

Editorial

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



in dieser *Ergonomie aktuell* präsentieren wir Ihnen Forschungsarbeiten, die sehr eindrucksvolle Fortschritte im Bereich der digitalen Menschmodelle und deren Einsatz bei der Gestaltung des Fahrerarbeitsplatzes zeigen. Einige der Artikel konzentrieren sich auf Lösungen für Nutzer mit Einschränkungen und besonderen Anforderungen und liefern konkrete Lösungen für den Alltag.

Darüber hinaus finden sie Beiträge, in denen die Autoren Lösungen für zukünftige Mensch-Maschine Interaktionen vorstellen. Kooperation zwischen Mensch und Roboter und Blicksteuerung sind hier nur Beispiele. Auch wenn mittlerweile fast jeder von uns mindestens ein Gerät mit Touchscreen besitzt, werden wir uns in einem unserer neuen Projekte mit den „Spielregeln“ für ergonomisch gestaltete Touchinteraktion beschäftigen.

Das Usability Labor wurde um weitere Methoden zur Bewertung der Fahrerablenkung ergänzt, die im Zusammenhang mit aktuellen ISO Aktivitäten die Thematik der kognitiven Beanspruchung adressieren.

Unsere Ergebnisse stoßen also auf breites Interesse - das zeigt die eindrucksvolle Liste der Preisträger und Publikationen der wissenschaftlichen Mitarbeiter - und erfreulicherweise konnten auch im zurückliegenden Jahr zahlreiche neue Projekte gestartet werden. Sie werden also wieder neue MitarbeiterInnen in dieser Ausgabe finden. Allerdings verabschieden wir uns mit diesem Heft auch von Herrn Werner Zopf, der über viele Jahre hinweg das Gesicht des Lehrstuhls für Ergonomie geprägt hat.

Herr Dr. Müller, der mit seinen Veranstaltungen in der Lehrerbildung Maßstäbe gesetzt hat, wechselt ebenfalls wohlverdient in den Ruhestand.

Auch im Namen meines Vorgängers Professor Dr. H. Bubb bedanke ich mich an dieser Stelle bei beiden für ihren Einsatz am Lehrstuhl für Ergonomie.

Ganz besonders möchte ich Sie auf den neu gestalteten Webaustritt hinweisen und danke vor allem beiden Mitarbeitern, die an dieser Stelle im Hintergrund Hervorragendes geleistet haben.

Das LfE Team und mich würde es freuen, wenn diese Ausgabe der *Ergonomie aktuell* Sie neugierig gemacht hat und wir Sie in Garching am Lehrstuhl begrüßen können.

Wir wünschen Ihnen viel Freude bei der Lektüre.

Ihr



Klaus Bengler

„Projekte im Zieleinlauf und an der Startlinie“

Prof. Dr. phil. Klaus Bengler

Editorial

DHErgo-funktionale Daten für digitale Menschmodelle

F. Günzkofer, F. Engstler 2

AnthroVis

N. P. Randt, I. J.-Fraczek 5

Experimentelle Entwicklung ergonomisch gestalteter Mensch-Roboter-Kooperationen

D. Bortot, K. Bengler 9

Vorraussetzungen für den Einsatz variabler und virtueller Fahrerplatzmodelle zur Absicherung ergonomischer Belange im Fahrzeugentwicklungsprozess

D. Lorenz 12

Wünsche und Forderungen älterer Fahrzeugführer an aktuelle Serienfahrzeuge

M. Brenner, K. Bengler, H. Bubb 15

Systematische Modellierung des zukünftigen Unterstützungspotentials im Straßenverkehr

N. Trübswetter 18

CAR@TUM-Projekt Kundenerlebnis

L. Diwischek 20

Das Usability-Labor am Lehrstuhl für Ergonomie

A. Haselbeck, M. Seitz, M. Kohlmann, S. Popova, M. Krause, A. Eichinger 21

Blickgesteuerte Interaktion mit Peripheriegeräten

J. Breuning 24

Haptische Konstanzleistung bei Drucktastern

M. Kühner, J. Wild, H. Bubb 28

Technische Systeme für Menschen mit Leistungseinschränkungen

K. Biersack, H. Rausch 33

MUtE

K. Dlugosch, F. Kremser 34

Neue Projekte 38

IEHF, TÜV Visiting, SinoGerman 41

Veröffentlichungen des LfE 42

Dissertationen 44

Ehrungen / Preise / Veranstaltungen 46

Wer ist neu am LfE ? 48

Rückblick 50

Kurzbeschreibung DHErgo

Das europäische Forschungsprojekt DHErgo (www.dhergo.org) verfolgt die Weiterentwicklung digitaler Menschmodelle für einen Einsatz bereits in den frühen Phasen der Produktentwicklung (Engstler und Günzkofer, 2010). Zuverlässige Aussagen in der Produktauslegung hängen entscheidend von der Genauigkeit der Simulation des Menschen in Bezug auf anthropometrische und physische Daten sowie den resultierenden Empfindungen ab. Bisherige Menschmodelle repräsentieren die äußere Hülle des Menschen zumeist hinreichend genau, verfügen jedoch nicht über detaillierte physische Fähigkeiten (Kräfte, Bewegungsräume) und Diskomfortprognosen. Hierfür werden in DHErgo akkurate Messungen von haltungsabhängigen Gelenkmomenten und Bewegungsräumen bei Berücksichtigung biomechanischer Abhängigkeiten durchgeführt, wobei der Diskomfort in allen Fällen mit erhoben wird. Da funktionale Daten einer altersabhängigen Degradation sowie geschlechtsinduzierten Unterschieden unterworfen sind, werden vier Probandengruppen (junge und alte Männer, junge und alte Frauen) verwendet.

DHErgo geht über den rein statischen Fall hinaus und betrachtet die Prognose dynamischer Vorgänge und der dabei auftretenden Kräfte und Bewegungen. Hierfür werden zielgerichtete Bewegungen (z.B. Kupplung drücken) mit einem Bewegungserfassungssystem aufgezeichnet mit einem neuartigen Rekonstruktionsprozess weiterverarbeitet. Zur Erhöhung der Genauigkeit wird ein Standardmenschmodell an die Versuchsperson angepasst. Diese Individualisierung erlaubt eine verbesserte Rekonstruktion der Bewegung durch inverse Kinematik des Mehrkörpersystems Mensch. Im weiteren Schritt erfolgt durch inverse Dynamik die Ermittlung der die Bewegung verursachenden Gelenkmomente. Ein Vergleich der auftretenden mit den maximal möglichen Drehmomenten sowie ein Vergleich der Gelenkwinkel mit den Bewegungsgrenzen ermöglichen eine Diskomfortprognose.

Weiterhin ermöglicht eine Aufnahme von aufgabenspezifischen Bewegungen die Identifikation von unterschiedlichen Bewegungsstrategien. Darüber hinaus werden die Bewegungen nach weiterer Auswertung als Input für eine datenbankbasierte Bewegungssimulation verwendet. Durch die Anpassung der aufgezeichneten „Normbewegung“ an veränderte Umweltbedingungen und Anthropometrien, können Bewegungen und der daraus resultierende Diskomfort für noch nicht existente Geometrien simuliert werden.

Der Schwerpunkt der Aktivitäten am Lehrstuhl für Ergonomie besteht in Maximalkraftmessungen und Beweglichkeitsversuchen.

Erfassung von Bewegungen und Rekonstruktion von Körperkräften und -momenten

Um die oben beschriebenen Ziele zu erreichen, müssen Körperhaltungen, -bewegungen und -kräfte möglichst genau ermittelt werden. Daher ist ein wichtiger Baustein des Projekts die Entwicklung eines Verfahrens zur Erfassung menschlicher Bewegungen, das in seiner Genauigkeit die etablierten Methoden übertrifft. Dazu wird ein Bewegungserfassungssystem der Firma Vicon eingesetzt, welches die Position

reflektierender Marker im Raum sehr genau erfassen kann. In allen Versuchen werden zunächst Marker an den Probanden angebracht und definierte anatomische Landmarken der Probanden palpirt (angetastet), um Ihre genaue Lage zu vermessen. Mit diesen Informationen und einem Satz von 40 manuell gemessenen Körpermaßen kann nun ein sehr genaues anatomisches Modell des Probanden erstellt werden. Werden nun während der Versuche die Bewegungen der Marker erfasst, kann durch die Berechnung inverser Kinematik auf die Skelettbewegung des Probanden zurückgeschlossen werden. Abb. 1 zeigt diesen Prozess am Beispiel einer Beinbewegung.

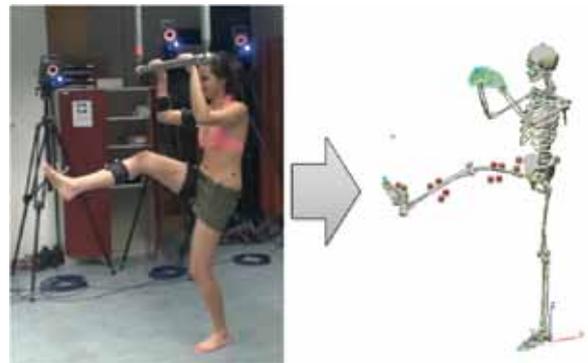


Abb. 1: Rekonstruktion einer Beinbewegung (Quelle LfE)

Über die Kenntnis von Körperteilgewichten, Geschwindigkeiten und Beschleunigungen können nun durch Methoden der inversen Dynamik die für die Bewegung nötigen Gelenkmomente und die in den Gelenken wirkenden Kräfte berechnet werden. Werden zusätzlich die an die Umgebung abgegebenen Kräfte und Momente gemessen, können auch diese berücksichtigt werden, was zum Teil bei den Messungen der Maximalmomente durchgeführt wurde.

