängige Empfehlung, um die zum Teil einfache Durchschaubarkeit der Verfahren zu reduzieren, ist die Verschachtelung von mehr als einem adaptiven Verfahren. Beispielsweise kann man Verfahren kombinieren, die unterschiedliche Konvergenzniveaus haben, oder eine Annäherung an den Schwellwert von unten und von oben kombinieren. In der Literatur wird dies häufig Interleaving genannt. Der offensichtliche Nachteil dieser Methode ist die deutliche Erhöhung der benötigten Darbietungen und damit der Versuchsdauer.

Für die softwareseitige Implementierung der einzelnen Verfahren stehen zum Teil mächtige Bibliotheken für verschiedene Programmiersysteme zur Verfügung. Für das weit verbreitete MATLAB von THE MATHWORKS kommt beispielsweise die Palamedes-Toolbox aus Kingdom und Prins (2010) in Frage (<http://www.palamedestoolbox.org/>).

## Literatur

1. Baird, J. C. & Noma, E. J. (1978). Fundamentals of scaling and psychophysics. New York: John Wiley & Sons Inc.
2. von Békésy, G. (1947). A new Audiometer. *Acta otolaryng*, 35, 411–422.
3. Ciba, S. (2008). Erstellung einer Softwarebibliothek für Hörversuche: Programmkonzept und zu implementierende Testverfahren. (Magisterarbeit, Institut für Sprache und Kommunikation an der Technische Universität Berlin).
4. Dixon, W. J. & Mood, A. M. (1948). A Method for Obtaining and Analyzing Sensitivity Data. *Journal of the American Statistical Association*, 43(241), 109–126.
5. Ehrenstein, W. H. & Ehrenstein, A. (1999). Psychophysical Methods. In U. Windhorst & H. Johansson (Hrsg.), Modern Techniques in Neuroscience Research (Kap. 43, S. 1211–1241). Springer.
6. Falmagne, J.-C. (1986). Psychophysical Measurement and Theory. In K. R. Boff, L. Kaufman & J. P. Thomas (Hrsg.), Handbook of Perception and Human Performance: Bd. 1. Sensory Processes and Perception (Kap. 1, Bde. 2). Wiley-Interscience.
7. Fechner, G. T. (1860). Elemente der Psychophysik (Bde. 2). Leipzig: Breitkopf & Härtel.
8. Gelfand, S. A. (2009). Hearing: An Introduction to Psychological and Physiological Acoustics (5. Aufl.). Informa Healthcare.
9. Gescheider, G. A. (1997). Psychophysics: The Fundamentals (3. Aufl.). Lawrence Erlbaum Associates.
10. Green, D. M. (1990a). Stimulus selection in adaptive psychophysical procedures. *Journal of the Acoustical Society of America*, 87, 2662–2674.
11. Green, D. M. (1990b). Stimulus selection in adaptive psychophysical procedures (Erratum). *Journal of the Acoustical Society of America*, 88, 2486.
12. Hellbrück, J. & Ellermeier, W. (2004). Hören: Physiologie, Psychologie und Pathologie (2. Aufl.). Hogrefe.
13. Kingdom, F. A. A. & Prins, N. (2010). Psychophysics: A Practical Introduction. Academic Press.
14. Klein, S. A. (2001). Measuring, estimating, and understanding the psychometric function: A commentary. *Attention, Perception, & Psychophysics (Sonderausgabe)*, 63(8), 1421–1455.
15. Leek, M. R. (2001). Adaptive procedures in psychophysical research. *Attention, Perception, & Psychophysics (Sonderausgabe)*, 63(8), 1279–1292.
16. Levitt, H. (1971). Transformed Up-Down Methods in Psychoacoustics. *Journal of the Acoustical Society of America*, 49, 467–477.
17. Macmillan, N. A. & Creelman, C. D. (2004). Detection Theory: A User's Guide. Routledge.
18. McKee, S. P., Klein, S. A. & Teller, D. Y. (1985). Statistical properties of forced-choice psychometric functions: Implications of probit analysis. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 37, 286–298.
19. Sincock, B. P. (2008). Clinical applicability of adaptive speech testing: a comparison of the administration time, accuracy, efficiency and reliability of adaptive speech tests with conventional speech audiometry. (Masterthesis, University of Canterbury).
20. Taylor, M. M. & Creelman, C. D. (1967a). PEST: Efficient estimates on probability functions. *Journal of the Acoustical Society of America*, 41, 782–787.
21. Taylor, M. M. & Creelman, C. D. (1967b). PEST: Efficient estimates on probability functions (Erratum and Note). *Journal of the Acoustical Society of America*, 42, 1097.
22. Treutwein, B. (1995). Adaptive Psychophysical Procedures. *Vision Research*, 35(17), 2503–2522.
23. Treutwein, B. & Strasburger, H. (1999). Fitting the psychometric function. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 61(1), 87–106.
24. Urban, F. M. (1908). The application of statistical methods to the problems of psychophysics. *Experimental Studies in Psychology and Pedagogy*. Philadelphia: Psychological Clinic Press.
25. Wald, A. (1947). Sequential analysis. Wiley.
26. Wetherill, G. B. & Levitt, H. (1965). Sequential estimation of points on a psychometric function. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, 18(1), 1–10.

# Menschliche Zuverlässigkeitssplattform

Iwona Jastrzebska-Fraczek

## Einführung

Die zweisprachige Menschliche Zuverlässigkeitssplattform beinhaltet drei Bereiche:

- Basiswissen mit Daten und Methoden,
- Modellierung der Aufgaben mit HEP – Werten (Wahrscheinlichkeiten menschlicher Fehlhandlungen),
- Experimentalplattform zur Erfassung der Bearbeitungszeiten und Fehler abhängig von verschiedenen Designkonzepten.

In den ersten beiden Bereichen der Plattform werden Daten aus der Literatur zusammengefasst (Bubb, H. 1992, Sträter, O. 1997, Swain, A. D. & Guttman, H. E., 1983, VDI 4006). Der dritte Experimental-Bereich enthält eigene Untersuchungen und Auswertungen mit unterschiedlicher Software, Softwarekonzepte und psychischen Beeinträchtigungen im Alter.



Abb. 1.: Menschliche Zuverlässigkeitssplattform

## Aufgabenerfassung und Suche

In dem VDI 4006 Blatt 2 wird HEP (Human Error Probability) als menschliche Fehlhandlungswahrscheinlichkeit, Kenngröße der menschlichen Zuverlässigkeit bezeichnet. Um HEP Werte für eine bestimmte Aufgabenstellung abzuschätzen, wurden aus der Literatur (z. B. Bubb, H. 1992) und aus eigenen Versuchen (Sträter, O. et al 2001, Bubb, H. und Jastrzebska-Fraczek, I. 1999) eine Datenbank erstellt. Damit können HEP Werte aus vergleichbaren Aufgaben entnommen werden. Die erfassten Aufgaben sind nach folgenden Kriterien geordnet:

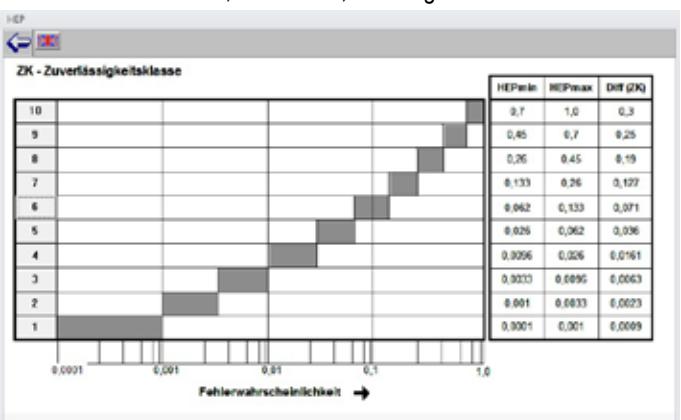
- Gesamtaufgabe, z.B. Dateneingaben, Montagearbeiten, mentale Aufgaben.
- Teilaufgabe, z.B. Zifferneingabe, Fügen und sichern bei Montagearbeiten.
- Funktion, Rückmeldung, Kompatibilität (entsprechend der Systemergonomischen Analyse nach Bubb, H. und Schmidke, H., 1993), z. B. Führungsart statisch oder dynamisch, Folge- oder Kompensationsaufgabe, optische oder haptische Rückmeldung)
- Informationsverarbeitung, z. B. optische Informationsaufnahme, fertigkeitsbasierte Informationsverarbeitung und Informationsumsetzung mit den Händen)
- Performance Shaping Factors (PSF), z.B. Alter, Arbeitszeit.
- Potentielle Fehlerursachen (z.B. Design und Gestaltung des Arbeitsplatzes, Arbeitsorganisation)

Die HEP Werte sind mit der entsprechenden Quelle angegeben. In der Plattform können die Aufgaben gefiltert und ihre HEP Werte gefunden werden. Abbildung 2 zeigt das Ergebnis einer Suche nach Aufgaben in der Montage.

Aufgabenkategorie	Aufgabenbeschreibung	Aufgabendetaillierung	HEP
Montagearbeiten	Lötmontage	Bauteil verkehrt herum einsetzen	0,001
Montagearbeiten	Lötmontage	falsches Bauteil einsetzen	0,0002
Montagearbeiten	Einstocken und sichern	falsches Einstocken	0,01

Abb. 2.: Ausschnitt eines Formulars mit HEP Werten für Montagearbeiten

Die Schaltfläche am rechten Bildrand liefert u. a. Hinweise zur Quelle der Daten. Es besteht auch die Möglichkeit nach Zuverlässigkeitssklassen zu suchen. Diese Klassifizierung wurde von Brauser (in Bubb, H. 1992, S.127) entwickelt und wird in Expertensystemen für die Aufgabentaxonomie benutzt. Klickt man im Formular der Zuverlässigkeitssklassen (Abbildung 3) die sechste Klasse an, erscheint (Abbildung 3, unten) eine Auflistung aller gespeicherten Aufgaben deren HEP Wert im Bereich zwischen 0,0620 und 0,1330 liegt.



Aufgabenart	Aufgabenbeschreibung	Aufgabendetaillierung	HEP
Mental Aufgabe	Multiplication	einstellige mit zweistelligen Zahlen	0,0830
Überwachen	Überwachung von Messwerten	mit Reaktion auf Schwellüberschreitung in Balkendiagramm	0,0878
Überwachen	Wahrnehmen von Signalen	optisch/akustischen Signale in einer simulierten Überwachungsaufgabe	0,0900
Wahrnehmungsleistungen	Benennen der Farbe "GRÜN" mit mentaler Verarbeitung	bei möglicher Verweichung mit Gelb	0,0900
Überwachen	Überwachung von Messwerten	mit Reaktion auf Schwellüberschreitung bei Ziffernabteilung	0,1000

Abb. 3.: Ausschnitt einer Aufgabensammlung mit der Zuverlässigkeitssklasse 6

## Experimentalplattform

Im dritten Teil der Plattform sind Experimente aus folgenden Bereichen:

- Alter und Leistung, z. B. Veränderungen des Gedächtnisses, der Informationsverarbeitung und des Reaktionsvermögens),
- Softwareergonomie, z. B. Aufgabenangemessenheit und Steuerbarkeit,
- praxisbezogene Software und Designkonzepte, z.B. Gestaltung einer WEB-Suche nach Fahrzeugen und Onlinebanking.

## Ausgewählte Ergebnisse der Experimentalplattform im Bereich Alter und Leistung

Die Leistungsfähigkeit des Menschen unterliegt altersbedingten Beeinträchtigungen. Diese können sich auf physische und auf mentale Funktionen auswirken (EKIDES, Jastrzebska-Frączek, I., 2011). Diese Beeinträchtigungen müssen nicht bei jedem einzelnen Menschen auftreten. Die Ausprägung ist durch eine große Streubreite gekennzeichnet.

Mit höherem Lebensalter wächst die Wahrscheinlichkeit, dass sowohl die körperlichen als auch die geistigen Funktionen beeinträchtigt sind.

Im Rahmen einer Wahrscheinlichkeitsbetrachtung kann man davon ausgehen, dass ab einem Lebensalter von 55 Jahren Funktionsbeeinträchtigungen möglich sind und bei der Gestaltung von Arbeitsplatz und Arbeitsmittel berücksichtigt werden müssen.

Mentale Beeinträchtigungen betreffen vor allem folgende Funktionen:

- das Gedächtnis, insbesondere das Kurzzeitgedächtnis,
- die Verarbeitung von Informationen,
- das Reaktionsvermögen und
- die Koordinationsfähigkeit.

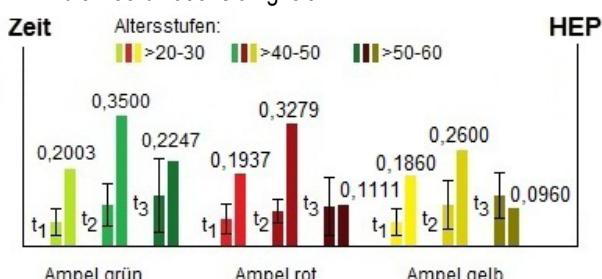


Abb. 4: Veränderung der Bearbeitungszeiten und altersabhängige HEP-Werte

In der Altersstufe 20 bis 30 variieren die HEP Werte für die Ampeln grün, gelb und rot zwischen 0,186 (gelbe Ampel) bis 0,2003 (grüne Ampel).

In der Altersstufe >40 bis 50 vergrößern sich die HEP-Werte auf 0,2600 (gelbe Ampel) bis 0,3500 (grüne Ampel).

In der Altersstufe 50 bis 60 verkleinern sich die HEP-Werte auf 0,0960 (gelbe Ampel, der kleinste HEP-Wert) bis 0,2247 (grüne Ampel). Die Untersuchungsergebnisse zeigen, dass die Gruppe der 40 bis 50 Jährigen die maximalen Fehlerwahrscheinlichkeitswerte erreicht.

Die Verarbeitungszeiten vergrößern sich mit zunehmendem Alter bei jeder Art der Aufgabe. In der Abbildung 4 sind die Bearbeitungszeiten  $t_3 > t_2 > t_1$ .

Die Güte und Schnelligkeit der Informationsverarbeitung hängt entscheidend von der Komplexität der Information ab. Wächst die Komplexität an, muss z. B. zwischen einer größeren Anzahl von Entscheidungsalternativen gewählt werden, so steigt die Verarbeitungszeit und HEP Wert stark an.

Die Ergebnisse der „Auswahl“ - Aufgabe (Auswahl eines Symbols aus immer größerer Menge mit Mausklick) bestätigen diese Aussage.

In der Abbildung 5 sind die Bearbeitungszeiten und HEP Werte für zwei Altersgruppen: 20-30 und 60-70 dargestellt.

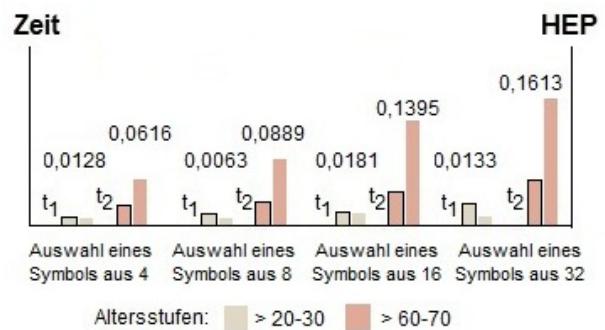


Abb. 5: Ergebnisse des Experiments über Verarbeitung von Informationen (Auswahl-Aufgaben)

Die HEP-Werte und Bearbeitungszeiten unterscheiden sich bei den zwei Altersgruppen sehr deutlich. In beiden Altersgruppen sind mit zunehmender Schwierigkeit der Aufgabe auch längere Bearbeitungszeiten zu beobachten. Die Unterschiede der Bearbeitungszeiten sind unabhängig von der Aufgabenart.