DHErgo-Demonstrator

Um die gemessenen Bewegungen und Kräfte für den Anwender digitaler Menschmodelle nutzbar zu machen, entsteht parallel ein Software-Demonstrator, der alle experimentellen Daten des Projekts integriert. So können gemessene Bewegungen visualisiert und in den Kontext einer CAD-Umgebung gebracht werden. Darüber hinaus wird die Simulation bestimmter fahrzeugbezogener Aktionen wie Treten von Pedalen und Betätigen des Handbremshebels ermöglicht. Der Demonstrator basiert auf dem digitalen Menschmodell RAMSIS der Firma Human Solutions GmbH, das in der Automobilindustrie weltweit große Verbreitung findet.

Messung maximaler Bewegungsräume

Für eine Simulation menschlicher Bewegungen und Kräfte sind Kenntnisse über die maximal möglichen Bewegungsräume erforderlich. Daher wurden mit dem DHErgo-Probandenkollektiv umfangreiche Beweglichkeitsmessungen durchgeführt. Besonderes Augenmerk wurde dabei auf die

Abhängigkeit zwischen benachbarten Gelenken und deren Einfluss aufeinander gelegt. Diese Abhängigkeiten entstehen durch Muskeln, die mehrere Gelenke überstreichen (sog. biartikuläre Muskeln). So hängt beispielsweise die maximal erreichbare Hüftbeugung stark vom aktuellen Kniewinkel ab. Dieser und andere Zusammenhänge wurden untersucht und mathematisch modelliert (Engstler et al. 2011). Abb. 2 zeigt den Zusammenhang des oben genannten Beispiels. In Abhängigkeit des Kniebeugewinkels kann damit der maximal erreichbare Hüftbeugewinkel bestimmt werden.

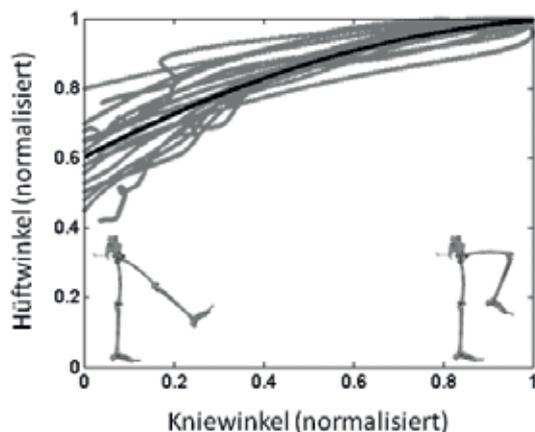


Abb. 2: Zusammenhang zwischen maximaler Beweglichkeit von Hüfte und Knie und zugehörige Gelenkstellung (Quelle LfE)

Gelenkmomente

Eine Vorhersage der maximal möglichen Kraft in einer bestimmten Haltung erfordert Kenntnisse über den Zusammenhang zwischen Gelenkmoment und Gelenkwinkel (Schwarz, 1997). In den meisten Fällen ermöglicht ein Muskel unterschiedliche Bewegungsrichtungen, z.B. der m. biceps brachii ist an Ellbogenbeugung sowie Außendrehung des Unterarms beteiligt. Daher müssen gegebenenfalls weitere Winkelstellungen desselben Gelenks berücksichtigt werden. Bei Beteiligung biartikularer Muskeln haben weiterhin die Gelenkwinkel benachbarter Gelenke signifikanten Einfluss. Dies resultiert in einer enormen Vielzahl an notwendigen Messpositionen für eine akkurate Modellierung. Aus diesem Grund wurden am Lehrstuhl für Ergonomie nur 18 Versuchspersonen (20 Versuchstage pro VP) vermessen. Die isometrischen Gelenkmomentenmessungen wurden nach der Plateaumethode gemäß Kumar (2004) durchgeführt.

Im Folgenden werden exemplarisch Ergebnisse der Kniestreckungs- und Ellbogenbeugungsversuche angeführt.

Knieextension

Bei Versuchen zur Kniestreckung ist eine Variation des Kniebeugewinkels, der Knierotation und des Hüftwinkels zu beachten (Günzkofer et al., 2011a). Vorversuche, in welchen sieben Knieflexionswinkel verwendet wurden, haben gezeigt, dass in Übereinstimmung mit der Literatur das Maximum bei 60° liegt. Der Verlauf der Drehmomente von den Gelenk-

winkelgrenzen hin zum Maximum kann jeweils als linear angenommen werden. Daher wurden in den Hauptversuchen (Abb. 3) nur noch drei unterschiedliche Kniewinkel (20°, 60° und 120°) mit drei Hüftwinkeln (0°, 45°, 90°) kombiniert.

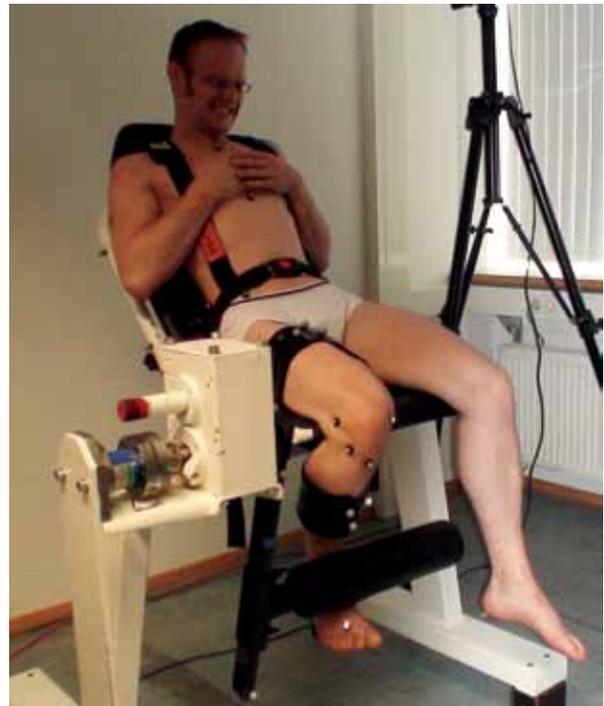


Abb.3: Foto eines Probanden bei einer Knieextension (Quelle LfE)

Die Ergebnisse bei einem Hüftwinkel von 45° sind in Abb.4 dargestellt. Es wird deutlich, dass die Haltungsabhängigkeit der Kraft von der Absolutkraft abhängt. Junge Männer zeigen einen ausgeprägten Abfall von der Mitte des Bewegungsraums hin zu den Gelenkwinkelgrenzen. Je niedriger das Kraftvermögen ist, desto geringer fällt der Abfall aus.

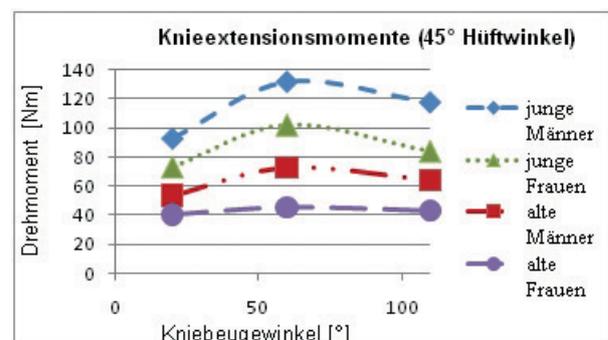


Abb. 4: Ergebnisse der Knieextensionsmomente (Quelle LfE)

Ellbogenflexion

Bei der Ellbogenflexion wurden unterschiedliche Ellbogenflexions-, Unterarmrotations- und Schulterflexionswinkel berücksichtigt (Günzkofer et al., 2011b). Insgesamt haben sich somit pro Proband 62 Messungen ergeben. Zur Variation aller nötigen Parameter wurde eigens eine neue Kraftmessmaschine entwickelt und gefertigt (siehe Abb.5).



Abb. 5: Foto eines Probanden bei einer Ellenbogenflexion (Quelle LfE)

Resultierende Momentenfunktionen wurden durch multiple Regressionen ermittelt. Abb.4 illustriert beispielsweise die Abhängigkeit des Ellbogenflexionsmoments von Schulterflexions- und Ellbogenflexionswinkel junger Männer. Es ist zu erkennen, dass das Maximum bei ca. 90° Ellbogenflexion auftritt. Streckung oder Beugung in Richtung der Gelenkwinkelgrenzen reduziert das Gelenkmoment. Mit zunehmender Schulterflexion (Anheben des Armes) reduziert sich das Moment ebenso. Dieser Effekt nimmt mit steigender Ellbogenflexion zu.

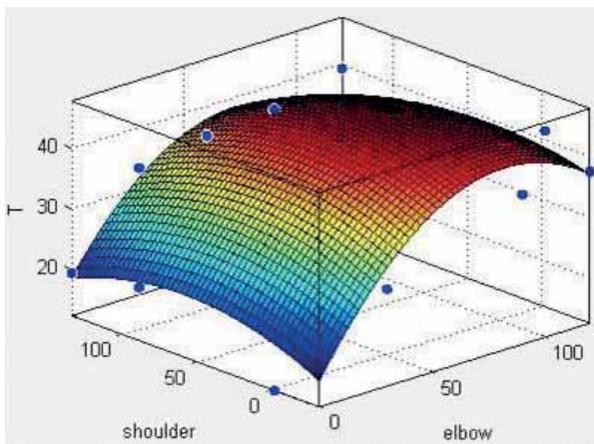


Abb. 6: Ellbogenflexionsmomente junger Männer in Abhängigkeit unterschiedlicher Ellbogenflexions- und Schulterflexionswinkel (Quelle LfE)

Resümee

Im Rahmen des europäischen Forschungsprojektes DHERgo wurden detaillierte funktionale Daten unter Berücksichtigung biomechanischer Abhängigkeiten für digitale Menschmodelle erhoben. Dadurch wird eine genauere Simulation menschlicher physischer Fähigkeiten ermöglicht. Durch die Entwicklung eines verbesserten Verfahrens zur Bewegungskonstruktion konnte die Genauigkeit markerbasierter Bewegungsaufnahmen deutlich gesteigert werden. Ansätze zur Bewegungssimulation tragen dazu bei, digitale Menschmodelle in eine dynamische Ara eintreten zu lassen.

Acknowledgements

The research leading to these results has received funding from the European Community's Seventh Framework Programme (FP7/2007-2013) under grant agreement no 218525.

Fabian Günzkofer, Florian Engstler

Literatur

Engstler, F.; Günzkofer, F. (2010): DHERgo – Mehr Dynamik für digitale Menschmodelle. In: *Ergonomie aktuell* (11), S.5-8

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

Günzkofer, F.; Engstler, F.; Bubb, H.; Bengler, K. (2011a): Joint Torque Modeling of Knee Extension and Flexion. HCl International 2011, Orlando, USA (accepted)

Günzkofer, F.; Engstler, F.; Bubb, H.; Bengler, K. (2011b): Isometric elbow flexion and extension joint torque measurements considering biomechanical aspects. First International Symposium on Digital Human Modeling, Lyon, France (accepted)

Kumar, S.: *Muscle strength*. Boca Raton: CRC Press. (2004)

Schwarz, W.: *3D-Video-tBelastungsanalyse. Ein neuer Ansatz zur Kraft- und Haltungsanalyse*. Als Ms. gedr. Düsseldorf: VDI-Verl. (Fortschritt-Berichte VDIReihe 17, Biotechnik/Medizintechnik, 166). (1997)

AnthroVis

Entwicklung eines Präsentationsprogrammes zur Visualisierung anthropometrischer Anforderungen bei der Arbeitsplatzgestaltung

Motivation und Ziel

Eine – im ergonomischen Sinne – gute Gestaltung eines Arbeitsplatzes erfordert die Berücksichtigung anthropometrischer Daten. Hier stellt sich in der Praxis die große Schwierigkeit im Umgang mit diesen Daten heraus: eine übergroße und damit höchst unübersichtliche Datenmenge steht dem potentiellen Nutzer zur Verfügung. Um seinen Arbeitsaufwand in realistischen Grenzen zu halten, muss er folglich eine Auswahl treffen.

Aus dieser Problematik ergibt sich die Forderung, dem Gestalter eines Arbeitsplatzes ein geeignetes Hilfsmittel an die Hand zu geben. Motiviert durch diese Forderung wurde im Rahmen einer konstruktiven Semesterarbeit am Lehrstuhl für Ergonomie der Technischen Universität München das Präsentationsprogramm AnthroVis entwickelt, welches das Ziel verfolgt, durch bildhafte und tabellarische Darstellung anthropometrischer Daten einem Benutzer den Zutritt auf die Daten zu erleichtern. Besonderes Augenmerk wird dabei auf die Einfachheit der Bedienung des Programmes gelegt, um gerade bei diesem Gesichtspunkt eine Verbesserung der vorherrschenden Situation zu bewirken.

Der Benutzer soll damit schneller und effizienter auf anthropometrische Daten zugreifen können, als dies durch das Nutzen bisher möglich ist. Zugleich sollen ihm die praktische Anwendung erleichtert und die Wichtigkeit anthropometrischer Daten bei der Arbeitsplatzgestaltung verdeutlicht werden.



Abb. 1: Startmenü von AnthroVis: Auswahl der Benutzersprache

Erläuterung und Anwendung von AnthroVis

Anhand eines Fallbeispiels sollen Anwendungsmöglichkeiten und Eigenschaften von AnthroVis gezeigt werden. Die einzelnen Arbeitspunkte (AP1 bis AP6) dokumentieren schrittweise das Vorgehen bei der Anwendung. Ausgangssituation: Ein Arbeitsplatz in einer Fabrik soll für eine Tätigkeit in stehender, aufrechter Körperhaltung ausgelegt werden. Hierzu soll sowohl der Zugangsraum als auch der Bewegungsbereich des dort tätig werdenden Mitarbeiters bestimmt werden. Bei der Gestaltung soll sichergestellt werden, dass der Mitarbeiter seine Arbeitsmittel sicher und bequem erreichen kann und dass er keine Krampf- und Fehlhaltungen seines Körpers einnehmen muss. Die Fabrik befindet sich in Frankreich. Daher ist die Nutzerpopulation festgelegt, nur französische anthropometrische Daten sollen die Grundlage der Gestaltung sein.

AP1: AnthroVis wird in der Umgebung von Microsoft Access geöffnet. Der Benutzer wird im Startmenü des Programmes zunächst aufgefordert, eine Sprache auszuwählen (Abbildung 1).

AP2: Nach der Auswahl der Benutzersprache öffnet sich das Hauptmenü von AnthroVis (Abbildung 2). Es gibt Hinweise auf die verfügbaren Bereiche der Auslegung verschiedener Arbeitstypen, zu denen das Programm Daten anbietet .



Abb. 2: Hauptmenü von AnthroVis; fünf verschiedene Anwendungsbereiche sind auswählbar

Das Hauptmenü bietet neben der Beschreibung der einzelnen Bereiche auch abstrahierte Abbildungen unter Nutzung des digitalen Menschmodells RAMSIS (Rechnergestütztes Anthropometrisch Mathematisches System zur Insassen-Simulation, Human Solutions GmbH) an, die den Dateninhalt des entsprechenden Bereiches illustrieren. Außerdem ist hier die Kopfzeile zu beachten. Sie ist in allen Formularen von AnthroVis identisch. Der Benutzer kann hier zu jedem Zeitpunkt die Sprache durch Klick auf die entsprechende Landesflagge ändern.

AP3: Das in Abbildung 3 dargestellte Formular öffnet sich. Es bietet dem Benutzer die Möglichkeit, neben den für diesen Bereich bedeutsamen internationalen, anthropometrischen Daten auch Gestaltungsrichtlinien gemäß der europäischen Norm EN 547-1 (Jahr 2008) einzusehen und diese auf seine Gestaltungsaufgabe anzuwenden. Es ist auch erkennbar, dass AnthroVis in seiner aktuellen Version über anthropometrische Daten der europäischen, deutschen (DIN 33402-2, 2005), französischen (EN 547-3, 2008), taiwanesischen (Wang, M.J.; Wang, M.Y.; Lin, Y.C., 2002) und japanischen Bevölkerung (Forschungsbericht, Tokio 2003) verfügt.

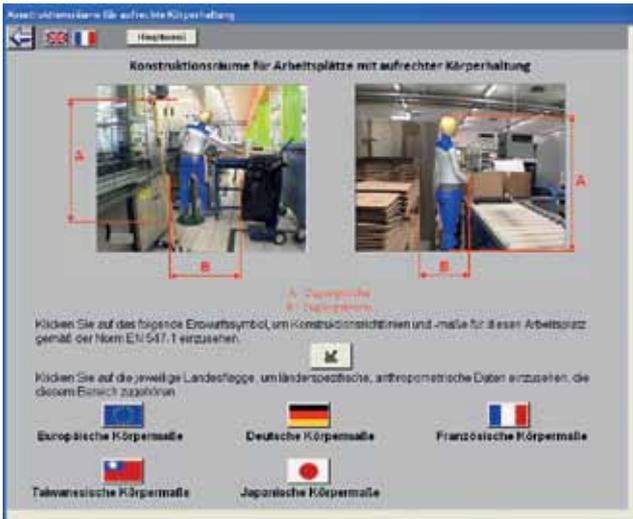


Abb. 3: Formular des Bereiches „Konstruktionsräume für Arbeitsplätze mit aufrechter Körperhaltung“

Zunächst soll der Zugangsraum des Arbeitsplatzes bestimmt werden. Daher wird der Menüpunkt „Konstruktionsräume für aufrechte Körperhaltung“ ausgewählt.

AP4: Die Gestaltungsrichtlinien für den Zugang zu dem Arbeitsplatz sollen nun angezeigt werden. Hierzu ist ein Klick auf das Entwurfssymbol des Formulars in Abbildung 3 nötig. Es öffnet sich ein neues Formular und stellt die Richtlinien in Formeln und Abbildungen dar (Abbildung 4).