Während die Schwierigkeit der Aufgabe bei der Altersgruppe 20-30 keine wesentliche Zunahme des HEP-Wertes zur Folge hat (geringe Unterschiede des HEP Wertes 0,006 bis 0,018), wird bei den älteren Menschen sowohl die Bearbeitungszeit als auch die Fehlerwahrscheinlichkeit deutlich größer.

Die HEP-Werte in der Altersgruppe 60-70 steigen bei jeder Vergrößerung der Schwierigkeit der Aufgabe sehr deutlich an: von 0,061 (leichteste Aufgabe) bis 0,161 (schwierigste Aufgabe).

Die Unterschiede der HEP Werte in der Altersgruppe 20-30 im Vergleich mit der Altersgruppe 60-70 sind sehr groß:

- bei der einfachen Aufgabe, von 0,0126 bis 0,0615 (Vergrößerung der Fehlhandlungswahrscheinlichkeit um 0,05) und
- bei der schwierigsten Auswahlaufgabe von 0,0133 auf 0,1613 (Vergrößerung der Fehlhandlungswahrscheinlichkeit um 0,15)

## Ausblick

In der nächsten Zeit wird der praxisbezogene Teil der menschlichen Zuverlässigkeitssplattform ausgebaut. Versuche mit verschiedenen Designkonzepten bei unterschiedlichen Altersgruppen, sollen Entwickeln Gestaltungsmöglichkeiten zeigen. Damit kann bereits bei der Arbeitsplatzgestaltung die Wahrscheinlichkeit menschlicher Fehler reduziert werden. Das verbesserte ergonomische Niveau der Mensch-Software-Schnittstelle kann gezielt die Leistung des Gesamtsystems steigern.

## Literaturverzeichnis

1. Bubb, H. (Hrsg.). (1992). Menschliche Zuverlässigkeit, Definitionen - Zusammenhänge - Bewertung. Landsberg/Lech: ecomed.
2. Bubb, H. (1993). Systemergonomie (Teil 5). In: Schmidtke, Heinz (Hrsg.) (3. Aufl., S. 305–458). München, Wien: Carl Hanser-Verlag.
3. Bubb, H. & Jastrzebska-Fraczek, I. (1999). Dialog: A Computer-Based System for Development of Experimental Data on Human Reliability. In W. Karwowski & W. Marras (Hrsg.), The Occupational Ergonomics Handbook (S. 667–676). Boca Raton: CRC Press.
4. Bubb, H. & Jastrzebska-Fraczek, I. (1999). Human Error Probability depending on Time Pressure and Difficulty of Sequential Tasks. In G. Schüller & P. Kafka (Hrsg.), Safety and Reliability (S. 681-685). Rotterdam: Balkema.
5. Jastrzebska-Fraczek, I. (2011). Einsatz von EKIDES in der Produktentwicklung und in der Lehre. In C. Schwarz (Hrsg.), Tagungsband 1.Tag der Ingenieurin der Fakultät für Maschinenwesen der TUM 2011 (S. 12–13). Garching.
6. Sträter, O., Schweigert, M. & Jastrzebska-Fraczek, I. (2001). The Impact of Errors of Commission on Human Reliability in a Car-Driving Task. In: Zio, E., Demichela, M., Piccinini, N. (Hrsg.): Safety and Reliability. Vol. 3, Politecnico di Torino, Italy. S. 1843-1850.
7. Sträter, O. (1997). Beurteilung der menschlichen Zuverlässigkeit auf der Basis von Betriebserfahrung (GRS, Bd. 138). Köln: Gesellschaft für Anlagen- u. Reaktorsicherheit (GRS) mbH (Dissertation).
8. Swain, A. D. & Guttmann, H. E. (August 1983). Handbook of Human-Reliability: Analysis with Emphasis on Nuclear Power Plant Applications. Final Report. Albuquerque: Sandia National Laboratories.
9. VDI-Richtlinie, VDI 4006 Blatt 1 (November 2002). Menschliche Zuverlässigkeit Ergonomische Forderungen und Methoden der Bewertung. Berlin: Beuth Verlag.
10. VDI- Richtlinie, VDI 4006 Blatt 2 (Februar 2003). Menschliche Zuverlässigkeit Methoden zur quantitativen Bewertung menschlicher Zuverlässigkeit. Berlin: Beuth Verlag.
11. VDI- Richtlinie, VDI 4006 Blatt 3 (August 2010). Menschliche Zuverlässigkeit Methoden zur Ereignisanalyse (Entwurf). Berlin: Beuth Verlag.

### IMPRESSUM:

Herausgegeben vom  
Lehrstuhl für Ergonomie  
Technische Universität München  
Boltzmannstrasse 15  
85748 Garching  
Tel: 089/ 289-15388  
[www.ergonomie.tum.de](http://www.ergonomie.tum.de)

ISSN: 1616-7627

### Verantw. i.S.d.P.:

Prof. Dr. phil. Klaus Bengler,  
Prof. Dr.-Ing. Sportl. Veit Senner  
Layout: Julia Fridgen  
Redaktion:  
K. Bengler, V. Senner,  
J. Fridgen  
Druck:  
Printy, Digitaldruck & Kopierservice  
80333 München

# Driver Behaviour in Conflict with Redcrossing Pedestrians on Urban Crosswalk in China

Xiaobei JIANG, Klaus Bengler

## Introduction

With the decades of industrialization evolution, transportation and traffic facilities have won a booming development. Followed with the traffic problems in urban areas by the heavy motor traffic, many efforts are being made for a more intelligent and accident-free traffic environment.

The pedestrian accident was identified as extremely important issue in urban traffic safety and among the total fatalities in road traffic accident, the proportion of pedestrians is a by-no-means negligible part. Pedestrian deaths alone cover about 11 percent of all motor vehicle deaths in the US (Retting, 2003), and about 14% in Germany (German Federal Statistical Office, 2006–2009). In China, pedestrians make up of more than twenty percent of the traffic accident fatalities (MPSPRC Report from 1999 to 2009, see Fig 1), while most of that had resulted from the conflicts with motor vehicles. The statistical data in Fig. 2 shows that pedestrian fatalities per 100,000 motorized vehicles in China is about 18 times higher than those in Germany in 2007. The serious situations of pedestrians in urban traffic make a point of giving us home truths to solve the problem and make efforts. A high priority should be given to this road user group in research of safe urban transportation. Considered the causation factors in traffic accidents, the driver error accounts for 70–80% and the pedestrian traffic violation accounts for 15% (MPSPRC Report). Most of the pedestrian fatalities (67.93%) take place in the urban area, significantly higher than that in the suburban area and rural area (Qiu, 2009). Drawn from the statistics, study on the driver behaviour may approach to the solutions of avoiding driver errors and promoting the motor vehicle active safety.

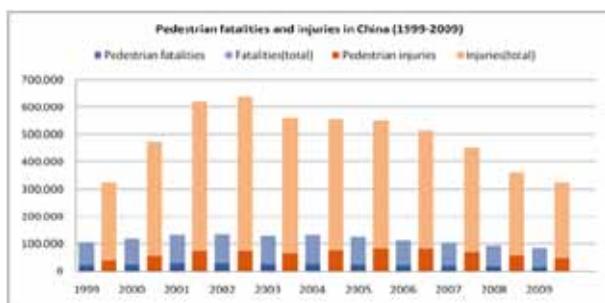


Fig. 1: Pedestrian fatalities and injuries in China

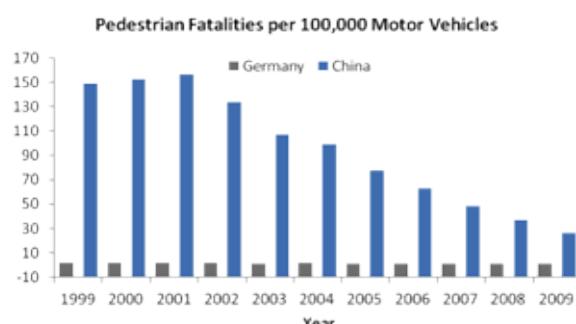


Fig. 2: Set representations showing conflicts in relation to exposure

Compared with the highly-regulated and well-infrastructure traffic situations in developed countries, urban traffic in China shows a more complicated and volatile situation. To improve

the situation both the theoretical methodologies and safety assistance systems have to be in line with the local traffic conditions. The planned field study aims at fundamental theories of driver behaviour in traffic conflict with pedestrians on urban crosswalks where vehicle-pedestrian conflicts typically occur and based on real traffic data to analyze the main driver behaviour characteristics to apply them in system development and traffic safety evaluation.

## Conflict description

In the understanding of a continuum of traffic events that are considered by someone, somewhere, sometime, somehow, traffic events are a continuous series represented by various models. Based on the assumption that conflicts are prior to accident occurrences, Amundsen and Hyden (Amundsen, 1977) described this relationship by means of specific subsets of events. As shown in Fig.3, the accident is a subset of serious conflict which is a subset of conflict which is a subset of exposure.

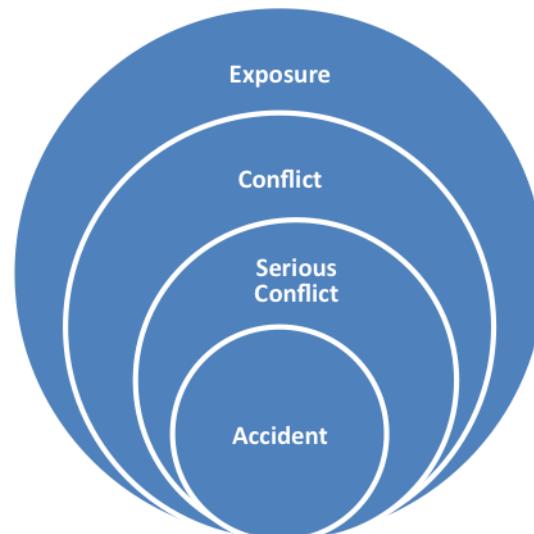


Fig. 3: Set representations showing conflicts in relation to exposure

The international definition of a traffic conflict was proposed at the First Workshop on Traffic Conflict (Amundsen, 1977). The traffic conflict was generally agreed as «an observable situation in which two or more road users approach each other in space and time to such an extent that there is a risk of collision if their movements remained unchanged». Although it is a widely accepted concept for traffic conflict, it may still have some limitations, for example, to distinguish whether a situation is a conflict one or not remains unclear (Chin, 1997).

In this study, from the driver side, we describe the Vehicle-Pedestrian Conflict as a traffic event in which a conceivable collision may occur if the driver does not take evasive actions (accelerating, decelerating, swerving, etc.) to avoid when encounters a pedestrian or pedestrian group.

## Traffic conflict with Pedestrians

Studies on vulnerable road users started in 1980s, but publications relating to traffic conflicts with these road users are not directly relevant. To the pedestrian traffic analysis, much

emphasis was given to the characteristics and the compatibility of pedestrians in mixed traffic conditions. Research can be summarized using three main aspects:

- the impact to vehicle flow by pedestrian in the road segment
- the capacity, geometric improvements, signage of the signalized intersections under mixed traffic conditions
- simulation of urban mixed traffic

As a part of mixed traffic studies, research on traffic conflicts with pedestrians reveals similar to the mixed traffic studies but differences still exist. Generally the studies of traffic conflicts with pedestrians are formed by three directions.

The first one is to analyze the characters of the road users involving in the conflicts. In the „Information Society Technology“ project funded by the European Community, both the conflict characteristics of vulnerable road users and the vehicles were investigated (Gavrila, 2003). The second direction is the conflict mechanism analysis. Lord (Lord, 1996) conducted a field test at T-and X-intersections to analyze the pedestrian conflict with left-turning traffic and indicated a positive correlation between traffic conflicts and accident exists. Then in 1998, the statistics, a pedestrian is four times more likely to hit by a left-turning vehicle than by a right-turning vehicle was proposed by him (Lord, 1998). Considered the serious situations, other experts made further efforts in this research direction. A basis for a warning system at intersections was set by analysis on the impact of pedestrian presence on movement of left-turning vehicles by Ragland (Ragland, 2005). In addition, many researchers engaged in the conflicts between pedestrians and right-turning vehicles as well. Based on the real traffic data, Su (2008) studied on the conflict between right-turn vehicles and pedestrians at Signalized Intersection; a statistical speed-distance model based on conflict point was represented. The last direction is the traffic engineering improvement related to conflict safety. Three engineering countermeasures were proposed including speed control, separation of pedestrians from vehicles, and measures that increase the visibility and conspicuity of pedestrians (Retting, 2003). The rapid development of sensor and tracking technologies enable the deployment of analysis on vehicle-pedestrian conflict and conflict safety. The pedestrian protection system (Gandhi, 2007), pedestrian detection system (Broggi, 2009) are all documented in the scientific literature.

Although this research field is now moving forward for the improvement of road user security, consider vehicles as the main road users, the data of traffic conflicts between vehicles and pedestrians is not enough. Nonetheless, conflict studies are still continuing to be used to the safety upgrade.

## Driver behaviour in vehicle-pedestrian conflict

Within these several decades, the driver behaviour analysis evolved extensively. The research field has been involved in interdisciplinary combination and moves forward to an integrated level. Compared with the rich literatures of driver be-

haviour in vehicle conflicts, the analysis on driver behaviour centred conflicts with pedestrian is relatively less documented, and framed in several aspects like the interrelationship between driving speeds and pedestrian safety (Pasanen, 1992); drivers' detecting and yielding behaviour to the pedestrian (van Houten, 2001; Geruschat, 2005); driver performance to some pedestrian traffic facilities (Huey, 2007); turning time and acceptable gaps for drivers under various situations(Ragland, 2005)etc.

The safety performance conducted by the driver in the pre-phase of conflict can reduce the encounter risk and may even avoid such danger. Therefore, investigation to the factors influencing driver behaviour may provide a root understanding of the conflict process. It is instructive to note that many studies have been done on the driver yielding behaviour and the causation factors.

Most of the traffic accidents to a certain extent depend on vehicle speeds; in the description of pedestrian safety problems, vehicle speed also plays an important role. Many studies on the motor vehicle-pedestrian conflict were centered drivers' speed performance and its effect on yielding safety. Pasanen indicated at a collision speed of 50km/h the risk of fatal injury for a pedestrian is almost eight times higher compared to a speed of 30km/h. High vehicle speed was proved to influence the pedestrian safety greatly according to the empirical evidence (Engel, 1990) and field observation (Wester, 1993). Further, the relationship between speed level and pedestrian death risk was analyzed (Johannessen, 2008). A microscopic traffic simulation model (Aronsson, 2006) was proposed to examine the vehicle speed characteristics of interactions with pedestrians, cyclists and other road users. How the speed behaviour influenced to give precedence was investigated by the yielding frequency under different encounter situations related to pedestrian presence and speed limit (Johannessen, 2008). Although speed can be considered as an important parameter in yielding behaviour, it is not the only factor that directly determines the driver behaviour because within the vehicle-pedestrian conflict process, other situational information would be interpreted by the driver from the environment. Some researches gave different considerations to describe the driver behaviour in conflict phase. Persson (1988) reviewed on communication between road users, and found that the yielding likelihood increased if information of the pedestrian's intention was increased by way of combination of various signs. Many other factors (Katz, 1975; Himanen, 1988; Geruschat, 2005) were presented to have an influence to the drivers to give way to crossing pedestrians: the type of crossing and lane, distance between oncoming vehicle and pedestrian, orientation of pedestrian, number of pedestrians, pedestrian distance from the curb, etc. Logit models (Himanen, 1988; Sun, 2003; Schroeder, 2008) were employed to analyze and evaluate the behaviour of pedestrians and vehicle drivers at crosswalks, and it would be the first step for modeling the vehicle-pedestrian encounter process as well as the accident prediction.

## Field observation

In the urban traffic situation, pedestrian crosswalks provide safety corridors for the pedestrians to cross the traffic flow of other road users. And the pedestrian signal design is accordance with the vehicle flow rate and the accident statistics (Standardization Administration of the People's Republic of China, GB14886-2006). However, in China, the drivers always scramble for the limited space with pedestrians and deter them from having the right of way. At signal controlled crosswalk (with both vehicle signal and pedestrian signal), the drivers may take it for granted that s/he just follow the traffic signal, focus on the vehicles in front and reduce the detection to the redcrossing pedestrian. As a result, the driver may not make an appropriate decision of giving priority to the redcrossing pedestrians, at the same time the pedestrians will easily be caught in an extremely dangerous situation which was investigated in this study and should be highlighted in the further vehicle-pedestrian conflict analysis.

Two observation crosswalks without any roadside parking are selected for this study. The first one is a minor arterial crosswalk at a signalized X-intersection in Changchun city center. The conflicts between the straight-going vehicles entering the intersection and the redcrossing pedestrians are observed. The average flow rate of the straight-going vehicles (for each observation lane) is 297veh/h/l within which the passenger cars are about 91.4% and the average pedestrian flow rate (for the observation crosswalk) is 123ped/h with 13.8% of redcrossing pedestrians. The second crosswalk is a mid-block crosswalk on a two-way undivided urban minor arterial road in Beijing. The average flow rate for each observation lane is 324veh/h/l with 94.2% of passenger cars and the average pedestrian flow rate is 107ped/h with 26.2% of redcrossing pedestrians. The crossing markings were clearly visible in these crosswalks.

The driver would theoretically need to notice the mid-block crosswalk 38 m before reaching it at a speed of 11m/s, and have a clear view of both sides of crosswalk from that distance to effectively scan for pedestrians (Nowakowski, 2005). Considered the average speed of the vehicle at the two study sites is lower than 11m/s, a 35m lane length before the crosswalk is chosen for this study to estimate the drivers' giving precedence to pedestrian. The observation time is three successive hours on working day in the interval 14:00-22:00, it is just because the traffic fatality rate is higher than the others according to the Annual Report of the China Road Traffic Accidents Statistics. Fig.4(a) and (b) are the sketch maps to depict the location of the observation point with the camera view covering the entire length of zebra crosswalk and a 35m approaching lane before the crosswalk for an intersection crosswalk and a mid-block crosswalk respectively.

Two vehicle-pedestrian encounter situations are defined in this study:

- Situation I: A single vehicle conflicts with a redcrossing pedestrian;
- Situation II: Vehicle in platoon conflicts with a redcrossing pedestrian.

Considered the observed zebra crosswalks are perpendicular to the road lane and the evasive driving of the subject vehicle could be treated as a certain lane-based movement, the encounter situation is a right-angle encounter. Passenger cars both in single-driving and platoon-driving status are defined as subject vehicles in the study. Pedestrians who use the zebra crosswalk or very close to the zebra (less than 2m) to cross the road during the pedestrian red time are observed as sample redcrossing pedestrian.



Fig.4 (a): Location of the camera and the observation view for the intersection crosswalk

Fig.4 (b): Location of the camera and the observation view for the mid-block crosswalk

The data collected in these situations will be analyzed using image processing methodologies. Standard metrics will be used for risk analysis like time to collision, acceleration, deceleration, vehicle headway and distance metrics of traffic participants. After this the data-set will be compared to a data-set produced at similar unsignalized crosswalk situations both in China and in Germany.

## References

1. Amundsen, F.H. and Hyden, C., Eds. (1977). Proceeding of First Workshop on Traffic Conflicts, Institute of Transport Economics, Oslo/Lund Institute of Technology, Oslo, Norway
2. Aronsson, K. (2006). Speed characteristics of urban streets based on driver behavior studies and simulation, Doctoral thesis, Stockholm, Sweden
3. Broggi A, Cerri P, Ghidoni S, Grisleri P, Jung HG. (2009). A new approach to urban pedestrian detection for automatic braking, IEEE Trans Intell Transp Syst. 10(4), pp.594- 605
4. Chin, Hoong-Chor and Quek, Ser-Tong. (1997). Measurement of Traffic Conflicts, Safety Science, Vol. 26. No. 3, pp.169-185
5. Engel, U., Thomsen, L. K. (1990). Effekter af færdselslovens ,40- Sammenfatning. (Rapport 29), Rådet for Trafiksikkerhedsforskning, København, Denmark

6. Gandhi, T., Trivedi, M.M. (2007). Pedestrian protection systems: issues, survey, and challenges, IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems 8 (3), pp.413–430
7. Gavrila, DM, Marchal, P., Meinecke, MM. (2003). Vulnerable Road User Scenario Analysis, SAVE-U Project Deliverable 1-A
8. General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. (2006). GB14886-2006, Specification for setting and installation of road traffic signals. Standardization Administration of the People's Republic of China, Beijing,China
9. German Federal Statistical Office. (2010). Persons involved in and casualties from accidents (<http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/EN/Content/Statistics/Verkehr/Verkehrsunfaelle/Tabellen/Content50/PersonsKilledTrafficParticipation,templateId=renderPrint.psml>, 2010)
10. Geruschat, DR. Hassan, SE. (2005). Driver Behaviour in Yielding to Sighted and Blind Pedestrians at Roundabouts, Journal of Visual Impairment and Blindness, 99 No. 5, pp.286–302
11. Himanen, V., Kulmala, R. (1988). An application of logit models in analyzing the behavior of pedestrians and car Drivers on pedestrian crossings, Accident Analysis and Prevention, 20(3) pp.187-197
12. Huey, S.B. and D. Ragland. (2007). Changes in Driver Behaviour Resulting from Pedestrian Countdown Signals, Proceedings of the 86th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington DC
13. Johannessen, S. (2008). Road User Behaviour, Safety and Design of Non-Signalised Pedestrian Crossings - A Challenging Interaction Dilemma, in Proc. of 9th International Conference for Walking, Barcelona, Spain
14. Katz, A., Zaidel, D., Elgrishi, A. (1975). An experimental study of driver and pedestrian intersection during the crossing conflict, Hum Factors, 17, pp. 514-527
15. Lord, D. (1996). Analysis of pedestrian conflicts with left-turning traffic, Transportation Research Record, No. 1538, pp.61-67
16. Lord, D., Smiley, A., Haroun, A. (1998). Pedestrian Accidents with Left-turning Traffic at Signalized Intersections: Characteristics, Human Factors and Unconsidered Issues, the 77th Annual Transportation Research Board Meeting, Washington, DC
17. Ministry of Public Security of People's Republic of China (MPSPRC). Annual Report of the China Road Traffic Accidents Statistics, Beijing, China
18. Nowakowski, C. (2005). Pedestrian Warning Human Factor Considerations. Retrieved ([http://path.berkeley.edu/lcchan/Research\\_and\\_Presentation/Pedestrian\\_Detection\\_TO5200/Crosswalk\\_HF.pdf](http://path.berkeley.edu/lcchan/Research_and_Presentation/Pedestrian_Detection_TO5200/Crosswalk_HF.pdf) , 2005)
19. Pasanen, E. (1992). Driving Speeds and Pedestrian Safety; A Mathematical Model. (Publication 77), Otaniemi, Finland: Helsinki University of Technology, Transportation Engineering
20. Persson, H. (1988). Communication between Pedestrian and Car Drivers, Lund University, Lund, Sweden
21. Qiu, J. (2009). Analysis on causes, features and trend of road traffic crashes and traffic injuries in China, Doctoral thesis, Medical Colleges of PLA, China
22. Ragland, D., Banerjee, I., Shladover, S.E., Misener, J., Chan, CY. (2005). Impact of Pedestrian Presence on Movement of Left-Turning Vehicles: Method, Preliminary Results & Possible Use in Intersection Decision Support, 2005 TRB Annual Meeting, Paper No. 05-2199
23. Retting, R.A., Ferguson, F. S., McCartt, A. A. (2003). A review of evidence-based traffic engineering measures designed to reduce pedestrian-motor vehicle crashes, American Journal of Public Health, 93(9), pp.1456-1463
24. Schroeder, B.J. (2008). A Behavior-based methodology for evaluating pedestrian–vehicle interaction at crosswalk, PhD Dissertation, North Carolina State University, United States
25. Su, Y.L., Wei, Z., Cheng, S.H., Yao, D.Y., Zhang, Y. (2008). Research of Conflict between Right-turn Vehicles and Pedestrians or Bicyclists at Signalized Intersection, Journal of Highway and Transportation Research and Development, Vol.25, No.12, pp.157-166
26. Sun, D., Ukkusuri, S., Benekohal, R. and Travis, S. (2003). Modeling of motorist-Pedestrian interaction at uncontrolled mid-block crosswalks, in Proc. of TRB 2003 Annual Meeting, Washington, DC, USA
27. Van Houten, R., Malenfant, J. E. L. (2000). ITS animated LED signals alert drivers to pedestrian threats, ITE Journal, 70, pp.42-47
28. Westra, E. J., Rothengatter, J. A. (1993). Behaviour – Conflict –Safety Relations for Pedestrians, Traffic Research Centre, University of Groningen, Netherlands



Abb. 1: Vorgänger MUTE

## Entwicklung eines lokalen Diskomfortmodells zur Optimierung der Thermoregulation in Automobilen und im Sport

Visio.M ist ein vom Bundesministerium für Bildung und Forschung finanziertes Verbundprojekt der Technischen Universität München mit 17 Partnern der Automobilindustrie mit der Dauer von zweieinhalb Jahren. Gesamtziel ist es, aufbauend auf dem Vorgängerprojekt zur Entwicklung eines Elektrokleinstfahrzeugs MUTE, das Gesamtkonzept durch Einzelkomponentenforschung und -optimierung zu verbessern und mehr Kundenorientierung und Marktreife bis Mitte 2014 zu erreichen.

### Hintergrund:

Seit den 70iger Jahren haben viele Studien thermophysiological Modelle zur Erklärung des menschlichen Wärmehaushalts (Stolwijk, 1966, Gagge et al., 1971, Fiala, 1998), sowie Modelle zur Erklärung menschlicher Temperaturwahrnehmung (Fanger, 1970, Zhang, 2003), (weiter-) entwickelt. Dies ermöglicht es über thermodynamische Simulationen Oberflächentemperaturen, Temperaturverläufe und globale und lokale Komfortempfinden unter verschiedenen Umweltbedingungen durchzuführen.

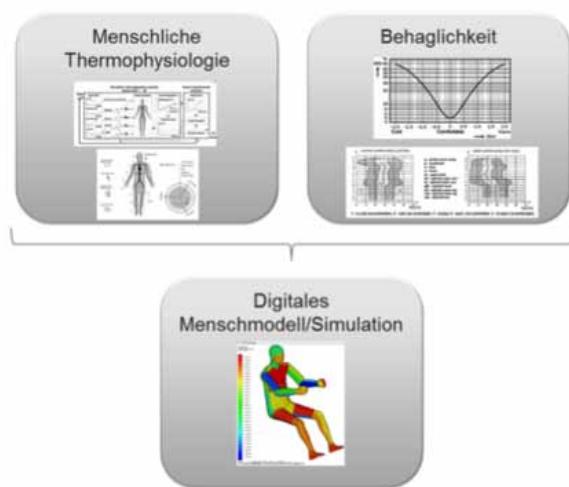


Abb. 2: Schematischer Zusammenhang klimaergonomischer Menschmodellierung.

Wenige Erkenntnisse gibt es allerdings bezüglich der Wahrnehmung unterschiedlicher thermodynamischer Phänomene und deren lokalem Komfortempfinden, sowie Wissen, wie und wo lokaler Komfort zu globaler Behaglichkeit beitragen kann. Vor dem Hintergrund der energieeffizienten Klimatisierung von Elektrofahrzeugen eine interessante Frage.

### Zielsetzung:

Der Lehrstuhl für Ergonomie erforscht in diesem Projekt den Klimakomfort in Elektrofahrzeugen. Im Vergleich zum Verbrennungsmotor sind Elektrofahrzeuge in ihrem Klimamanagement eingeschränkt. Bisherige konvektive Prinzipien zur Erwärmung und Kühlung des Fahrgastinnenraums sind energetisch nicht sinnvoll und würden die Reichweite erheblich verringern. Deswegen sollen neue ergonomische Lösungen für den Klimakomfort der Insassen gefunden werden. Erste Ansätze behandeln die thermodynamischen Phänomene Wärmeübertragung und Strahlung. Hier sollen Probandenstudien in der Klimakammer Aufschluss über den lokalen Diskomfort und thermisches Empfinden verschiedener Alter, Geschlechter und Anthropometrien (Körperbau, Volumen) geben und in einem mathematischen Modell münden; zweitens soll mit den übrigen Wirkprinzipien die komfortabelste und energieeffiziente Methode zur thermischen Behaglichkeit identifiziert und im Testfahrzeug und Klimakammerversuchen erprobt werden. Besonderes Augenmerk liegt auf der Anwendung funktioneller Textilien im Automobil. Im Sport tragen funktionelle Textilien seit langem zu mehr Behaglichkeit und komfortablem Mikroklimamanagement bei. Feuchtedurchgang und Isolierung sind Hauptcharakteristika. In cleverer Kombination mit Strahlung und/oder Luftströmungen wird angenommen, globale Insassenbehaglichkeit durch lokale thermische Behandlung zu erreichen, ohne den gesamten Fahrgastinnenraum zu heizen oder zu kühlen.

### Literatur:

1. ANSI/ASHRAE 55-1992. Thermal Environmental Conditions for Human Occupants. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., 1791 Tullie Circle, NE Atlanta, GA 30329, 1992.
2. Fanger, P.O. (1973): Thermal Comfort - Analysis and Applications in Environmental Engineering. McGraw-Hill, New York - London - Sidney - Toronto, pp. 28-30.
3. Fiala D. (1998): Dynamic Simulation of Human Heat Transfer and Thermal Comfort, Leicester&Stuttgart. PhD Thesis.
4. Gagge A.P. (1973): Rational temperature indices of man's thermal environment and their use with a 2-node model of his temperature regulation. Fed. Proc., vol. 32, pp. 1572-1582.
5. González-Alonso J., Teller C., Andersen S., Jensen F., Hyldig T., Nielsen B. (1999): Influence of body temperature on the development of fatigue during prolonged exercise in the heat, Journal of Applied Physiology, vol. 86, no. 3, pp. 1032-1039.
6. ISO 7730:1994, Gemäßiges Umgebungsklima . Ermittlung des PMV und des PPD und Beschreibung der Bedingungen für thermische Behaglichkeit
7. ISO 10551:1995, Ergonomie des Umgebungsklimas. Beurteilung des Einflusses des Umgebungsklimas mittels subjektiven Bewertungsskalen.
8. Zhang H. (2003): Human Thermal Sensation and Comfort in Transient Non-Uniform Thermal Environment, University of California, Berkeley, PhD Thesis.