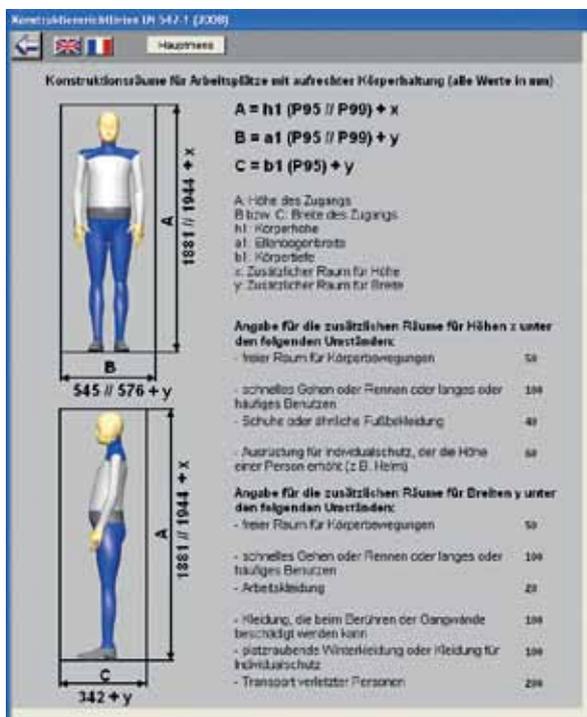


Abb. 4: Formular für die Darstellung der Konstruktionsrichtlinien im Bereich „Konstruktionsräume für Arbeitsplätze mit aufrechter Körperhaltung“

Höhe und Breite des Konstruktionsraumes können mit den angegebenen Formeln berechnet werden. Außerdem sind die entsprechenden Werte in Millimeter bereits in den Abbildungen angegeben. Hierbei gilt, dass sich diese Werte auf anthropometrische Daten der europäischen Bevölkerung beziehen, wie sie in der europäischen Norm 547-1 des Jahres

2008 vorhanden sind. Wünscht der Benutzer, die Konstruktionsräume unter Berücksichtigung einer anderen Bevölkerung auszulegen, so kann er die hierfür benötigten, anthropometrischen Daten in den Datenbeständen von AnthroVis finden.

AP5: In diesem Beispiel soll der Arbeitsplatz nicht für eine europäische, sondern eine rein französische Belegschaft konzipiert werden. Daher sind die für die eben beschriebenen Gestaltungsrichtlinien erforderlichen, anthropometrischen Daten im Datenbestand der französischen Bevölkerung zu verwenden:

Das in Abbildung 4 dargestellte Formular wird durch Klicken auf den im Formulkopf befindlichen Pfeil geschlossen. Auf dem nun wieder sichtbaren Formular (Abbildung 3) wird anschließend durch Klick auf die französische Landesflagge ein neues Formular geöffnet. Dieses enthält alle anthropometrischen Daten der französischen Bevölkerung, die für die Auslegung des Konstruktionsraumes eines Arbeitsplatzes mit stehender Körperhaltung erforderlich sind. Wie in Abbildung 5 gezeigt, sind die Werte in tabellarischer Form dargestellt.



Abb. 5: Formular für die Darstellung der französischen, anthropometrischen Daten im Bereich „Konstruktionsräume für aufrechte Körperhaltung“

Ihre Kurzbezeichnungen und Definitionen sind durch das RAMSIS Modell illustriert. Kurzbezeichnungen und Definitionen sind identisch mit denen in den Gestaltungsrichtlinien (s. AP4).

Um nun die Höhe A des Konstruktionsraumes unter Berücksichtigung der französischen, anthropometrischen Daten bestimmen zu können, wird das Maß h1 (Körperhöhe, französische Bevölkerung) benötigt. Hier wird entweder der Wert des 95. oder des 99. Perzentils herangezogen. A lässt sich mit der Formel

$$A = h1 (P95) + x \quad \text{oder} \quad A = h1 (P99) + x \quad (3.1)$$

bestimmen. Hier wird nun das Maß des 95. Perzentil-Mannes verwendet. Man erhält so

$$A = 1850 \text{ mm} + x \quad (3.2)$$

wobei mit x ein situationsabhängiger Parameter für ein Aufmaß festgelegt wird, deren Wert der Tabelle des Formulars aus Abbildung 4 entnommen werden kann. In diesem Beispiel kann der Parameter x mit

$$x = 50 \text{ mm} + 40 \text{ mm} \quad (3.3)$$

festgelegt werden, wobei 50 mm für den freien Raum für Körperbewegungen und 40 mm für Schuhe oder ähnliche Fußbekleidung vorgesehen wird. Schließlich ergibt sich

$$A=1940 \text{ mm} \quad (3.4)$$

Damit ist die Mindesthöhe des auszulegenden Arbeitsplatzes bestimmt, wobei die Körpermaße der französischen Bevölkerung berücksichtigt wurden.

Auf ähnliche Weise wird verfahren, um die Breite B zu bestimmen. Hier erhält man

$$B=505 \text{ mm}+50 \text{ mm}+20 \text{ mm}=575 \text{ mm} \quad (3.5)$$

Zusätzlich sind zu berücksichtigen: 50 mm für freier Raum für die Körperbewegungen und 20 mm für die Arbeitskleidung.

AP6: Für die Bestimmung des Arbeitsbereichs des Arbeitsplatzes wird der Bereich Bewegungsumfang, stehend ausgewählt, auf den über das Hauptmenü von AnthroVis zugegriffen wird. Das entsprechende Formular zeigt Abbildung 6.



Abb. 6: Formular des Bereiches „Arbeitsbereich, in dem schnelle Bewegungen ausgeführt werden müssen“

Gemäß den diesem Bereich zugehörigen Gestaltungsrichtlinien aus EN 547-1 (Abb. 7) wird das Körpermaß a1 Ellenbogenbreite benötigt. Außerdem soll sich der Mitarbeiter in seinem Bewegungsumfang frei bewegen können und seine Arbeitskleidung während der Tätigkeit tragen.

Der Durchmesser A des Bewegungskreises, in dem der Mitarbeiter frei arbeiten kann, wird aufgrund dieser Forderungen ermittelt

$$A=505 \text{ mm}+100 \text{ mm}+20 \text{ mm}=625 \text{ mm} \quad (3.6)$$

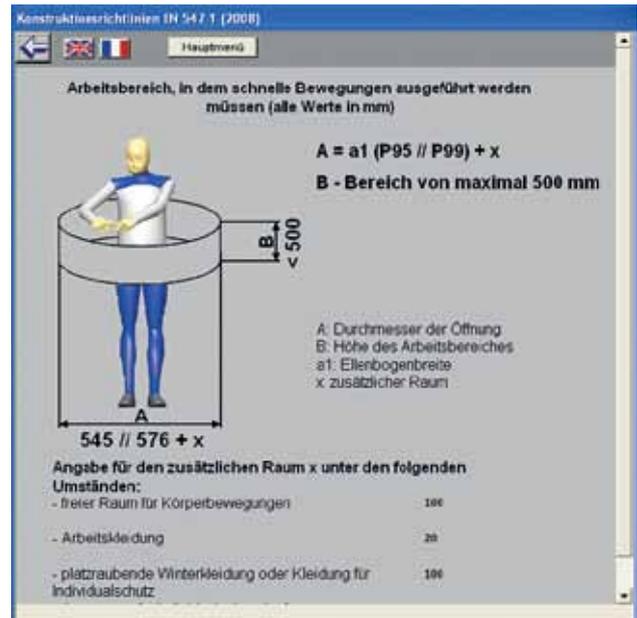


Abb. 7: Formular für die Darstellung der Konstruktionsrichtlinien im Bereich „Arbeitsbereich, in dem schnelle Bewegungen ausgeführt werden müssen“

Damit sind schließlich die gewünschten Konstruktionsräume des Arbeitsplatzes unter Berücksichtigung der französischen, anthropometrischen Daten bestimmt.

Das Beispiel zeigt, wie AnthroVis dem Benutzer auf unkomplizierte und schnelle Weise Hilfestellung bei der Gestaltung von Arbeitsplätzen leisten und ihm hier eine erste Orientierung geben kann.

Der Benutzer hat darüber hinaus die Möglichkeit, auf eine Datenbank mit aktuellen, internationalen, anthropometrischen Daten zurückzugreifen, die in direktem Bezug zu der Gestaltungsaufgabe stehen.

So kann AnthroVis als ein leicht zu bedienendes Werkzeug bei der Arbeitsplatzgestaltung angesehen werden, das mit seinen Datenbeständen und der dreisprachigen Benutzeroberfläche insbesondere für internationale Anwendungsfälle ausgelegt ist.

Integration in EKIDES

Das am Lehrstuhl für Ergonomie der Technischen Universität München entwickelte Wissensmanagementsystem EKIDES (Ergonomics Knowledge and Intelligent Design System, J.-Fraczek et al., 2006) stellt ein umfassendes Werkzeug im Umgang mit ergonomischen Problemstellungen dar. Da AnthroVis mit seinen Funktionen und Daten die Datenbasis und Werkzeugfunktionen dieser Software effektiv ergänzen kann, wurde bereits zum Zeitpunkt der Entwicklung von AnthroVis beschlossen, dass sich das Programm zukünftig in EKIDES eingliedern soll. Dementsprechend wurde AnthroVis eng an die Philosophie von EKIDES bezüglich Informationsdarstellung, Benutzerführung, Mehrsprachigkeit der Benutzeroberfläche, Programmierung und Quellcode angelehnt.

Die zentralen Merkmale der Benutzerführung und Oberfläche können wie folgt zusammengefasst werden und überdecken sich mit EKIDES:

- Darstellung von Information: Dateninhalte werden auf Formularen innerhalb der Umgebung von Microsoft Access wiedergegeben.
- Navigation: Formulare werden durch Klicken auf entsprechende Befehlschaltflächen geöffnet und mittels des Formularkopfes, welcher bei allen Formularen identisch ist, wieder geschlossen.
- Anwendungssprache: Texte und Informationen können in deutscher und englischer Sprache dargestellt werden. Der Benutzer hat die Möglichkeit, zu jedem Zeitpunkt die Anwendungssprache zu ändern (ebenfalls im Formularkopf auswählbar).

In der EKIDES Version 11.04 wurde das dreisprachige Tool AnthroVis eingefügt und ist im Basismodul im Bereich Maße, Kräfte, Bewegungsumfänge, Bewegungszeiten und Konstruktionsfreiräume (Abbildung 8) aufrufbar.