### Massentaugliche Elektromobilität für das urbane Umfeld

**Elektrofahrzeuge, angetrieben von Strom aus erneuerbaren Energien, sind eine attraktive Option für die Mobilität im stadt nahen Raum. Doch bisherige Konzepte sind entweder zu schwer und zu teuer oder sie erreichen nicht das im Markt gewünschte Sicherheitsniveau. Im Rahmen des Verbundprojekts Visio.M erarbeiten nun Wissenschaftler der Technischen Universität München (TUM) gemeinsam mit erfahrenen Automobil-Ingenieuren Konzepte für Elektroautos, die nicht nur effizient und sicher sondern auch preiswert herzustellen sein sollen. Konsortialführer ist die BMW AG. Das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderte Projekt hat ein Gesamtvolume von 10,8 Millionen Euro.**

Elektroautos sind leise und verursachen dort wo sie fahren keine Abgase. Daher gelten sie als wichtige Option für die zukünftige individuelle Mobilität im städtischen und stadt nahen Bereich. Doch auf dem Weg zu marktfähigen Elektrofahrzeugen sind noch wesentliche technologische Hürden zu überwinden. Bisherige Elektrokleinfahrzeuge bieten nur eine minimale Fahrzeugsicherheit und sind daher nicht massenmarktfähig. Elektroautos, die von benzinbetriebenen Modellen abgeleitet wurden, sind in der Regel zu schwer und benötigen daher große und teure Batterien.

Im Verbundprojekt des Bundesforschungsministeriums Visio.M erforschen namhafte Unternehmen der deutschen Automobilindustrie zusammen mit Wissenschaftlern der TU München Möglichkeiten, wie kleine, effiziente Elektrofahrzeuge so sicher und preiswert gebaut werden können, dass sie einen nennenswerten Anteil am Massenmarkt erreichen. Das daraus abzuleitende Visionäre Mobilitätskonzept soll ein Fahrzeug sein, das mit einer Leistung von 15 Kilowatt und einem maximalen Leergewicht von 400 Kilogramm (ohne Batterie) die Anforderungen der Zulassungsklasse L7e erfüllt.

Im Rahmen des Projekts nutzen die Verbundpartner die Basis des von der TU München entwickelten Elektrofahrzeugs MUTE, um Innovationen und neue Technologien für Fahrzeugsicherheit, Antrieb, Energiespeicher und Bedienkonzept auf ihre Umsetzbarkeit unter den Rahmenbedingungen der Großserienproduktion zu erforschen. Besonderes Augenmerk liegt dabei auf der sicherheitstechnischen Auslegung. Im Visio.M-Fahrzeugkonzept soll trotz minimalem Gewicht ein Sicherheitsniveau realisiert werden, das dem Schutz in gängigen Autos mit Verbrennungsmotor ebenbürtig ist.

An Visio.M beteiligen sich, neben den Automobilkonzernen BMW AG (Konsortialführer) und Daimler AG, die TU München als wissenschaftlicher Partner, sowie die Autoliv B.V.& Co.KG, die Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST), die Continental Automotive GmbH, die E.ON AG, die Finepower GmbH, die Hyve AG, die IAV GmbH, die Innoz GmbH, die Intermap Technologies GmbH, die LION Smart GmbH, die Neumayer Tekfor Holding GmbH, die Siemens AG, die Texas Instruments Deutschland GmbH und die TÜV Süd AG. Gefördert wird das Projekt im Rahmen des Schwerpunktprogramms „Schlüsseltechnologien für die Elektromobilität – STROM“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF).

Die Technische Universität München (TUM) ist mit rund 460 Professorinnen und Professoren, 9.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern und 31.000 Studierenden eine der führenden technischen Universitäten Europas. Ihre Schwerpunktfelder sind die Ingenieurwissenschaften, Naturwissenschaften, Lebenswissenschaften, Medizin und Wirtschaftswissenschaften. Nach zahlreichen Auszeichnungen wurde sie 2006 vom Wissenschaftsrat und der Deutschen Forschungsgemeinschaft zur Exzellenzuniversität gewählt. Das weltweite Netzwerk der TUM umfasst auch eine Dependance mit einem Forschungscampus in Singapur. Die TUM ist dem Leitbild einer unternehmerischen Universität verpflichtet. Internet: [www.tum.de](http://www.tum.de)

# UR:BAN - Urbaner Raum: Benutzergerechte Assistenzsysteme und Netzmanagement

Armin Eichinger

„Die Zahl der Verkehrstoten im vergangenen Jahr ist erstmals seit 20 Jahren gestiegen. Auf deutschen Straßen kamen 3991 Menschen ums Leben.“ (Zeit online, 2012). Nachdem wir uns seit Jahren an stetig sinkende Opferzahlen gewöhnt haben, holt uns diese Pressemeldung zu Beginn des Jahres 2012 auf den Boden der Tatsachen zurück. Es sterben in Deutschland noch immer viele Menschen im Straßenverkehr. Fahrerassistenzsysteme haben mit Sicherheit einen wichtigen Beitrag zur Unfallreduktion geleistet, aber die positive Entwicklung der letzten Jahre ist kein Selbstläufer. Und vor allem: Es gibt hier noch viel zu tun - insbesondere vor dem Hintergrund mittelfristig anstehender gesellschaftlicher Entwicklungen.

## Wohin geht die Entwicklung?

Ein Trend, der prägenden Einfluss auf viele verschiedene Bereiche ausüben wird, ist die zunehmende Bedeutung des städtischen Raums. Individualisierte Lebensentwürfe bauen auf die sehr gute städtische Infrastruktur, die vielfältigeren sozialen und kulturellen Angebote. Arbeitgeber nutzen diese als Standortvorteil, um für Arbeitnehmer attraktiver zu werden. Beide Entwicklungen verstärken das Gewicht, das dem urbanen und suburbanen Umfeld als Wohn- und Arbeitsraum zukommen wird. Arbeitnehmer und Arbeitgeber der umliegenden nicht-städtischen Umgebung werden Pendlerströme in und aus dem städtischen Bereich verstärken. Burdett und Sudjic (2007) gehen davon aus, dass bis zum Jahr 2050 etwa 75% der Weltbevölkerung in Städten leben werden, so dass insbesondere dort eine deutliche Zunahme der Verkehrsnachfrage und des Verkehrsaufkommens anzunehmen ist.

In der Konsequenz wird der städtische Verkehr geprägt sein von einer Vielfalt an Teilnehmern, die mit einer Vielfalt an Transportmedien eine Vielfalt an Motiven und Bedürfnissen erfüllen wollen. Der motorisierte Individualverkehr wird weiterhin die dominierende Alternative sein, individuelle Mobilitätsansprüche zu befriedigen. Im urbanen Umfeld muss er sich aber arrangieren mit Fußgängern, Radfahrern, Pedelecs, Skatern oder dem öffentlichen Nahverkehr. Dass es in diesem Zusammenleben definitiv Verbesserungsbedarf gibt, zeigt die folgende Grafik des Statistischen Bundesamts.

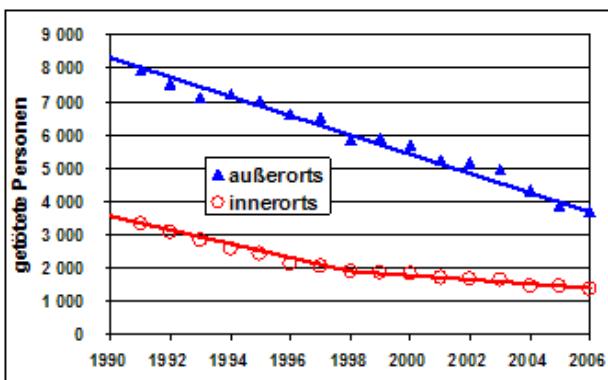


Abb. 1: Die Zahl getöteter Personen sinkt seit 1998 innerorts deutlich langsamer als außerorts (UR:BAN, 2012)

Speziell im städtischen Umfeld gibt die Entwicklung der letzten Jahre Anlass zur Besorgnis. Woher stammen diese offensichtlichen Defizite im Stadtverkehr?

## Der Teufel steckt – auch – im Detail

Zum einen sind die Gründe für den stagnierenden Verlauf den bereits angesprochenen Entwicklungstendenzen geschuldet: Steigendes Verkehrsaufkommen mit heterogener werdenden Verkehrsteilnehmern, die zudem unterschiedliche Mobilitätsbedürfnisse befriedigen.

Zum anderen steckt der Teufel im technischen Detail. Moderne PKW sind ausgerüstet mit einer Vielzahl an Fahrerinformationssystemen und Fahrerassistenzsystemen. Diverse Sensoren am Fahrzeug erleichtern die Fahraufgabe, indem sie beispielsweise den Fahrerzustand erkennen, beim Spurwechsel informieren und unterstützen oder den Abstand zum Vorderfahrzeug automatisch anpassen. Viele dieser Assistenz- und Informationssysteme sind in simulierten Umgebungen entwickelt, getestet und im Feld validiert worden (Wisselmann et al., 2004, Lindberg et al., 2009). Der Entwicklungsstand aktueller Simulationstechnologie erlaubt es aber nicht, verschiedene Verkehrsteilnehmer in einem Szenario zu integrieren; beispielsweise durch vernetzte Simulatoren. Die bearbeiteten Anwendungsfälle beschränken sich daher meist auf den leichter zu simulierenden außerstädtischen Verkehr auf Autobahnen und Landstraßen (vgl. Totzke et al., 2008). Die zusätzlichen Anforderungen eines hochdynamischen Verkehrsumfeldes im urbanen Bereich können bisher nicht berücksichtigt werden.

## Zu viel des Guten in der Stadt

Die wachsende Zahl an Informations- und Assistenzsystemen im PKW hat im städtischen Verkehr auch ihre Schattenseiten. Es existieren keine einheitlichen Standards für die Informationsausgabe der vielfältigen Systeme an den Fahrer.

Die Aufmerksamkeit des Fahrers ist im städtischen Umfeld ohnehin stark belastet. Die Zahl der Gefahrenquellen ist durch die unterschiedlichen Verkehrsteilnehmer massiv erhöht. Die hohe und heterogene Verkehrsdichte führt zu hochdynamischen Konstellationen, in denen der Fahrer schnell und richtig reagieren muss. Gleichzeitig tritt aber ein gewaltiges Ablenkungspotenzial in Konkurrenz zu dieser situationsgerechten Informationsverarbeitung. Beanspruchende Situationen sind leicht zu konstruieren und entstehen tagtäglich:

- In komplexen Kreuzungsszenarien werden visuelle Aufmerksamkeitsressourcen gebunden. Dadurch wird das Blickverhalten negativ beeinflusst (Plavsic et al., 2010). In der Konsequenz wird ein Fußgänger, der vom Straßenrand den Fahrstreifen quert, zu spät wahrgenommen.
- Der Radfahrer wird beim Abbiegen nicht gesehen, da die Aufmerksamkeit auf das Navigationsgerät gerichtet ist.
- Das Kombidisplay warnt in einer aufmerksamkeitskritischen Situation akustisch davor, dass die Temperatur unter 4°C gesunken ist.

Zusammenfassend lässt sich feststellen: Verglichen mit Fahrten außerorts weist der Stadtverkehr sehr viel dynamischere Situationen, kürzere Entscheidungsfenster, mehr und unterschiedlichere Verkehrsteilnehmer auf. Dadurch steigt das Po-

tenzial für Ablenkung, Missverständnisse und die Überlastung der Aufmerksamkeit.

Aktuelle Assistenz- und Informationssysteme sind bereits jetzt in der Lage, ausgewählten Problemen zu begegnen. Die Anforderungen des Stadtverkehrs zeigen, dass ein koordiniertes Gesamtkonzept an Assistenz nötig ist, um nicht durch weitere Insellösungen zusätzliche Quellen der Ablenkung in die Fahraufgabe zu bringen (Färber & Färber, 2003). Die Abgabe von Information an den Fahrer durch alle Systeme muss einem integrierenden Ansatz folgen. Abhängig von den situativen Anforderungen muss erkannt und entschieden werden, welche Informationen für den Fahrer relevant sind und welche möglicherweise als störend empfunden werden oder in einer kritischen Situation massiv ablenkend sein könnten. Die akustische Temperaturwarnung während eines knappen Fahrstreifenwechsels gehört damit eher zur letzten Kategorie.

### Alle für eines - UR:BAN

Um diese Herausforderungen des städtischen Verkehrs anzunehmen und entsprechende Fahrerassistenz- und Verkehrsmagementsysteme zu entwickeln, finden sich in der Forschungsinitiative UR:BAN (Urbaner Raum: Benutzergerechte Assistenzsysteme und Netzmanagement) Partner aus Automobil- und Zuliefererindustrie, Elektronik-, Kommunikations- und Softwarefirmen, Versicherungsunternehmen sowie aus Forschungsinstituten, Universitäten und Kommunen zusammen. Die Initiative gliedert sich in die drei hochvernetzten Projekte Mensch im Verkehr (MV), Vernetztes Verkehrssystem (VV), Kognitive Assistenz (KA). Diese Projektorganisation zeigt, dass das klassisch querschnittlich ausgerichtete Thema Human Factors in dieser Initiative eine starke Aufwertung erfährt, indem der Mensch in seinen vielfältigen Rollen im Verkehrssystem im Zentrum der Betrachtungen stehen wird.

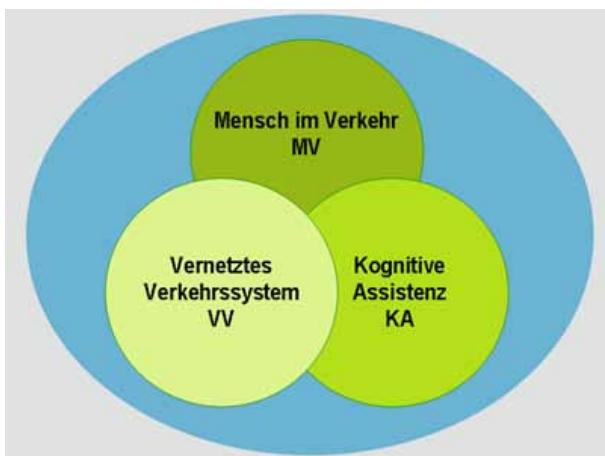


Abb. 2: Organisation der Forschungsinitiative UR:BAN in drei Projekte (UR:BAN, 2012).

### Der Lehrstuhl für Ergonomie in UR:BAN

Die TU München ist mit drei Lehrstühlen am Projekt MV beteiligt: Ergonomie (LfE), Verkehrstechnik (VT) und Fahrzeugtechnik (FTM). Der LfE wird seine Erfahrung in der Entwicklung und Bewertung von Assistenzsystemen in realen und simulierten Szenarien in drei Schwerpunkten bündeln und einbringen.

Um den Projektpartnern einen einheitlichen Bestand an situativen Anforderungen bereitstellen zu können, werden komplexe Szenarien im urbanen Umfeld definiert und entwickelt, die mit der funktional-technischen Ausrichtung der beteiligten Industriepartner koordiniert sind. Diese integrierenden Arbeiten werden im Teilprojekt **Urbanes Fahren** geleistet.

Im Teilprojekt **Mensch-Maschine-Interaktion** wird – basierend auf den Vorarbeiten – ein integratives Konzept zur Darstellung von Information für die spezifischen Anforderungen des urbanen Verkehrs entwickelt und empirisch in Versuchen im Fahrsimulator evaluiert. Dazu werden weitere Arten und Orte der Informationsanzeige für einen angestrebten MMI-Baukasten untersucht; beispielsweise das Head-Up-Display, das Kombidisplay oder mobile Endgeräte wie Smartphones. Die folgende Abbildung gibt einen Überblick über seriennormale Schnittstellen der Mensch-Fahrzeug-Interaktion.

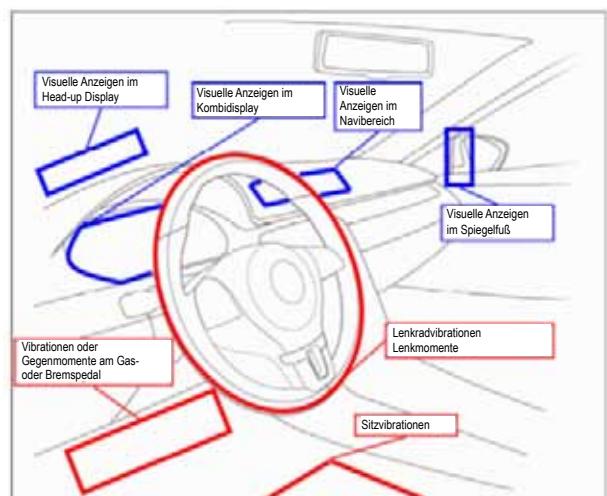


Abb. 3: Beispiele für in Serie befindliche Schnittstellen für die Mensch-Fahrzeug-Interaktion (UR:BAN, 2012).

Im Teilprojekt **Simulation und Verhaltensmodellierung** bietet die örtliche Nähe des dynamischen Fahrsimulators des FTM und des statischen Simulators des LfE beste Rahmenbedingungen zur Vernetzung beider Systeme. Dadurch wird die technisch-methodische Voraussetzung zur Modellierung der Interaktion verschiedener Verkehrsteilnehmer geschaffen. Über das Motion Capturing Labor des LfE wird darüber hinaus ein echter Fußgänger als weiterer, insbesondere im urbanen Umfeld hoch-relevanter, Verkehrsteilnehmer in die Fahrsimulation integriert werden. Damit wird die Grundlage für eine völlig neuartige Analyse von Mehr-Parteien-Situatiosn im standardisierbaren und absicherbaren Umfeld der Simulation geschaffen.

### Warum stört uns das Radio beim Stadtverkehr in unbekannter Umgebung?

Stadtverkehr ist dynamisch, komplex und anspruchsvoll. In urbanen Situationen, welche die Aufmerksamkeit des Fahrers erfordern, geht dieser sehr effizient mit der begrenzten Ressource Aufmerksamkeit um (vgl. Conti in diesem Heft). Die Interaktion mit Fahrerinformationssystemen wird vorübergehend eingestellt, das Telefongespräch wird unterbrochen, das Radio als mögliche Störquelle wird

ausgeschaltet oder nicht mehr beachtet. So wird eine Multitasking-Situation durch regelnde Eingriffe des Fahrers auf die Fahraufgabe reduziert und damit vereinfacht (vgl. Fuller, 2005). Ein Ziel der Initiative UR:BAN wird sein, diese situativen Anforderungen zu verstehen, zu systematisieren und so darauf reagieren zu können, dass unser Radio zukünftig weiß, wann wir lieber darauf verzichten wollen.

## Wann & wer?

Das Projekt Mensch im Verkehr wird zum 1. April 2012 beginnen und ist auf eine Laufzeit von vier Jahren ausgelegt. Neben der TU München werden weitere 19 Partner an diesem Projekt beteiligt sein.

Professor Klaus Bengler leitet das Projekt „Mensch im Verkehr“ unterstützt durch Dr. Armin Eichinger. Am LfE werden zudem Martin Götze, Christian Lehsing und Michael Krause das Projekt MV bearbeiten.

## Literatur:

1. Burdett, R. & Sudjic, D. (2007). *The Endless City*. Berlin: Phaidon.
2. Färber, B. & Färber B. (2003). Auswirkungen neuer Informationstechnologien auf das Fahrverhalten. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft M 149. Bergisch Gladbach.
3. Fuller, R. (2005). Towards a general theory of driver behaviour. *Accident Analysis and Prevention*, 27(3), 461-472.
4. Lindberg, T. Tönert, L., Rötting, M., Bengler, K. (2010). Integration aktueller und zukünftiger Fahrerassistenzsysteme – wie lässt sich der Lösungsraum für die HMI-Entwicklung strukturieren? ZMMS 2009 Berlin.
5. Plavsic, M., Bengler, K., Bubb, H. (2010). Analysis of Glance Movements in Critical Intersection Scenarios. Proceedings 3rd Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE) International Conference, Miami, U.S., July 2010.
6. Totzke, I., Huth, V., Krüger, H.-P. & Bengler, K. (2008). Overriding the ACC by keys at the steering wheel: Positive effects on driving and drivers' acceptance in spite of a more complex ergonomic solution. In D. de Waard, F. O. Flemisch, B. Lorenz, H. Oberheid & K. A. Brookhuis (Hrsg.), *Human Factors for Assistance and Automation* (S. 153-164). Maastricht: Shaker.
7. UR:BAN (2012). Vorhabensbeschreibung Mensch im Verkehr. München: Lehrstuhl für Ergonomie, TU München.
8. Wisselmann, D., Gresser, K., Spannheimer, H., Bengler, K., Huesmann, A. (2004). ConnectedDrive – ein methodischer Ansatz für die Entwicklung zukünftiger Fahrerassistenzsysteme. VDI Tagung Garching. Proceedings.
9. Zeit online (2012). Statistik: Weniger Verkehrsunfälle, mehr Tote. Abgerufen am 01.03.2012. URL: <http://www.zeit.de/news/2012-02/24/unfaelle-statistik-weniger-verkehrsunfaelle-mehr-tote-24102402>

# Ergonomie – Human Factors Engineering

## Neuer Masterstudiengang am LfE

Andreas Haslbeck

Ab dem kommenden Wintersemester 2012/13 bietet der Lehrstuhl gemeinsam mit einigen Partnerlehrstühlen an der TUM den Masterstudiengang Ergonomie – Human Factors Engineering für interessierte Studierende an.

Der Studiengang spricht Studierende an, welche sich in unterschiedlichen Domänen (Automobil, Luftfahrt, Produktion, ...) mit Mensch-Maschine-Interaktion beschäftigen. Der steigende Bedarf an Ergonomie-Experten in der Wirtschaft ist ein deutliches Indiz für die Notwendigkeit des Studiengangs. Das Curriculum umfasst neben den Ergonomievorlesungen am Lehrstuhl für Ergonomie sowie den Beiträgen aus dem Sports Engineering des Fachgebiets Sportgeräte und -materialien beispielsweise auch verwandte Vorlesungen aus den Bereichen Signalverarbeitung und Spracherkennung (Prof. Rigoll), Industrial Design (Prof. Frenkler), Fahrzeugtechnik (Prof. Lienkamp) oder Augmented Reality (Prof. Klinker). Auch weitere Themen und Methoden aus den Trainingswissenschaften (Prof. Hermsdörfer) oder dem Software Engineering (Prof. Vogel-Heuser) runden das Angebot ab – nur um einige zu nennen. Die Arbeitsplatzergonomie – ein zunehmend wichtigerer Bereich – wird durch entsprechende Vorlesungen (Prof. Reinhart, Prof. Zäh) unterstützt.

Da die Ergonomie eine fachlich sehr breit aufgestellte Disziplin darstellt, soll der Studiengang Studierende unterschiedlicher Herkunft ansprechen. Dem tragen auch die Zulassungsvoraussetzungen Rechnung: sie formulieren Kompetenzen aus der Ergonomie nahe liegenden Fächerbereichen, welche von Bewerbern mitgebracht werden müssen. Aus vier der folgenden sechs Felder sind Vorkenntnisse nötig: Forschungsmethodik, Mechanik, Konstruktion, mathematische Grundlagen, Grundlagen der Programmierung und kognitionswissenschaftliche Grundlagen. Somit erstreckt sich das Spektrum potentieller Bewerber von den verschiedenen Ingenieuren über Informatiker und Sportwissenschaftler bis hin zu Architekten, Erziehungswissenschaftler, Psychologen und Medizinern. Für all diese Berufsfelder kann das Zusammenwirken von Mensch, technischem System und dahinter liegender Organisation wichtige Fragestellungen aufwerfen. Ein weiteres Mal wird dem im interdisziplinären Projekt Rechnung getragen: anstatt einzelner Semesterarbeiten wird die erste Studienarbeit im Masterstudiengang in interdisziplinären Teams bearbeitet. Hier sollen gezielt Studierende, welche aus fachlich unterschiedlichen Bachelorstudiengängen kommen, gemeinsam wissenschaftliche Problemstellungen bearbeiten.

## Visiting Professor Yuh-Chuan Shih

Fabian Günzkofer

Yuh-Chuan Shih is a professor and was the Chairman of the Department of Logistics Management at the National Defense University, Taiwan. Owing to the recommendation of Prof. Bengler and being funded by the National Science Council of Taiwan, now he is a visiting Professor at the Institute of Ergonomics at the Technische Universität München, from February to August 2012. Professor Shih is also the Chair for the Organization Committee of Ergonomics Society of Taiwan (EST).

He graduated from the Department of Mathematics at the National Tsing-Hua University in 1988, and received his Master and Ph.D. degree from the Department of Industrial Engineering at the National Tsing-Hua University in 1990 and 1995, respectively. His major research areas are hand strength evaluation, work physiology, and experimental design. Research publication includes 31 referred journal papers, 64 conference proceedings papers, and 12 book chapters. Recently, he presented his recent researches about "The hand performance in a cold environment" on 27 April in the Institute's seminar.

At the Institute of Ergonomics he works together with Fabian Günzkofer on a biomechanical topic about force perception of elbow flexion joint torque exertions. In subject tests they will examine the estimation of given force levels and also the production of desired force levels. Thus, perceived and real percentages of maximum voluntary contractions can be compared. Furthermore they will ask subjects to rate submaximal force levels using a Borg RPE scale in order to judge the effort for producing specific force levels. The experiments will be conducted using two different subject groups: young as well as old male volunteers. Consequently possible age effects can be discovered which would play a major role considering the current demographic trend. Finally they will ask for a task-specific acceptable force level for the imagination of pulling the handbrake in order to establish ties to applied product design.

## UNIDAS

Klaus Bengler

Im vergangenem Jahr wurde Prof. Bengler in den Uni-DAS e.V. aufgenommen. Der Uni-DAS widmet sich der wissenschaftlichen Zusammenarbeit im Bereich der Fahrerassistenzsysteme, der Förderung des wissenschaftlichen

Nachwuchses. Der von Uni-DAS veranstaltete Workshop Fahrerassistenzsysteme in Walting ist inzwischen zu einer etablierten Tagung geworden. Nähere Informationen zu Uni-DAS unter <http://www.uni-das.de/de/uni-das>.

# Bericht über den Forschungsaufenthalt von Erik Hollnagel im Rahmen des TÜV Süd Stiftung Visiting Professor Stipendiums

Andreas Hasbeck

Gastgeber Prof. Dr. Klaus Bengler durfte Prof. Dr. Erik Hollnagel vom 29. August 2011 bis 29. September 2011 als Gastprofessor am Lehrstuhl für Ergonomie der Technischen Universität München begrüßen. Dieser Forschungsaufenthalt wurde durch ein Stipendium der TÜV Süd Stiftung ermöglicht. Erik Hollnagel ist ein international renommierter Forscher im Bereich der Menschlichen Zuverlässigkeit. Er hat weltweit bereits in vielen Forschungsprojekten, vor allem auch im Bereich der Kerntechnik, das Zusammenwirken von Mensch und technischen Systemen untersucht und verbessert.



Abb. 1: Erik Hollnagel wird von Klaus Bengler zum TÜV Süd Stiftung Visiting Professor ernannt

Im Rahmen des Forschungsaufenthalts am Lehrstuhl für Ergonomie wurde als inhaltlicher Höhepunkt des Besuchs ein zweitägiges Symposium mit dem Titel „From Risk Perception to Safety Management – Today and Tomorrow“ am 14. und 15. September durchgeführt. Diese Veranstaltung bot nationalen sowie internationalen Forschern im Bereich der Zuverlässigkeitsforschung ein Forum zum domänenübergreifenden Austausch. So nahmen neben Unfallexperten von Automobilherstellern auch Ergonomie-Experten aus der Fliegerei sowie der Flugsicherung, der industriellen Arbeitsplatzgestaltung sowie aus der Sportwissenschaft teil. Während am ersten Tag aus den aktuellen Forschungsaktivitäten der diversen vertretenen Domänen berichtet wurde, fand am zweiten Tag eine Diskussion über zukünftige Herangehensweisen und Entwicklungen statt.



Abb. 2: Eindrücke vom Symposium „From Risk Perception to Safety Management – Today and Tomorrow“



Abb. 3: Hr. Hasbeck (Organisation) berichtet aus dem SaMSys-Projekt

Erik Hollnagel kam im Rahmen seines Aufenthalts auch mehrfach mit Studierenden ins Gespräch. Neben einem Workshop zu wissenschaftlichem Schreiben für Doktoranden und Studierenden, gab er auch einen FRAM (Functional Resonance Analysis Method) Kurs. Diese erst junge Methode stellt einen neuen Ansatz in der Zuverlässigkeitsforschung dar. Sie untersucht Handlungen auf deren Potential für Variabilität, unabhängig von den auslösenden Faktoren. Menschliche wie technische Handlungen variieren ständig in ihrer Leistung und ihrem Ergebnis. Nur wenn an einer bestimmten Stelle aus mehreren Quellen große Variabilität zusammentrifft, können ernsthafte Probleme entstehen, so der Ansatz von FRAM.

Zwei sehr interessante Exkursionen fanden gemeinsam mit Mitarbeitern des Lehrstuhls für Ergonomie statt. Am ersten Termin wurde die Motorenmontage bei BMW in Werk München besucht. Dort werden unter anderem Turbolader an die Motorblöcke montiert. Dieser Teilarbeitsschritt wurde auch für die oben erwähnte FRAM aufbereitet. Im Werk konnte der wirkliche Arbeitsablauf von den Besuchern betrachtet werden. Eine weitere Exkursion fand im Rahmen des jährlichen Lehrstuhlausflugs statt, wobei das Ziel direkt vor Erik Hollnagels Haustür lag: die Flugwerft Oberschleißheim. Erik Hollnagel hat als Unterkunft ein Gästeappartement in der Flugwerft erhalten, so dass dieses Ausflugsziel sehr gelegen kam. In der Flugwerft wurden den interessierten Zuhörern in einer fundierten Fachführung von den Anfängen der Fliegerei in Bayern bis hin zu aktuellen Flugzeugtypen viele Details anschaulich erklärt.