Abb. 8: Konstruktionsfreiräume im EKIDES

Die Konstruktionsfreiräume werden um andere Körperhaltungen (z.B. dynamische Körperhaltungen) nach DIN EN ISO 14738 ergänzt.

Niclas P. Randt, Iwona Jastrzebska-Fraczek

Literaturhinweise

- DIN 33402-2 Ergonomie - Körpermaße des Menschen – Teil 2: Werte, Verlag Beuth, Berlin, 2005-12
- DIN EN ISO 14738 Sicherheit von Maschinen – Anthropometrische Anforderungen an die Gestaltung von Maschinenarbeitsplätzen. Verlag Beuth, Berlin 2009-07
- EN 547 Sicherheit von Maschinen – Körpermaße des Menschen – Französische Fassung, ISSN 0335-3931, 2008-11
Teil 1: Grundlagen zur Bestimmung von Abmessungen für Ganzkörper-Zugänge an Maschinenarbeitsplätzen; EN 547-1,2008-11 (F)
Teil 2: Grundlagen für die Bemessung von Zugangsöffnungen; EN 547-2, 2008-11 (F)
Teil 3: Körpermaßdaten; EN 547-3, 2008-11 (F)
- EN ISO 14738 Sicherheit von Maschinen – Anthropometrische Anforderungen an die Gestaltung von Maschinenarbeitsplätzen, Französische Fassung ISO 14738, 2008 -04 (F)
- Japanische Körpermaße 1992-1994 (Elektronisches Buch), 人間工学基礎データ集 [at. NINGEN SEIKATSU KOU-GAKU KENKYU SENTA], Forschungsbericht, Tokio 2003
- Jastrzebska-Fraczek, I., Schmidtke, H., Bubb, H., Karwowski, W.: Ergonomics Knowledge and Intelligent Design System (EKIDES) - Software Tool for Design, Assessment and Ergonomics Teaching, In: International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors, Second Edition, W. Karwowski (Hrsg.), Taylor & Francis, S.1613-1625, 2006
- Wang, M.J., Wang, M.Y., Lin, Y.C.: Anthropometric Data Book for the Chinese People in Taiwan, Ergonomics Society of Taiwan, ISBN 957-30149-1-2, 2002

Experimentelle Entwicklung ergonomisch gestalteter Mensch-Roboter-Kooperationen

Die Arbeitsform der Mensch-Roboter-Kooperation

Die Arbeitsform der Mensch-Roboter-Kooperation (MRK) ist bis heute in industriellen Anwendungen so gut wie nicht vertreten. Grund dafür sind in erster Linie strikte Sicherheitsauflagen, die den Mitarbeiter vor gesundheitlichen Beeinträchtigungen in Folge möglicher Kollisionen mit dem Roboter schützen. In der jüngeren Vergangenheit sorgten jedoch Änderungen am Normenwerk sowie die Markteinführung neuer Produkte (Sicherheitssysteme wie das SafetyEye von Pilz (<http://www.pilz.de/products/sensors/camera/f/safetyeye/index.jsp>), aber auch neue Roboter wie bspw. der BioRob (<http://www.biorob.de/>)) dafür, dass sich Mensch und Roboter in speziellen Anwendungsszenarien im selben Arbeitsraum ohne physikalische Trennung aufhalten und kooperieren können (Bortot et al. 2011).

Die Vereinigung von Mensch und Roboter in einem gemeinsamen Arbeitsraum zur Erledigung einer gemeinsamen Aufgabe ist sinnvoll, da sich beide Partner hervorragend ergänzen können. So sollen die Schwächen des einen Partners durch die Stärken des anderen kompensiert werden. Abbildung 1 zeigt, inwiefern sich Mensch und Roboter ergänzen und weswegen eine interagierende Zusammenarbeit in Form der MRK einige Vorteile bietet.



Abb. 1: Der zweite Partner kompensiert die Schwächen des ersten Partners (nach Thiernemann 2005).

Die bisher geforderte strikte Trennung von Mensch und Maschine kann nach der Norm DIN EN ISO 10218 aufgehoben werden, wenn die Folgen einer Kollision durch die Konstruktion oder Steuerung hinreichend gering sind (passive Sicherheit), oder die Kollision durch sicherheitsgerichtete Sensoren und Steuerungselemente verhindert wird (aktive Sicherheit).

Kooperationsformen und zugehörige Sicherheitseinrichtungen

Der Begriff der Kooperation muss nicht zwingend eine physikalische Interaktion der beiden Kooperationspartner bedeuten. Verschiedene Arten der Interaktion sind zu differenzieren, die wiederum unterschiedliche Sicherheitseinrichtungen bedingen.

Vorstellbar sind Szenarien, in denen der Roboter dem Menschen ein Bauteil präsentiert und dieser Tätigkeiten am entsprechenden Bauteil durchführt (z. B. Nachbearbeitung, Qualitätssicherung o. Ä.). Dabei muss sich der Mensch dem Roboter nähern können, ohne dass dieser eine Ausweichtrajektorie einschlägt – eine denkbare Reaktion eines Roboters, der einen zu geringen Abstand zwischen sich selbst und einem Menschen verhindern möchte (siehe nachfolgender Abschnitt). Dem Roboter muss demnach signalisiert werden, dass der Mensch bewusst eine Annäherung anstrebt, um mit ihm gleichzeitig an einer gemeinsamen Aufgabe zu arbeiten. Die Sicherheitseinrichtung muss dafür sorgen, dass der Roboter bei einer solchen Annäherung des Menschen in einen sicheren Zustand übergeht (d.h. die Geschwindigkeit reduziert) und somit das Gefährdungspotenzial für den Menschen senkt. Solange dem Roboter Bewegungen gestattet sind und der Mensch in seiner unmittelbaren Nähe arbeitet, besteht die Gefahr von möglichen Kollisionen. Dementsprechend kann die aktive Sicherheit des Menschen nicht mehr gewährleistet werden und er muss durch Maßnahmen der passiven Sicherheit vor Verletzungen geschützt werden. Im Konkreten bedeutet dies die Berücksichtigung tolerabler Kräfte bei auftretenden Kollisionen. Diese müssen in Abhängigkeit des beteiligten Körperteils definiert werden, um der unterschiedlichen Sensibilität des menschlichen Körpers gerecht zu werden. Durch maximal zulässige Geschwindigkeiten und Beschleunigungen des Roboters könnten diese Kräfte minimiert werden. Nach Beendigung der gemeinsamen Arbeiten muss dem System zu verstehen gegeben werden, dass beide Interaktionspartner wieder individuell arbeiten und losgelöst vom Partner agieren. Dies stellt, genau wie der Vorgang der Annäherung an den Roboter, hohe Anforderungen an die Intelligenz der Sensorik und ist ohne entsprechende Bedienelemente im Augenblick noch nicht realisiert.

Arbeiten Roboter und Mensch zwar im gemeinsamen Arbeitsraum, kommt es dabei jedoch nicht zu einer direkten Interaktion der beiden Partner (bspw. durch einen Übergabeprozess eines Bauteils), so kann von der Kooperationsform der Koexistenz gesprochen werden. In diesem Fall ist die Aufgabe des Sicherheitssystems, zu jeder Zeit einen ausreichenden Abstand zwischen Mensch und bewegtem Roboter einzuhalten. Das System muss in diesem Fall nicht erkennen können, ob sich ein Mensch bewusst nähert, da dieser Fall durch die Art der Aufgabe/Kooperation ausgeschlossen ist. Die Sensorik muss demnach so gestaltet sein, dass sie zu jeder Zeit Mensch und Roboter erfasst und bei einem zu geringen Abstand den Roboter in einen sicheren Zustand überführt. Dies kann zuerst durch eine Reduktion der Geschwindigkeit geschehen und muss in letzter Konsequenz, wenn sich der Abstand weiter verringert, zu einem endgültigen Stopp des Roboters führen. Eine Verlangsamung bzw. gar ein Anhalten des Roboters würde jedoch einen Zustand niedriger Produktivität bedeuten. Dies gilt es aus Effizienzgründen zu vermeiden. Der Roboter bliebe in einem Zustand höherer Produktivität,

wenn er eine der menschlichen Bewegung angepasste Trajektorie auswählen würde, d.h. dem Menschen ausweichen würde. Die Sicherheitseinrichtung eines solchen Systems müsste demnach prädiktiv die Bewegungen des Menschen bestimmen und auf dieser Grundlage die Bewegungsbahnen des Roboters planen. Nach diesem Konzept der aktiven Sicherheit müsste sich nicht um Maßnahmen der passiven Sicherheit gekümmert werden, da der Fall einer Kollision gar nicht erst eintreten könnte.

Die beiden geschilderten Kooperationsformen stellen nur einen Auszug aus einer Vielzahl an Möglichkeiten dar, auf die innerhalb dieses Beitrags jedoch nicht weiter eingegangen wird.

Herausforderungen der Ergonomie bei der Entwicklung von Mensch-Roboter-Kooperationen

Die Entwicklung der Arbeitsform MRK zieht mehrere Forschungsschwerpunkte nach sich. Die größten technischen Herausforderungen liegen im Bereich der Sensorik. Der Mensch muss zu jedem Zeitpunkt, im besten Fall markerlos, erkannt werden. Die Erkennung kann auf verschiedene Arten realisiert werden. Kamerabasierte Lösungen kämpfen mit Problemen wie Überdeckungen, toten Winkeln oder dunklen Ecken. Um diesen Problemen zu begegnen und zu bestimmen, wie eine solche Überwachung ausgelegt werden müsste, existieren bereits Prototypen von Softwaretools. Diese berechnen basierend auf einem 3-D-Modell der Fabrikhalle, in dem verschiedene Arbeitsbereiche mit Mensch-Roboter-Kooperationen abgebildet sind, die optimale Anzahl an benötigten Kameras zur vollständigen und sicheren Überwachung der Arbeitsplätze. Das Fraunhofer-Institut für Digitale Medientechnologie (IDMT) Ilmenau entwickelt eine entsprechende Software „Sim4Save“ (KIP 2011).

Andere Lösungen, basierend auf Lichtschranken, Laserscannern oder z. B. auch Ultraschallsensoren, sind denkbar, doch auch hier sind weitere Forschungsarbeiten nötig, bis eine sichere Überwachung realisiert werden kann.

Die wissenschaftlichen Herausforderungen im Bereich der Ergonomie sind in Abbildung 2 ersichtlich.



Abb. 2: Ergonomische Herausforderungen bei der Entwicklung der Arbeitsform MRK.

Schwerpunktmäßig soll dieser Beitrag die Erhöhung der Effizienz des Gesamtsystems durch die Prädiktion menschlicher Bewegungen behandeln (Abb. 2, links). Dabei soll jedoch nicht unerwähnt bleiben, dass Mensch-Roboter-Kooperationen nur dann erfolversprechend in der Produktion eingeführt werden können, wenn sich Ergonomen bei der Entwicklung mit Fragen der Nutzerakzeptanz und der menschlichen Leistungs-

fähigkeit in Anwesenheit eines Industrieroboters beschäftigen haben (Abb. 2, rechts). Wesentliche Kenngrößen wie bspw. die Robotergeschwindigkeit, der Abstand zwischen Mensch und Roboter oder auch der durch die Antriebe des Roboters verursachte auditive Reiz des Roboters müssen bzgl. ihres Einflusses auf die Leistungsfähigkeit des Menschen sowie seine Akzeptanz untersucht werden.

Experimente zur Bestimmung des menschlichen Bewegungsverhaltens in einer Mensch-Roboter-Kooperation

Probandenversuche im Bereich der Kooperation von Menschen und Industrierobotern stellen die Versuchsleiter vor eine große Herausforderung. Im Augenblick existiert noch keine sichere Sensorik, die eine Gefährdung des Menschen ohne trennende Schutzeinrichtung ausschließen kann. Demzufolge muss der Versuchsleiter seine Versuchsdesigns immer so gestalten, dass sich die Probanden auf der einen Seite in einer möglichst realistischen Versuchsumgebung bewegen, also nicht durch physikalische Barrieren vom Roboter getrennt sind, und auf der anderen Seite die Sicherheit der Probanden gewährleistet ist.

Möchte man das Bewegungsverhalten des Menschen um einen bewegten Roboter analysieren, müssen beide im selben Arbeitsraum ohne trennende Schutzeinrichtung tätig sein. Abbildung 3 zeigt einen Versuchsaufbau, in dem eine Schaumstofffatrappe direkt am Tool Center Point (TCP) des Roboters angebracht wurde.



Abb. 3: Schaumstofffatrappe am TCP des Roboters.

Die Schaumstofffatrappe ist mit einer magnetisch definierten Sollbruchstelle versehen, um bei einem Kontakt mit dem Probanden sofort abzufallen und somit die Kollisionskräfte zu verringern. Auf diese Art und Weise können Proband und Roboter im gleichen Arbeitsraum Aufgaben erledigen direkt interagieren, ohne dass die Gefährdung der Probanden zu hoch wäre.

Zur Detektion der Bewegungen des Menschen eignen sich verschiedene Motion-Capturing-Systeme, bspw. das markerbasierte System Vicon, das am Lehrstuhl für Ergonomie im Rahmen der Untersuchungen verwendet wird. Kleine Marker, die an Gelenkpunkten der Probanden angebracht werden,

reflektieren Infrarotimpulse, die von mehreren Kameras ausgesendet werden. Durch Triangulation wird aus den 2D-Aufnahmen der einzelnen Kameras ein dreidimensionales Bild erzeugt. Die Marker und somit dynamische Körperhaltungen (Bewegungen) des Menschen können entsprechend im Raum verfolgt werden.

Versieht man nun auch den Roboterarm (bzw. die Schaumstoffattrappe) mit Markern, können die beiden Interaktionspartner verfolgt und somit typische Kenngrößen beobachtet werden: Geschwindigkeiten und Beschleunigungen menschlicher Bewegungen (Durchschnitts- und Maximalwerte), eingehaltene Distanzen zum Roboter und andere Kennwerte dienen in der Folge zur Auslegung des Roboters, um potenzielle Kollisionen gar nicht erst auftreten zu lassen.

Ausblick

Abbildung 3 zeigt einen Versuch, der die Interaktion der beiden Partner in einem Szenario der Montage untersucht. Die Versuchspersonen haben an allen drei Tischen Aufgaben zu erledigen. Wann immer sie von einem Tisch zum anderen gehen, provozieren die Versuchsleiter Begegnungen mit dem Roboter. Die Bewegungsdaten bei diesen Begegnungen werden zur Zeit hinsichtlich der beschriebenen Kriterien ausgewertet.

Das Verhalten des Roboters war bei diesem Versuch nach einer gewissen Beobachtungszeit für die Probanden sehr gut vorhersagbar, da sich die Bewegungsbahnen des Roboters nicht veränderten. In nachfolgenden Versuchen soll untersucht werden, inwiefern sich ein adaptives Bewegungsverhalten des Roboters auf das Verhalten und die Prädiktion des Menschen auswirkt.

Zusätzlich werden die Fragen der Leistungsfähigkeit und der Nutzerakzeptanz im Rahmen von Experimenten untersucht.

Die beschriebenen Forschungsarbeiten finden im Projekt EsIMiP (Effiziente und sichere Interaktion von Menschen und intelligenten Produktionsanlagen) statt, das von der Bayerischen Forschungstiftung gefördert wird.

Dino Bortot, Klaus Bengler

Literatur

1. BioRob GmbH. Online verfügbar unter <http://www.biorob.de/>, zuletzt geprüft am 07.01.2011
2. Bortot, Dino; Bengler, Klaus; Dresselhaus, Manfred; Som, Franz (2011): Grundlegende ergonomische Untersuchungen zur Realisierung effizienter Mensch-Roboter-Kooperationen. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (GfA) (Hg.): Mensch, Technik, Organisation - Vernetzung im Produktentstehungs- und -herstellungsprozess. 57. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft. 1. Aufl. Dortmund: GfA-Press, S. 805–808.
3. KIP (01.April 2011): Mitarbeiter und Roboter stets sicher im Blick. In: VDI Nachrichten, Jg. 2011, Ausgabe Nr. 13, 01.April 2011, S. 29.
4. Pilz GmbH & Co. KG. Online verfügbar unter <http://www.pilz.de/products/sensors/camera/f/safetyeye/index.jsp>, zuletzt geprüft am 07.01.2011.
5. Thiemermann, S.: Direkte Mensch-Roboter-Kooperation in der Kleinteilemontage mit einem SCARA-Roboter, 2005, Jost Jetter Verlag in Heimsheim, ISBN 3-936947-50-3

Voraussetzungen für den Einsatz variabler und virtueller Fahrerplatzmodelle zur Absicherung ergonomischer Belange im Fahrzeugentwicklungsprozess

Einleitung

Der Wettbewerbsdruck, charakterisiert durch stetig kürzer werdende Entwicklungszeiten, steigende Produktvielfalt, Reduzierung der Kosten und kontinuierliche Verbesserung der Qualität, zwingt die Fahrzeughersteller zu einer effizienten Produktentwicklung, um sich am Markt gewinnbringend positionieren zu können. Besonders die Premiumhersteller der Automobilindustrie stehen vor der Herausforderung, effiziente Entwicklungsmethoden zu entwickeln, um sogenannte „first to market“ – Vorteile genießen zu können. Die Notwendigkeit, die Entwicklungsprozesse möglichst effizient und schlank zu gestalten, ist in nahezu allen Fachbereichen eines Fahrzeugunternehmens gegeben. Hierbei werden vornehmlich Simulationsverfahren eingesetzt, damit bereits in früher Projektphase Konzeptvarianten analysiert und beurteilt werden können. Diese Wettbewerbsfaktoren spiegeln sich auch in der strategischen Arbeitsweise der Konzeptentwicklung wider. Um verschiedene Konzeptstände von Fahrzeugen schnell und flexibel abbilden und bewerten zu können, gewinnt die Anwendung von variablen und virtuellen Fahrerplatzmodellen besonders in der frühen Phase des Produktentstehungsprozesses zunehmend an Bedeutung.

Der Detaillierungsgrad simplifizierter Modelle muss ausreichend umgesetzt sein, damit Untersuchungsergebnisse auf reale Fahrzeuge übertragbar sind. Andererseits muss gewährleistet sein, dass durch dieses Werkzeug die aktuellen Konzeptstände aller möglichen Fahrzeugvarianten dargestellt werden können. Für die Entwicklung eines variablen und virtuellen Fahrerplatzmodells ist demzufolge ein bestmöglicher Kompromiss zwischen der realitätsgetreuen Abbildung eines Fahrzeugs und größtmöglicher Variabilität hinsichtlich der Darstellung aller Modellumfänge zu finden.