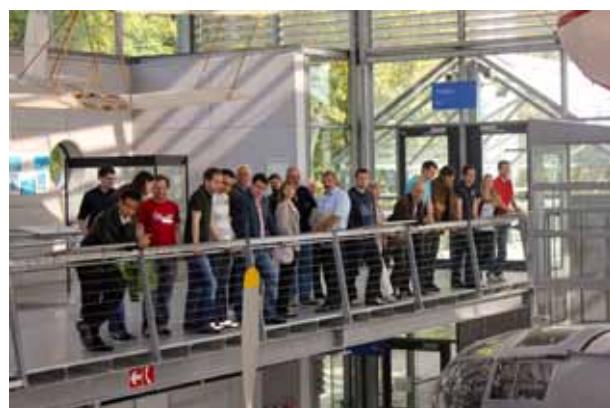


Abb. 4: Gemeinsamer Lehrstuhlausflug zur Flugwerft Schleißheim

# Veröffentlichungen Sommer 2011 bis Sommer 2012

Bengler, K., Bubb, H., Totzke, I., Schumann, J., & Flemisch, F. (2012). Automotive. In M. Stein & P. Sandl (Eds.), *Information Ergonomics. A Theoretical Approach and Practical Experience in Transportation* (1st ed., pp. 99–135). Berlin, Heidelberg, New York: Springer.

Bengler, K., Zimmermann, M., Bortot, D., Kienle, M., & Damböck, D. (2012): Interaction Principles for Cooperative Human-Machine Systems. Special Issue, *Journal Information Technology: "Automotive User Interfaces"*. In Press.

Blattner, A., Spies, R., Bengler, K., & Hamberger, W. (2012). Sichere Gestaltung des Fahrer-Arbeitsplatzes durch effiziente und intuitive Bedienung eines Fahrerinformationssystems via Touchpad mit haptischer Rückmeldung. In Bericht zum 58. Kongreß der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft. Gestaltung nachhaltiger Arbeitssysteme (pp. 273–277). Dortmund: GfA Press.

Bortot, D., Ding, H., Antonopolous, A., & Bengler, K. (2012). Human motion behavior while interacting with an industrial robot. *Work: A Journal of Prevention, Assessment and Rehabilitation*, 41, 1699–1707.

Bortot, D., Ding, H., Antonopolous, A., & Bengler, K. (2012). Human motion behavior while interacting with an industrial robot. *Work: A Journal of Prevention, Assessment and Rehabilitation*, 41(Supplement 1/2012), 1699–1707. Retrieved February 23, 2012, from <http://iospress.metapress.com/content/q078620k656l8855/fulltext.pdf>.

Bortot, D., Hawe, B., Schmidt, S., & Bengler, K. (2012): Industrial robots – the new friends of an aging workforce? In: AHFE 2012, Paper presented at the 4th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics 2012, San Francisco, USA (accepted)

Breuninger, J., Lange, C., & Bengler, K. (2011). Implementing Gaze Control For Peripheral Devices. In: PETMEI '11, Proceedings Of The 1st International Workshop On Pervasive Eye Tracking & Mobile Eye-Based Interaction (pp. 3-8). New York, NY, USA: ACM.

Breuninger, J., Popova-Dlugosch, S., & Bengler, K. (2012). Einsatz von modernen innovativen Touch-Interaktionskonzepten in Produktivsystemen. In Bericht zum 58. Kongreß der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft. Gestaltung nachhaltiger Arbeitssysteme (pp. 261–264). Dortmund: GfA Press.

Bubb, H. (2011): Traffic Safety through Driver Assistance and Intelligence. *International Journal of Computational Intelligence Systems*, Vol.4, No. 3

Bubb, H. (2012): Systematische Verbesserung der Gebrauchstauglichkeit durch Ergonomie. In Lutsch, C. und Adler, F.: Der kurze Weg zum Glück – Gebrauchstauglichkeit als Versprechen in der Gestaltung. 2011 Forum für Entwerfen e.V. Initiative für gebrauchsorientierte Gestaltung und gestaltungsrelevante Wissenschaften

Bubb, H. (2012). Information Ergonomics. In M. Stein & P. Sandl (Eds.), *Information Ergonomics. A Theoretical Approach and Practical Experience in Transportation* (1st ed., pp. 23–59). Berlin, Heidelberg, New York: Springer.

Damböck, D., Weißgerber, T., Kienle, M., & Bengler, K. (2012): Evaluation of a Contact Analog Head-Up Display for Highly Automated Driving. Paper presented at the 4th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics. San Francisco. USA.

Damböck, D. (2012): Vehicle Automation and Man – from Reaction to Takeover. Presentation at the 44th CIECA Congress 2012. Istanbul. Turkey.

Damböck, D., Farid, M., Tönert, L., & Bengler K. (2012): Übernahmezeiten beim hochautomatisierten Autofahren. 5. Tagung Fahrerassistenz 2012. München. Germany.

Damböck, D., Kienle, M., Bengler, K., & Bubb, H. (2011): The H-Metaphor as an example for Cooperative Vehicle Driving. *Human Computer Interaction International* 2011. Orlando. USA.

Ding, H., Reissig, G., Wijaya, K., Bortot, D., Bengler, K., & Stursberg, O.(2011): Human Arm Motion Modeling and Long-Term Prediction for Safe and Efficient Human-Robot-Interaction. In the IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), S. 5875-5880

Dlugosch, C., Kremser, F., Truschin, S., Lienkamp, M., & Bengler, K. (2011). Touchdisplay im Elektrofahrzeug. In Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. (GfA) (Ed.), Mensch, Technik, Organisation – Vernetzung im Produktentstehungs- und –herstellungsprozess, Bericht zum 57. Arbeitswissenschaftlichen Fühjahrskongress vom 23.-25. März an der Technischen Universität Chemnitz (pp. 277–280). Dortmund: GfA-Press.

Eichinger, A. (2011). Bewertung von Benutzerschnittstellen für Cockpits hochagiler Flugzeuge. Dissertation, Regensburg.

Eichinger, A. (2011). Untersuchungskonzepte für die Evaluation von Systemen zur Erkennung des Fahrerzustandes: Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen (Fahrzeugtechnik No. Band BASt-F-80). Bremerhaven.

Engstler, F., Günzkofer, F., Bubb, H., & Bengler, K. (2011). Lower Limb Joint Range of Motion Considering Inter-joint Dependencies. In Proceedings of the First International Symposium on Digital Human Modeling. Lyon, France.

Flemisch, F. O., Schieben, A., Heesen, M., Kelsch, J., Damböck, D., & Bengler, K. (2011): Aus der Vergangenheit lernen, Zukunft gestalten: Migrations- und Evolutionsfähige Gestaltung der Mensch-Maschine-Interaktion am Beispiel der kooperativen Führung hochautomatisierter Fahrzeuge. 9. Berliner Werkstatt für Mensch-Maschine-Systeme 2011. Berlin. Germany.

Grandt, M., & Schmerwitz, S. (Eds.). 2011. Ergonomie im interdisziplinären Gestaltungsprozess: 53. Fachausschusssitzung Anthropotechnik. Bonn.

Gomes, P., Olaverri-Monreal, C., & Ferreira, M. (2012): Making Vehicles Transparent Through V2V Video Streaming. In: IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems (99), S. 1–9

Günzkofer, F., Bubb, H., & Bengler, K. (2012). Elbow Torque Ellipses: Investigation of the mutual influences of rotation, flexion, and extension torques. Work: A Journal of Prevention, Assessment and Rehabilitation, 41(Supplement 1/ 2012), 2260–2267, from <http://iospress.metapress.com/content/f713512g81n02320/?p=bf8630e28f7142c08fc8fd438362b42d&pi=1>.

Günzkofer, F., Engstler, F., Bubb, H., & Bengler, K. (2011). Isometric elbow flexion and extension joint torque measurements considering biomechanical aspects. In Proceedings of the First International Symposium on Digital Human Modeling. Lyon, France.

Günzkofer, F., Engstler, F., Bubb, H., & Bengler, K. (2011). Joint Torque Modeling of Knee Extension and Flexion. In Lecture Notes in Computer Science. Digital Human Modelling (6777th ed., pp. 79–88). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.

Günzkofer, F., Kremser, F., & Sedlmeier, C. (2012): Der Mensch ist das Maß. Sitzkomfort in der Flugzeugkabine. In: Ingenieurspiegel, Ausgabe 1 2012, S. 50–52.

Hasbeck, A., & Bengler, K. (2012). Entwicklung einer Fragebogenmethodik zur Erhebung leistungsbeeinflussender Faktoren in unterschiedlichen Berufsfeldern. In Bericht zum 58. Kongreß der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft. Gestaltung nachhaltiger Arbeitssysteme (pp. 615–618). Dortmund: GfA Press.

Hasbeck, A., Schubert, E., Onnasch, L., Hüttig, G., Bubb, H., & Bengler, K. (2012). Manual flying skills under the influence of performance shaping factors. Work: A Journal of Prevention, Assessment and Rehabilitation, 41(Supplement 1/2012), 178–183, from <http://dx.doi.org/10.3233/WOR-2012-0153-178>.

Herbst, U., & Wichtl, M. (2011): Megamaschinen Menschgerecht Montieren. Ein ergonomischer Leitfaden für die Arbeits(platz)gestaltung. In: AUVA: Forum Prävention 2011

Herbst, U., Ambros, W., Rausch, H., & Wichtl, M. (2012): Megamaschinen menschgerecht montieren. In: Sichere Arbeit (5), S. 38–42.

Kienle, M., Damböck, D., Bubb, H., & Bengler, K.: The Economic Value of a Bidirectional Haptic Interface when Driving a Cooperative Vehicle. Cognition, Technology & Work (Journal). (Being Reviewed)

Krause, M., Rommerskirchen, C., & Bengler, K. (2012): Ampelassistent - Entwurf und Evaluation der Informationspräsentation. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. (GfA) (Hg.): Gestaltung nachhaltiger Arbeitssysteme, Bericht zum 58. Arbeitswissenschaftlichen Führjahrskongress. Dortmund: GfA-Press, S. 627–630

Kremser, F., Günzkofer, F., Sedlmeier, C., Sabbah, O., & Bengler, K. (2012). Aircraft seating comfort: the influence of seat pitch on passengers' well-being. Work: A Journal of Prevention, Assessment and Rehabilitation, 41(0), 4936–4942.

Kremser, F., Pietsch, R., Wilden, W., Lienkamp, M., & Bengler, K. (2011). Anthropometrische Innenraumauslegung eines Elektrofahrzeugs der Subcompact-Klasse. In Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. (GfA) (Ed.), Mensch, Technik, Organisation – Vernetzung im Produktentstehungs- und –herstellungsprozess, Bericht zum 57. Arbeitswissenschaftlichen Führjahrskongress vom 23.–25. März an der Technischen Universität Chemnitz (pp. 239–242). Dortmund: GfA-Press.

Lorenz, D., Remlinger, W., Kremser, F., Matz, S., Bubb, H., & Bengler, K. (2011). Sichtauslegung eines kompakten Elektrofahrzeugs mit ‚RAMSIS kognitiv‘. In 2. Automobiltechnisches Kolloquium, Antriebstechnik, Fahrzeugtechnik, Speichertechnik, VDI-Berichte XXXX. Düsseldorf.

Lüdtke, A., Javaux, D., Tango, F., Heers, R., Bengler, K., & Ronflé-Nadaud, C. (2012). Designing Dynamic Distributed Cooperative Human-Machine Systems. In IOS Press (Ed.), Work. A Journal of Prevention, Assessment and Rehabilitation (pp. 4250–4257).

Lüßmann, J., Rommerskirchen, C., Busch, F., & Bengler, K. (2012); Netzweite Wirkungsermittlung kooperativer Fahrerassistenzsysteme zur Verbrauchsreduzierung mittels Simulation. In: 5. Tagung Fahrerassistenz. München

Müller, T., Gold, C., Eichinger, A., & Bengler, K. (2012): Identifying customer-oriented key aspects of perception with focus on longitudinal vehicle dynamics. Paper presented at the 4th International Conference on Human Factors and Ergonomics San Francisco. USA (accepted)

Olaverri Monreal, C., & Bengler, K. (2011). Impact of cultural diversity on the menu structure design of Driver Information Systems: A cross-cultural study. In Intelligent Vehicles Symposium (IV), 2011 IEEE (pp. 107–112).

Olaverri Monreal, C., & Bengler, K. (2011). Variable menus for the local adaptation of Graphical User Interfaces: An Implementation Approach. In Variable menus for the local adaptation of Graphical User Interfaces: An Implementation Approach (pp. 1–6).

Rommerskirchen, C., Müller, T., Greier, M., & Bengler, K., (2011): Validierung des Kraftstoffverbrauchs eines Fahrersimulators und Unterschiede im Fahrerhalten bezüglich des Kraftstoffverbrauchs. In: Grandt, M. & Schmerwits, S. (Hrsg.): Ergonomie im interdisziplinären Gestaltungsprozess, 53. Fachausschusssitzung Anthropotechnik der Deutschen Gesellschaft für Luft- und Raumfahrttechnik Lilienthal-Oberth e.V. Neu-Isenburg, S.187-198

Schubert, E., Haslbeck, A., Hüttig, G., & Bengler, K. (2011). Evaluation manueller fliegerischer Leistung von Piloten anhand erfasster technischer Parameter in Flugsimulatoren hochautomatisierter Flugzeuge. In M. Grandt & S. Schmerwitz (Eds.), Ergonomie im interdisziplinären Gestaltungsprozess. 53. Fachausschusssitzung Anthropotechnik (pp. 163–173). Bonn.

Stein, M. & Sandl, P. (Eds.) (2012). Information Ergonomics: A Theoretical Approach and Practical Experience in Transportation (1st ed.). Berlin, Heidelberg, New York: Springer.

Trübswetter, N., & Bengler, K. (2012): Nutzung und Nutzen von Fahrerassistenzsystemen – Wie bewerten ältere Fahrer? In: 28. VDI/VW-Gemeinschaftstagung Fahrerassistenz und Integrierte Sicherheit. Wolfsburg.

Wang, W., Zhang W., Guo H., Bubb H., Ikeuchi K. (2011): A safety-based approaching behavioural model with various driving characteristics. Transportation Research. An International Journal. Part C: Emerging Technologies Elsevier

Weißgerber, T., Damböck, D., Kienle, M., & Bengler K. (2012): Erprobung einer kontaktanalogen Anzeige für Fahrerassistenzsysteme beim hochautomatisierten Fahren. 5. Tagung Fahrerassistenz 2012. München. Germany.

Zimmermann, M., & Bengler, K. (2012). Bereichsübergreifende Methoden, Techniken und Tools für kooperative Mensch-Maschine-Systeme aus automobiler Multiagentensicht. In Bericht zum 58. Kongreß der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft. Gestaltung nachhaltiger Arbeitssysteme (pp. 279–282). Dortmund: GfA Press.

Zimmermann, M., Bortot, D., & Bengler, K. (2012). Allgemeine Interaktionsprinzipien für kooperative Mensch-Maschine-Systeme. In Bericht zum 58. Kongreß der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft. Gestaltung nachhaltiger Arbeitssysteme (pp. 469–472). Dortmund: GfA Press.

## Presseschau

### Ampel-Koalition

Auch auf Landstraßen machen intelligente Ampelschaltungen Sinn. Das Pilotprojekt

**Kolibri** ist der perfekten grünen Welle außerorts mit neuen Ansätzen auf der Spur.

Julian Sommer

Carit 01/2012, S. 36-37

München-Nord, B13. Auf der teils mehrspurig ausgebauten Bundesstraße am Rand der Bayern-Metropole rollt der Verkehr tagein, tagaus heftig. Vor allem Berufspendler kennen nervenaufreibenden zähfließenden Verkehr oder Staus. Die Ampelanlagen regeln den Verkehrsfluss, so gut es geht. Funktionierende grüne Wellen für einen homogenen Verkehrsfluss konnten bislang weitgehend nur im innerstädtischen Verkehrsumfeld realisiert werden, da Ampeln dort relativ dicht aufeinander folgen. Auf Land- und Umgehungsstraßen sind die Abstände zwischen den Fahrzeugen größer und weniger gleichmäßig, auch die gefahrenen Geschwindigkeiten sind unterschiedlicher. Hier setzt das interdisziplinäre Projekt Kolibri (kooperative Lichtsignaloptimierung) an. Denn auch außerorts kann ein besserer, intelligent gesteuerter Verkehrsfluss Staus, Lärm und CO<sub>2</sub>-Emissionen deutlich reduzieren - wenn man neue Wege beschreitet, wie die Projektpartner von Kolibri, zu denen forscher der Technischen Universität München (TUM), die BMW Group, die Transver GmbH sowie die Oberste Baubehörde im Bayerischen Innenministerium gehören. Das Projekt läuft bis Frühjahr 2013, die gewonnenen Erkenntnisse sollen danach als wissenschaftliche Grundlage dienen, künftig Ampelanlagen zu optimieren, den Verkehr zu harmonisieren, Emissionen zu reduzieren und Fahrkomfort und Fahrtzeiten zu verbessern. Neben einem Teilstück der B13 wurde auch ein Abschnitt der St2145/ 815 in Regensburg als Teststrecke ausgewählt. „In den beiden realen Testfeldern wird eine große Anzahl an Fahrten durchgeführt und aufgezeichnet. Hieraus lassen sich Informationen wie Reisezeiten, Anzahl an Halten, Staulängen et cetera ableiten. Zusätzlich werden Mikrosimulationen und Beobachtungen vor Ort durchgeführt. Dieser dynamische Ansatz wird sich auch flexibel an sich verändernde Verkehrsmengen anpassen können“, erklärt Alexander Dinkel, Projektleiter bei der Firma Transver.

**Der Clou: Informationen der Ampelanlagen** werden direkt via Mobilfunk in die Testfahrzeuge übertragen, dem Fahrer wird ein Vorschlag für optimales Fahrverhalten für eine grüne Welle übermittelt. Umgekehrt werden Fahrzeugdaten in der Ampelschaltung verarbeitet. Eine vorausschauende Art des Fahrens, die BMW künftig eventuell automatisiert einsetzen möchte. „Die Tests mit den ersten prototypischen Ampelassistentenfunktionen in den Entwicklungsfahrzeugen zeigen schon jetzt ein enormes Potenzial für die Verbrauchsreduktion allein durch die adaptiv zum Ampelphase angezeigten Geschwindigkeitsempfehlungen. In nächsten Schritten könnte man sich vorstellen, dass diese neue Art der Fahrtvorausschau auch bis in die Assistenzsysteme des Fahrzeugs hinein eingesetzt wird, so dass die optimale Fahrtgeschwindigkeit in der Ampelannäherungsphase automatisch vom Fahrzeug vorgeschlagen wird“, so Susanne Breitenberger, Projektleiterin für BMW Verkehrstechnik und Verkehrsmanagement.

Die Teststrecke der B13 haben Wissenschaftler der TU München für Forschungszwecke im Fahrsimulator nachgebildet. Zunächst wurden fünf Anzeigevarianten für eine Geschwindigkeitsempfehlung auf einem Smartphone erfasst. Ziel war es herauszufinden, ob diese nach objektiv messbaren Größen mobil einsetzbar wären und ob sie den Versuchspersonen subjektiv gefallen. Danach wurde eine favorisierte Anzeigevariante weiter auf die Bedürfnisse der Testpersonen hin optimiert. „Eine spannende Frage in späteren Versuchsfahrten wird sein, wie und ob ein Fahrer Geschwindigkeitsempfehlungen in seiner Fahrt berücksichtigen kann oder will. Und wie er mit dem umgebenden Verkehr durch seinen Informationsvorsprung interagiert. Um eine angemessene Akzeptanz der Geschwindigkeitsempfehlungen zu erhalten, müssen die Schaltzeiten entsprechend gut prognostiziert werden und weitere Dinge, wie die Rückstaulängen und Geschwindigkeitsabschnitte, berücksichtigt werden“, erklärt Michael Krause vom Lehrstuhl für Ergonomie der TU München.

Kommunen und Behörden sehen ebenfalls Handlungsbedarf in Sachen Verkehrsfluss und Emissionsbelastung. Durch die europäischen Rahmenrichtlinien für Feinstaub, Stickstoffdioxid und Lärm entsteht zusätzlicher Druck. Diesen Herausforderungen gilt es jedoch zu begegnen. Das Problem: Oft sind die Ampelanlagen technisch unterschiedlich in die Jahre gekommen und können von verschiedenen Herstellern stammen. Kein einfaches Unterfangen. „Aus Sicht der Verwaltung liegt die große Herausforderung darin, dass die bestehenden Anlagen über einen sehr unterschiedlichen Ausstattungsstand verfügen. Eine Aufrüstung der bestehenden Systeme auf moderne Übertragungstechnik wird deshalb eine sehr komplexe Aufgabe“, sagt Ulrich Haspel, Projektleiter bei der Zentralstelle Verkehrsmanagement (ZVM) in Bayern. Kolibri hat Modellcharakter: „Die Straßenbauverwaltung nimmt Kolibri zum Anlass, einen ‚Bausatz‘ für die Vorgehensweise zur Optimierung von Lichtsignalanlagen auf Außerortsstraßen zu entwickeln. Dies soll zukünftig für weitere Strecken zur Anwendung kommen.“ Geplant ist auch eine spezielle App für die perfekte grüne Welle auf Landstraßen. Sinn macht das Projekt auf jeden Fall auf den beiden bayerischen Teststrecken schon jetzt: „Die verbesserte Steuerung der Lichtsignalanlagen steht den Verkehrsteilnehmern bereits während der Projektlaufzeit zur Verfügung“, weiß Alexander Dinkel.

## Hochschulkоoperation

Kooperationsprojekt der FOS/BOS Straubing und FOS/BOS Kelheim mit der TU München:

Von der nebulösen Idee zur wissenschaftlichen Klarheit

Roland Kiefl / Peter Söll

vlb - akzente 05/2012, S. 18-19

### Blickwinkel: Schule auf Hochschule (StR Roland Kiefl und StR Stefan Weinzierl)

Rund 40% der Studienanfänger in MINT-Fächern brechen vorzeitig ihr Studium ab, dabei fehlt es den Abiturienten zu meist nicht an fachwissenschaftlicher Tiefe. Zwischen dem behüteten Lernort Schule und der Hochschule besteht eine Kluft, da diese verstärkt ein selbstständiges, wissenschaftliches Arbeiten einfordert, d.h. Schlüsselqualifikationen wie Selbst-, Sozial und Methodenkompetenz gewinnen an Bedeutung. Ziel unseres Projektes ist es, diesen Übergang zwischen Schule und Hochschule zu erleichtern, dem Schüler im Rahmen der Seminararbeit die Studienwirklichkeit näher zu bringen und die Schlüsselqualifikationen zu stärken. Für letztere bildeten zwei Schüler aus den beiden Fach- und Berufsoberschulen Straubing und Kelheim ein Schülerteam, welches gemeinsam das vordefinierte Projektziel die empirische Untersuchung von Schulstühlen nach ergonomischen Gesichtspunkten sowie die Konstruktion und Optimierung eines Prototypen realisieren sollte. Unterstützt wurden sie dabei neben ihren Betreuern, StR Roland Kiefl und StR Stefan Weinzierl, von wissenschaftlichen Mitarbeitern des Lehrstuhles für Ergonomie der TU München sowie der Berufsschule Kelheim. Insbesondere durch den externen Bildungspartner Hochschule erhielt dieses Projekt den notwendigen Echtheitscharakter und ermöglichte es unseren Seminaristen an einer authentischen Aufgabenstellung mit aktuellem Forschungsbezug Wissenschaft aktiv betreiben und miterleben zu können. Gegenüber anderen Hochschulkоoperationen unterscheidet sich dieses Projekt insbesondere durch den ganzheitlichen Ansatz und die systematische, sachlogische Vorgehensweise: So sind theoretische und praktische Einheiten wie Vorlesungen, Literaturrecherche, Praktika so aufeinander abgestimmt, sodass diese auf eine eigenständige Versuchsplanung und durchführung hinführen – Zwischenberichte sollen hierbei den Wissensstand klären und Hilfestellung anbieten. Die produktorientierte Zielsetzung soll das eigene Tun und Handeln zu einem konkreten Ergebnis führen und damit Wissenschaft fass- und begreifbar machen sowie die Bedeutung der eigenen Arbeit unterstreichen.

Das Ergebnis dieser Kooperation mit der TU München konnte auf der diesjährigen VLB-Fachtagung FOS/BOS, die am 10. März an der Staatlichen BOS Nürnberg stattfand, in Form des in Zusammenarbeit mit der Berufsschule Kelheim gefertigten Stuhl-Prototyps besichtigt und ausprobiert werden. Gerade die wissenschaftliche Untersuchung der ergonomischen Anforderungen an Schulstühle, deren systematische Auswertung bis hin zu der Planung und praktischen Anfertigung des Prototyps wurde von den teilnehmenden Schülern als besonders wertvoll empfunden. Die Arbeit unserer Schüler wurde unter der Vielzahl an Teilnehmern - auch aus dem W- und P-Seminaren der Gymnasien - bei der diesjährigen Prämierung an der TU München mit dem 1. Preis belohnt.

### Blickwinkel: Hochschule auf Schule (Dr. Herbert Rausch, Technische Universität München)

Die TU München und die Fakultät Maschinenwesen unterstützen solche Schülerprojekte nicht nur um ihren Nachwuchs zu fördern, sondern vor allem um junge Menschen zu motivieren Technik sinnvoll und effektiv einzusetzen und fachkundig ihre Chancen und Risiken kritisch und konstruktiv zu beurteilen. Zudem sollen die Schülerinnen und Schüler ingenieurmäßige Methoden kennenlernen, die über die in den Naturwissenschaften üblichen analytischen Verfahren hinaus auch kreative, konsequent auf ein Produkt hin ausgerichtete Methoden beinhalten. Die Fakultät Maschinenwesen bietet in diesem Sinne vielfältige Angebote für Lehrkräfte und Schüler an. In den regelmäßigen Fortbildungsworkshops können Lehrkräfte selbst in den Laboren erleben, wie in der Raumfahrt, der Solartechnologie oder bei der Konzeption zukünftiger Motoren Mittelstufenmathematik oder Physik praktisch eingesetzt wird, um motivierende Beispiele für ihren Unterricht zu sammeln. Mit Vorträgen, Unterrichtsmaterialien, Bibliotheksnutzung, Schülerpraktika und wie hier beschrieben mit Schülerprojekten soll auch die Kluft zwischen Schule und Universität verringert werden.

Die Technische Universität München und die Fakultät Maschinenwesen unterstützten solche Schülerprojekte nicht nur um ihren Nachwuchs zu fördern, sondern vor allem um junge Menschen zu motivieren Technik sinnvoll und effektiv einzusetzen und fachkundig ihre Chancen und Risiken kritisch und konstruktiv zu beurteilen. Zudem sollen die Schülerinnen und Schüler ingenieurmäßige Methoden kennenlernen, die über die in den Naturwissenschaften üblichen analytischen Verfahren hinaus auch kreative, konsequent auf ein Produkt hin ausgerichtete Methoden beinhalten.

Die Fakultät Maschinenwesen bietet in diesem Sinne vielfältige Angebote für Lehrkräfte und Schüler an. In den regelmäßigen Fortbildungsworkshops können Lehrkräfte selbst in den Laboren erleben, wie in der Raumfahrt, der Solartechnologie oder in zukünftigen Motoren Mittelstufenmathematik oder Physik praktisch eingesetzt wird, um motivierende Beispiele für ihren Unterricht zu sammeln. Mit Vorträgen, Unterrichtsmaterialien, Bibliotheksnutzung, Schülerpraktika und wie hier beschrieben mit Schülerprojekten soll auch die Kluft zwischen Schule und Universität verringert werden.

# Dissertationen

## Assistenzsystem zur Optimierung des Sitzkomforts im Fahrzeug

Sitzkomfort wird im Fahrzeug in erheblichem Maße von der Sitzeinstellung beeinflusst. Um das Komfortpotential moderner Fahrzeugsitze nutzbar zu machen, wurde ein Assistenzsystem zur Optimierung der Sitzeinstellung entwickelt. Dazu wurden alternative Varianten für ein solches Assistenzsystem realisiert und in einer Probandenuntersuchung hinsichtlich des Diskomforts, der Körperhaltung, der Druckverteilung, der

Attraktivität, der Akzeptanz und der Sicherheit bewertet. Aus den Ergebnissen wurde der Einfluss von Assistenzgrad und Assistenzumfang bestimmt und eine ideale Ausprägung für ein Assistenzsystem zur Optimierung des Sitzkomforts identifiziert.

Stephan Lorenz 23. 09. 2011

## Enhancing Sport – Sports Technology Design in the Context of Sport Motive, Motion Task and Product Feature

Die nutzerorientierte Entwicklung von Sporttechnologie erfordert neben rein technischen Aspekten auch fundierte Analysen der adressierten Bewegungsaufgabe sowie der motivationalen Konstitution des Sportlers.

Die Dissertation stellt anhand empirischer Studien zunächst die besondere Bedeutung von Spassemfinden, Beschleunigung und Freiheitsgrade in der Bewegung sowie Funktionalität als Eingangsgrößen für die Entwicklung heraus.

Auf dieser Basis wird das Sport-Modell entwickelt, das die Instanzen Sportler, Bewegungsaufgabe und technische Ausführung in Zusammenhang.

Abschließend wird exemplarisch ein Navigationspfad des Sport-Models in einem Entwicklungsbeispiel verifiziert, indem die motivationalen und bewegungstechnischen Randbedingungen für die Entwicklung eines neuen, sensor-basierten Trainings-Feedback-Systems genutzt werden.