In Folge dessen stellt sich die Frage, ob gewählte Sitzpositionen in simplifizierten Fahrzeugmodellen diejenigen von Realfahrzeugen ausreichend beschreiben und dadurch Potentiale für valide Konzept- und Ergonomieuntersuchungen besitzen, ohne dabei Artefakte zu erzeugen.

Das variable Fahrerplatzmodell

Das variable Fahrerplatzmodell besteht aus einer hardwareseitigen Einheit, dessen Komponenten sowohl elektromotorisch als auch manuell verstellt werden können. Zusätzlich ist das simplifizierte Fahrzeugmodell mit dem CAD-System CATIA V5 verknüpft, sodass eine schnelle und flexible Hardwaredarstellung eines Fahrzeugprojekts im virtuellen Auslegungsprozess ermöglicht wird. Das Modell besteht aus einem Grundgestell, durch das grob der Fahrzeugcharakter simuliert werden kann. Zusätzlich ermöglichen die Module Sitz, Lenkrad, Instrumententafel, Dach, Türrahmen, Schweller, Mittelkonsole, und Frontklappe eine konzeptionelle Abbildung des betrachteten Fahrzeugprojekts. Mit den Daten aus dem Maßkonzept, dem sogenannten Sitzplan, und den CAD-Strakdaten können die einzelnen Verstellkomponenten

virtuell an das gewünschte Fahrzeug angepasst werden. Die Informationen über das Ausmaß der Verstellungen sind in einer Datenbank aufgezeichnet, die als Schnittstelle zwischen hardwareseitigem Aufbau und virtueller Einheit fungiert. Der Vorteil dieses Ergonomieprüfstands ist die Realisierung eines bidirektionalen Datentransfers. Dadurch ist es nicht nur möglich, virtuelle ergonomische Auslegungen „erlebbar“ zu machen, sondern auch umgekehrt hardwareseitig Vorgaben zu definieren und diese in die CAD-Umgebung zu synchronisieren. Das beschriebene variable Fahrzeug-Mock-Up ist in Abbildung 1 dargestellt.



Abb. 1: Das variable Fahrerplatzmodell

Das virtuelle Fahrerplatzmodell

Um nun die Einbußen des variablen Fahrerplatzmodells hinsichtlich der realitätsgetreuen Abbildung eines Realfahrzeugs zu kompensieren, wird der Prüfstand durch die Einbindung der virtuellen Realität erweitert. Dabei kommt ein Head Mounted Display (HMD) zum Einsatz, mit Hilfe dessen dem Nutzer die virtuellen Fahrzeuggeometrien visualisiert werden. Dabei werden durch Infrarotkameras die auf dem Helm montierten Marker erfasst, sodass in Abhängigkeit der Kopfposition die virtuellen Bilder in Echtzeit berechnet werden können und diese in den Displays angezeigt werden. Somit wird der Nutzer des VR-Systems in die virtuelle Welt transferiert.

Die Erfassung der Sitz- und Lenkradkinematik bei deren Verstellung, die Simulation der Lenkraddrehung, die Bewegung der Schaltung und insbesondere die Bewegungserfassung von Köperteilen (v.a. Hände, Arme und Beine) stärken erheblich das Präsenzepfinden des Anwenders. Ebenso wird durch das Zusammenspiel des variablen Fahrerplatzmodells mit der virtuellen Umgebung die Präsenz der Testpersonen stark erhöht, da das variable Modell eine haptische Rückmeldung für den Nutzer liefert. Das bedeutet, dass das variable Fahrzeug-Mock-Up stets ein Bestandteil für Untersuchungen in der VR-Umgebung ist. Die visuelle Wahrnehmung eines Probanden ist beispielhaft in Abbildung 2 aufgezeigt.



Abb.2: Das virtuelle Fahrerplatzmodell

Hypothesen und Fragestellungen

Aus ergonomischer Sicht sind die Fragestellungen hinsichtlich der Erreichbarkeit und Bedienung von Bedienelementen und die Beurteilung der Sichtverhältnisse im und außerhalb des Fahrzeugs zu beantworten. Neben der virtuellen Auslegung, die beschriebene Aspekte thematisiert, tritt die hardwareseitige Absicherung dieser Gesichtspunkte in den Fokus. Um ergonomische Belange schnell und flexibel analysieren zu können, spielen simplifizierte Fahrerplatzmodelle eine bedeutsame Rolle. Jedoch ist die Wahl der Sitzposition ein entscheidendes Kriterium, um sichere Ergonomie- und Konzeptentscheidungen treffen zu können. Infolgedessen müssen die Sitzpositionen in den vorgestellten variablen und virtuellen Fahrerplatzmodellen mit denen eines realen Referenzfahrzeugs übereinstimmen, um mögliche Artefakte ausschließen zu können. Die Untersuchung dieses Sachverhalts soll nun im Folgenden detailliert erläutert werden.

Zielsetzung ist die Validierung des variablen und virtuellen Fahrerplatzmodells zur Beurteilung von Sitzpositionen. In einer Vergleichsuntersuchung werden die charakteristischen Daten zur Beschreibung von Sitzhaltungen in einer realen Audi A6 Limousine mit denen des variablen und des virtuellen Fahrerplatzmodells mit konzeptionell entsprechenden Komponenteneinstellungen des Referenzfahrzeugs verglichen. Folgende Hypothesen müssen verifiziert werden:

1. Zwischen den Sitzpositionen im Realfahrzeug und den Sitzpositionen im variablen Fahrerplatzmodell besteht ein starker positiver linearer Zusammenhang.
2. Zwischen den Sitzpositionen im Realfahrzeug und den Sitzpositionen im virtuellen Fahrerplatzmodell besteht ein starker positiver linearer Zusammenhang.
3. Anhand gemessener Sitzpositionen im variablen Fahrerplatzmodell können die Sitzpositionen im Realfahrzeug mit Hilfe eines mathematischen Modells prognostiziert werden.
4. Anhand gemessener Sitzpositionen im virtuellen Fahrerplatzmodell können die Sitzpositionen im Realfahrzeug mit Hilfe eines mathematischen Modells prognostiziert werden.

5. Die vorhandene Stichprobengröße, die zur Erhebung der Daten herangezogen wurde, erlaubt eine allgemeingültige Aussage und Generalisierbarkeit der Ergebnisse.

Methodik

Die charakteristischen Messgrößen, die die Sitzhaltungen von Fahrzeuginsassen beschreiben, sind die Hüftzentren der Testpersonen, die Lage der Hände und die Positionen der Augen. Die Position des Hüftzentrums (H-Punkt) wird durch die Stellung des Fahrzeugsitzes repräsentiert. Anhand der eingestellten Lenkradposition kann die Lage der Hände abgeleitet werden. Via CAN-Abfrage der Steuergeräte können folglich diese Parameter in Fahrzeugkoordinaten berechnet werden. Für die Auslegung sichtrelevanter Anzeige- und Bedienkomponenten spielt die Lage der Augen (Augpunkte) eine entscheidende Rolle. Diese werden im realen Fahrzeug und im variablen Fahrerplatzmodell mit der Software PCMAN berührungslos erfasst. Im virtuellen Fahrerplatzmodell hingegen werden die Daten der aktuellen virtuellen Kameraposition des Systems festgehalten.

Zur Validierung des variablen und virtuellen Fahrerplatzmodells wurden die Haltingsdaten von 45 Personen zur statistischen Auswertung herangezogen. Das Testkollektiv wählte im realen Fahrzeug, im variablen Fahrzeug-Mock-Up und abschließend im virtuellen Fahrerplatzmodell jeweils ihre priorisierten Sitzpositionen. Neben den quantitativen Messwerten wurden auch subjektive Einschätzungen hinsichtlich der Qualität der simplifizierten Fahrzeugmodelle mittels Fragebögen abgefragt.

Um nun die Güte der Versuchseinrichtungen bestimmen zu können, werden lineare Regressionsgleichungen für die einzelnen Messvariablen berechnet. Zudem können durch die gewonnenen mathematischen Funktionen die Sitzpositionen ausgehend aus den simulierten Fahrzeugen auf das korrespondierende Realfahrzeug prognostiziert werden. Ergebnis ist die Kalkulation von Maßen, die die Enge und Güte des linearen Zusammenhangs beschreiben. Ebenso müssen die resultierenden mathematischen Gleichungen zur Prognose von Sitzpositionen allgemeingültige Aussagekraft besitzen. Durch Berechnung und Interpretation dieser charakteristischen Werte kann sichergestellt werden, dass bei der Wahl von Sitzpositionen in diesen vereinfachten Fahrzeugmodellen keine methodischen Artefakte bezüglich ergonomischer Untersuchungen erzeugt werden.

Ergebnis

Die Resultate, die die Abbildungstreue des variablen und des virtuellen Fahrerplatzmodells beurteilen, sind lineare Regressionsgleichungen für alle Messvariablen (H-Punkte, Lenkradpunkte und Augpunkte), mit Hilfe derer die anfangs postulierten Hypothesen beantwortet werden können. Auf der Abszisse der Schaubilder sind die Daten der jeweiligen Mess-

variablen im betrachteten Fahrzeugmodell aufgetragen. Die Ordinatenachse enthält die entsprechenden Werte des realen Fahrzeugs. Würde ein fehlerfreier linearer Zusammenhang zwischen den einzelnen Untersuchungsobjekten bestehen, so würden sich alle Datenpunkte auf der Diagonale befinden. Exemplarisch werden im Folgenden die Ergebnisse der Augpunkte in vertikaler Richtung gemäß des Fahrzeugkoordinatensystems dargestellt, die in Abbildung 3 zu sehen sind.