Maximilian Müller 27. 09. 2011

## Bewertung von Benutzerschnittstellen für Cockpits hochagiler Flugzeuge

Für die Gestaltung und Bewertung von Mensch-Maschine-Systemen in Arbeitsdomänen, bei denen stark volatile externe Einflüsse eine bedeutsame Rolle für die Zielerreichung spielen, müssen die Einflussgrößen des Arbeitsumfelds und neben den physischen die psychischen Voraussetzungen und Fähigkeiten der Nutzer berücksichtigt werden. Cockpits hochagiler Flugzeuge sind ein prototypisches Beispiel für eine stark Kontext-abhängige Arbeitsdomäne, bei der

die gleichzeitige Ausführung informatorisch anspruchsvoller Aufgaben unter Zeitdruck eine zentrale Rolle spielt. Die vorliegende Arbeit entwickelt und implementiert ein Konzept zu Evaluation von Benutzerschnittstellen in Cockpits hochagiler Flugzeuge, das diese Kontext-Anforderungen durch informatorische Zusatzbelastung abbildet.

Armin Eichinger 06. 10. 2011

## Dissertationen

### Enhancement of driver anticipation and its implications on efficiency and safety

Die vorliegende Dissertation präsentiert die Ergebnisse von Forschungsstudien zu Fahrerassistenzsystemen mit visuellen und haptischen Interaktionsmodalitäten, welche die Antizipationsleistung des Fahrers verbessern und somit seine Fähigkeiten in Verzögerungssituationen hinsichtlich der Kriterien Effizienz (niedriger Kraftstoffverbrauch) und Fahrsicherheit

erhöhen sollen. Die Unterstützung erfolgt dabei durch geeignete Informationspräsentation über anstehende Verzögerungssituationen und dem Vorschlag über durchzuführende Fahreraktionen.

Darya Popiv 01. 02. 2012

### Potential eines virtuellen Fahrerplatzmodells in der Fahrzeugkonzeptentwicklung

Das virtuelle Fahrerplatzmodell ist ein immersives VR-Werkzeug zur ergonomischen Konzeptionierung eines Fahrzeuginnenraums. Das neuartige Untersuchungsmedium wird in mehreren experimentellen Studien hinsichtlich seiner Einsetzbarkeit in frühen Phasen der Konzeptentwicklung bewertet und gleichzeitig das Optimierungspotenzial aufgezeigt. Zusätzlich wird die Methodik der Perzentilsimulation vorge-

stellt. Ziel dieser Simulationsmethodik ist es den Anwender in die Perspektive eines beliebigen Körperperzentils hinein zu versetzen und ihn einen virtuellen Fahrzeuginnenraum aus genau dieser Perspektive erleben zu lassen.

Michael Gerhard Riedl 21. 03. 2012

# Herzlich Willkommen am Lehrstuhl für Ergonomie

Wir stellen Ihnen hier Kolleginnen und Kollegen vor, die wir als neue Mitarbeiter herzlich begrüßen:



Frau Antonia S. Conti ist seit August 2011 als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Ergonomie tätig. Sie kommt aus New York, USA und machte von 2002 bis 2006 ihren B.Sc. in Psychologie und Philosophie am Manhattan College (Riverdale, New York). Ende 2009 wechselte Sie nach München an die LMU, wo Sie 2011 ihren M.Sc. in Neurokognitive Psychologie abschloss. Hier am LFE ist Ihr Hauptthema Kognitive Belastung und deren Messung.



Herr Dipl.-Ing. Martin Götze verstärkt seit Anfang 2012 das Team des Lehrstuhls für Ergonomie (LfE) als wissenschaftlicher Mitarbeiter. Er studierte Maschinenbau und Management an der TU München und absolvierte nach zwei Semesterarbeiten auch seine Diplomarbeit am Lehrstuhl und setzte dadurch den Grundstein für seinen Fokus auf die Ergonomie. Während er durch seine ersten Arbeiten einen Einblick in verschiedene Bereiche der menschlichen Zuverlässigkeit sowie Systemergonomie gewinnen konnte, untersuchte er in seiner Diplomarbeit abschließend die Auswirkungen von akustischen Reizen auf den Menschen in einer Mensch-Roboter-Interaktion. Mit diesem Themenbereich der Mensch-Maschine-Interaktion (MMI) wird er sich im größeren Rahmen schwerpunktmäßig die nächsten Jahre in verschiedenen Projekten wie u.a. UR:BAN beschäftigen. Aktuell arbeitet er in kleineren Projekten mit diversen Tools zur Beurteilung von menschlichen Reaktionen in dieser MMI auf verschiedene externe Ereignisse.



Herr Dipl.-Ing. Christian Gold ist seit Mai 2012 als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Ergonomie tätig. Er studierte Fahrzeug- und Motorenmechanik an der Technischen Universität München. Im Rahmen einer Semesterarbeit evaluierte er im Fahrsimulator eine Automationsgradumschaltung mittels Anfassdruck und führte während seiner Diplomarbeit Fahrversuche durch, die der Erfassung kundenorientierter Wahrnehmungsschwerpunkte des Antriebs von Kraftfahrzeugen dienten.

Aktuell beschäftigt sich Herr Gold in einem Kooperationsprojekt zwischen verschiedenen Lehrstühlen und einem Automobilhersteller mit der Identifikation relevanter Kenngrößen zur Detektion riskanten Fahrverhaltens.



Frau Doris Herold ist seit 01.10.2011 als Sekretärin am Lehrstuhl für Ergonomie tätig. Sie ist somit Nachfolgerin von Fr. Dr. Hüther, die nach Garching-Hochbrück wechselte. Zu Ihren Aufgaben gehören die Bearbeitung von Rechnungen und die Prüfung von Zahlungsvorgängen in SAP, die allgemeine Verwaltung und Organisation im Bereich Sekretariat sowie Korrespondenz und Vorbereitung von Reisekostenabrechnungen und Personalverträgen.



Herr Dipl.-Ing. Pitarn Hiamtoe arbeitet seit März 2012 als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Ergonomie. Er kommt aus Thailand. Seit 2000 hat er ein Stipendium von der königlich thailändischen Regierung bekommen und absolvierte im Jahr 2008 sein Maschinenbaustudium an der Technischen Universität München mit dem Studiengang Entwicklung und Konstruktion und mit den Schwerpunkten Fahrzeugtechnik und Systematische Produktentwicklung. Zwischen 2009-2011 war er interner Doktorand bei BMW in der Fachabteilung Konzept Karosserie und beschäftigte sich mit dem Thema Objektivierung des Raumgefühls im Kraftfahrzeug.

Herr Hiamtoe ist derzeit in das BMW-Projekt eingebunden. Hierbei werden Konzepte für Seitenschutzsysteme im Innenraum bearbeitet und unter dem Aspekt des Innenraumangebots Raumgefühls und der Ergonomie untersucht.



Herr Dipl.-Ing. Paul Kirchner ist seit Februar 2012 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Ergonomie. Er studierte Elektro- und Informationstechnik an der TUM mit dem Schwerpunkt Mechatronik. Sein ausgeprägtes Luftfahrtinteresse brachte ihn im Zuge seiner Diplomarbeit mit dem Thema „Simulatorversuch zum Einfluss von Müdigkeit und Trainiertheit auf manuelle Flugfähigkeiten von Linienpiloten“ an den LfE. Im Anschluss an seine Abschlussarbeit ist er dort weiterhin mit der Analyse und Auswertung der im Rahmen des SaMSys-Forschungsprojekts (Safety Management System) gewonnenen Daten beschäftigt. Ziel des Projekts ist die Bewertung von Risiken und deren Abwehrmaßnahmen im Luftverkehr unter dem Gesichtspunkt der Identifikation leistungsbeeinflussender Faktoren.



Christian Lehsing ist seit Dezember 2011 als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Ergonomie tätig. Er studierte von 2001 bis 2006 in Magdeburg Wirtschaftsingenieurwesen Maschinenbau mit dem Schwerpunkt Produktionstechnik. Seine Diplomarbeit verfasste er bei der Unilever Deutschland GmbH im Werk Mannheim, wo er, im Hinblick auf eine effektivere Instandhaltung, die fehlerfreie Betriebsführung der Stanzeinrichtung untersuchte.

Im Anschluss an eine Weiterbildung zum Manufacturing Engineer Luftfahrt in Hamburg und Pfaffenholz sammelte er durch seine Tätigkeit als Projektengineer in der Energiebranche bereits wertvolle Erfahrungen in der Wirtschaft.

Mit dem kürzlich beendeten Masterstudium Human Factors an der Technischen Universität Berlin untermauert er zusätzlich seine Interessenschwerpunkte Ingenieurwesen und Psychologie. In Zusammenarbeit mit EADS Innovation Works in Hamburg befasste er sich im Rahmen seiner Abschlussarbeit mit der Simulation Fidelity von Flugsimulatoren. Der Fokus lag dabei einerseits auf den Effekten der Konzepte Simulation Fidelity, Sense of Presence und Immersion auf das Workload und andererseits auf adäquaten Erhebungsmethoden zu diesen Konzepten.

Herr Lehsing wird am Lehrstuhl schwerpunktmäßig im Projekt UR:BAN tätig werden. Er wird die Vernetzung von Fahrsimulatoren vorantreiben und die Möglichkeiten der Einbindung von Fußgängern konkretisieren.



Dr. Cristina Olaverri Monreal arbeitet am Lehrstuhl für Ergonomie seit Januar 2012. Nach einem Studium der Computerlinguistik, Informatik und Phonetik an der Ludwig-Maximilians-Universität (LMU) erlangte sie im Jahr 2006 ihre Promotion in Zusammenarbeit mit BMW, Forschung und Technik, im

Bereich der Mensch-Maschine Interaktion. Hierbei zeigte sie mögliche Vorteile einer internationalisierten Programmierung eines Fahrerinformationssystems (FIS) für eine spätere Lokalisierung der Menüstruktur.

Vor ihrem Antritt am Lehrstuhl für Ergonomie verbrachte sie 2 Jahre als wissenschaftliche Mitarbeiterin in Instituto de Telecomunicações, (Associate Laboratory, University of Porto) im Bereich der Vehicular Ad Hoc Networking (VANET)-Technologie. Von 2005 bis 2008 arbeitete sie in den Vereinigten Staaten unter anderem für „Lionbridge Technologies“ in Boulder als „XML/Localization/Internationalization lead“, Projekt Leitung für technischer Software Dokumentation.

Derzeit konzentriert sich Ihre Forschung auf die ergonomischen Aspekte, innovativer Informationssysteme, insbesondere im Zusammenhang mit der Konzeptgestaltung von Kundenerlebnissen in automotivem Bereich.



Frau Dipl.-Ing. Claudia Sedlmeier verstärkt seit September 2011 als wissenschaftliche Mitarbeiterin das Team am Lehrstuhl für Ergonomie. Sie studierte Maschinenwesen mit den Schwerpunkten „Luftfahrttechnik“ und „Produktionsmanagement“ an der Technischen Universität München. In ihrer Diplomarbeit untersuchte Frau Sedlmeier den Einfluss der Sitzabstände in Flugzeugen auf das Wohlbefinden der Passagiere.

Zudem beschäftigte sie sich mit der Frage, welche Haltungsänderungen auf einem Flugzeugsitz in Abhängigkeit von Zeit und Sitzabstand festzustellen sind. Im Rahmen ihrer Tätigkeit am Lehrstuhl für Ergonomie setzt sich Frau Sedlmeier schwerpunktmäßig mit anthropometrischen Fragestellungen und dem Thema Sitzkomfort auseinander.



Paul Stuke ist seit Februar 2012 über TUM Create indirekter Mitarbeiter am Lehrstuhl für Ergonomie. Der Sitz der Forschungsfirma TUM Create ist Singapur und Herr Stuke hat demnach seinen Hauptarbeitsplatz über große Teile des Jahres in Asien. Durch die enge Zusammenarbeit zwischen TUM und

TUM Create ist pro Jahr ein ein bis zweimaliger Aufenthalt der Mitarbeiter an den jeweiligen Lehrstuhl erwünscht. Seine Ausbildung zum Dipl.-Ing. Maschinenbau absolvierte Herr Stuke an der TUM mit den Vertiefungen Fahrzeugtechnik und Thermo-Fluid-Dynamik. Die Diplomarbeit über Energiewandlungskonzepte zur Reichweitenerhöhung von Elektrofahrzeugen schrieb er bei der BMW Forschung und Technik GmbH. Nach dem Studium war er für 1.5 Jahre als

Externer Mitarbeiter bei der BMW AG im Bereich Wärmemanagement für elektrifizierte Antriebe tätig.

Bei TUM Create ist er für die Themen Klimatisierung/Wärmemanagement und Ergonomie in der Entwicklung eines Elektrofahrzeuges zuständig. Hauptthema seiner wissenschaftlichen Arbeit sind Klimakomfort und thermische Sensibilität des Menschen.



Herr Dipl.-Ing. Thomas Weißgerber arbeitet seit November 2011 als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Ergonomie. Er absolvierte sein Maschinenbaustudium an der Technischen Universität München mit den Schwerpunkten Ergonomie und Systematische Produktentwicklung.

In zwei Semesterarbeiten beschäftigte er sich thematisch mit einer Probandenstudie zur Sitzdruckverteilung in einem Autositz und mit der Bewertung eines Anzeigen- und Bedienkonzeptes für PKW.

Zuletzt führte er im Rahmen seiner Diplomarbeit eine Simulatorstudie zur Erprobung eines kontaktanalogen Head-Up Displays im Bereich des hochautomatisierten Fahrens durch. Herr Weißgerber ist derzeit in das DFG-Projekt H-Mode2KFF eingebunden. Hierbei werden Fahrer-Fahrzeug-Interaktionskonzepte auf eine kooperative Fahrzeugführung zugeschnitten und unter dem Aspekt der Kontrollierbarkeit untersucht.



Herr Dipl.-Ing. Matthias Wiedemann ist seit November 2011 als externer Doktorand der AUDI AG am Lehrstuhl für Ergonomie. Sein Maschinenbaustudium absolvierte er an der TU München mit den Fachmodulen Fahrzeugtechnik und Ergonomie. Im Rahmen seiner Studienarbeiten setzte er sich mit ergonomischen Fragestellungen wie der Innenraumauslegung des Elektrofahrzeugs MUTE auseinander. Während seiner Diplomarbeit am LfE analysierte er die Auswirkung sichtbestimmender Faktoren auf Sitzpositionen im Fahrzeug. Herr Wiedemanns Promotionsprojekt behandelt die Erlebbarkeit von Simulationen. Der Fokus der Arbeit liegt dabei auf dem Einsatz virtueller Darstellungsformen zur Absicherung von Fahrzeugeigenschaften.

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:

**Martin Brenner, Lisa Diwischek, Florian Engstler und Daniel Lorenz.**

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

## Interessante Eindrücke in der Flugwerft Oberschleissheim

Unser Ausflug zur Flugwerft in Oberschleissheim war ein informativer und interessanter Rundgang durch die Zeiten. Wir wurden durch die Zeit der ersten Flugversuche bis hin zu aktuellen Flugzeugen geführt. Nach einem gemütlichen Mittagessen und ein bisschen Verweilen an den sonnigen Plätzen gab es noch einen Spaziergang am nahegelegenen Schlosspark Oberschleissheim.



## Besinnlichkeit am Lehrstuhl für Ergonomie

Am 9. Dezember 2012 lud der Lehrstuhl für Ergonomie alle Mitarbeiter und Ehemaligen zur alljährigen besinnlichen Weihnachtsfeier.

Anregend duftender Glühwein und ausgesuchte kulinarische Köstlichkeiten versetzten uns in den Zustand heiterer Besinnlichkeit und bereiteten uns die richtige Weihnachtsstimmung.