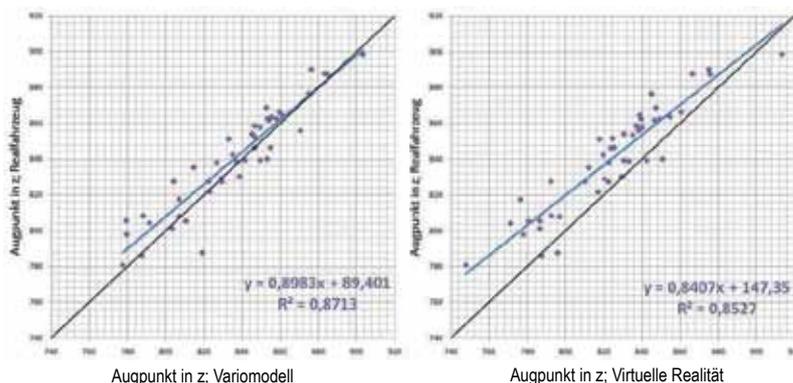


Abb.3: Prognose der Augpunkte in z-Richtung aus dem variablen Fahrerplatzmodell (links) und aus dem virtuellen Fahrerplatzmodell (rechts)

Für das variable Fahrerplatzmodell lässt sich eine sehr gute Übereinstimmung der Sitzpositionen im Vergleich zum realen Fahrzeug ableiten. Die Maße für die Stärke des Zusammenhangs (Korrelationskoeffizient nach Pearson) sind über alle Messvariablen hinweg sehr hoch. Auch die Kennwerte, die die Güte des linearen Modells ausdrücken (Standard-schätzfehler und Determinationskoeffizient), offenbaren eine äußerst präzise Prognosefähigkeit hinsichtlich des Sitzverhaltens im variablen Fahrerplatzmodell.

Das virtuelle Fahrerplatzmodell als Werkzeug zur schnellen und flexiblen Abbildung eines Fahrzeugprojekts zeichnet sich ebenso durch hohe Übereinstimmungen der Sitzpositionen im Vergleich zum Realfahrzeug aus. In diesem Modell muss jedoch berücksichtigt werden, dass die Positionen der Augpunkte tendenziell tiefer liegen als die im realen Fahrzeug (siehe Abbildung 3). Folgerichtig ist festzustellen, dass auch das Lenkrad von den Testpersonen in einer tieferen Lage positioniert wird, sodass die direkte Sicht auf das Kombiinstrument durch die Lenkradgeometrie nicht verdeckt wird. Trotz dieses Sachverhalts ist im virtuellen Fahrerplatzmodell die Prognosegenauigkeit hinsichtlich Sitzpositionen auf das reale Fahrzeug für alle Messvariablen sehr hoch.

Um zu gewährleisten, dass die gewonnenen Ergebnisse nicht von der Auswahl des Testkollektivs abhängig sind, wird eine „Delete-d-Kreuzvalidierung“ 100-fach durchgeführt. Diese Analyse wird für die Parameter des Standardschätzfehlers, des Determinationskoeffizienten und der Steigung der verschiedenen Regressionsgeraden angewendet. Das Resultat sind nahezu identische Werte der untersuchten Parameter. Daher ist es zulässig, die Modellparameter der Regressionsanalyse für das variable und virtuelle Fah-

rerplatzmodell als generalisierbar betrachten zu können. Abschließend kann festgestellt werden, dass durch die beschriebene Methode der Validierung die geforderten Hypothesen bestätigt werden können.

Zusammenfassung

Die Notwendigkeit, die Entwicklungsprozesse bei der Produktentwicklung möglichst effizient und schlank zu gestalten, fordert den Einsatz von modernen Simulationsmethoden. Das vorgestellte variable und virtuelle Fahrerplatzmodell ermöglicht, aktuelle Konzeptstände von Fahrzeugen sehr schnell und flexibel „erlebbar“ zu machen. Um Artefakte hinsichtlich Konzept- und Ergonomieuntersuchungen auszuschließen, können simplifizierte Fahrzeug-Mock-Up's mit dem vorgestellten Verfahren validiert werden. Diese Validierung ist Voraussetzung dafür, dass mit dem Einsatz der vorgestellten Fahrerplatzmodelle prozesssichere Analysen von maßkonzeptlichen und ergonomischen Themenfeldern im Fahrzeugentwicklungsprozess getätigt werden können.

Daniel Lorenz

Literatur

- Bortz, J.: Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler. Heidelberg: Springer 2005
- Braun, M.: Entwicklung eines variablen ErgonomiePrüfstandes mit CAD-Anbindung und Validierung einer Arbeitsmethodik, Technische Universität München, Dissertation 1997
- Bühl, A.: SPSS 16 - Einführung in die moderne Datenanalyse. München: Pearson 2008
- Hair, J. F., Anderson, R. E., Tatham R. L., Black, W. C.: Multivariate Data Analysis. New Jersey: Prentice-Hall, Inc. 1998
- Hofmann, J.: Präsenz und Raumwahrnehmung in virtuellen Umgebungen, Technische Universität München, Dissertation 2002
- Lorenz, D.: Validierung des variablen und virtuellen Fahrerplatzmodells zur Beurteilung von Sitzpositionen. In: Erprobung und Simulation in der Fahrzeugentwicklung – Mess- und Versuchstechnik, VDI-Berichte 2106, Düsseldorf, 2010
- Reinhart, G.: Methoden der Unternehmensführung, Vorlesungsskript, Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften der TU München, 2007
- Tabachnick, B. G., Fidell, L. S.: Using Multivariate Statistics. Boston: Pearson 2009
- Voss, A.: Deskriptive Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung, Vorlesungsskript, Psychologische Methodenlehre, Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg, 2010

Wünsche und Forderungen älterer Fahrzeugführer an aktuelle Serienfahrzeuge

Motivation

In den kommenden Jahrzehnten ist die allgemeine Bevölkerungsentwicklung in Deutschland weitgehend vorgezeichnet [1]. Eine höhere Lebenserwartung und eine konstant abnehmende Geburtenrate sorgen für ein insgesamt höheres Durchschnittsalter der Bevölkerung. Damit einhergehend ändert sich natürlich ebenso das Verhältnis zwischen den einzelnen Altersgruppen. Der Anteil der über 65-Jährigen wird in den nächsten 30 Jahren von heute knapp 21% auf 32% der Bevölkerung ansteigen, dem gegenüber fällt die der unter 20-Jährigen von 19% auf 16% [5]. Kamen 1890 auf einen über 75-Jährigen noch 79 jüngere Personen, sind es derzeit noch 12,4 und im Jahre 2040 werden es nur noch 6,2 sein [6]. Diese mit „demographischer Wandel“ bezeichnete Verschiebung der Altersstruktur wird in Zukunft eine zunehmende Pkw-Motorisierung der „älteren Generationen“ zur Folge haben, was in einem höheren Durchschnittsalter der Fahrzeugnutzer von Morgen und Übermorgen resultieren wird [2]. Dies verdeutlichen auch folgende Zahlen: Das Durchschnittsalter der Neuwagenkäufer in Deutschland betrug im Jahr 2008 50,0 Jahre. In den ersten sieben Monaten des Jahres 2010 stieg dieser Wert bereits auf 50,8 Jahre. 11,3 Prozent der Käufer waren sogar über 70 Jahre alt [3].

Nun stellt sich die Frage, ob aufgrund dieser Entwicklung bei der ergonomisch-anthropometrischen Auslegung eines Fahrzeugs vermehrt auf die Bedürfnisse der älteren Autofahrer (Generation 60+) eingegangen werden muss? Oder anders ausgedrückt: Stellt die Generation 60+ bedingt durch physische und psychische Einschränkungen im Alter abweichende Anforderungen und Wünsche an ein Fahrzeug als jüngere Fahrzeugführer? Und falls dies der Fall wäre, inwiefern unterscheiden sich die Bedürfnisse älterer Fahrzeugnutzer von denen der Jüngeren und welche Fahrzeugbereiche sind davon in besonderem Maße betroffen?

Zur Klärung dieser und weiterer Fragestellungen wurde eine Probandenstudie in aktuellen Serienfahrzeugen durchgeführt. Das übergreifende Ziel der Studie war es zu ermitteln, in welchen Fahrzeugbereichen im Allgemeinen und bei welchen Fahrzeugelementen im Genauen die größten Verbesserungspotentiale für Fahrzeugführer älterer Generationen liegen.

Bevor diese Studie nachfolgend mitsamt Auswertung und Ergebnissen vorgestellt wird, soll zunächst ein kurzer Überblick über die Begriffe „Alter“ und „Altern“ gegeben werden. Dadurch soll ein besseres Gefühl dafür vermittelt werden, wie unterschiedlich der Prozess des Alterns bei den verschiedensten Menschen abläuft, welche inter- und intraindividuellen Unterschiede dadurch zustande kommen und welche Schwierigkeiten sich damit für die Durchführung einer Probandenstudie ergeben.

Alter und Altern

Der menschliche Organismus verändert sich im Laufe des Lebens. Besonders auffällig sind diese Veränderungen während der Wachstums- und Entwicklungsphase und im

höheren Alter. Das Unterfangen jedoch, bestimmte Altersgrenzen festzulegen, die das menschliche Leben in einzelne Perioden unterteilen, ist mit großer Zurückhaltung zu betrachten. Insbesondere in der zweiten Hälfte der individuellen Entwicklung des Menschen gibt es beim alternden Menschen keine ausgeprägten Einteilungsübergänge und keine schnell entstehenden fundamentalen funktionellen und stoffwechselbezogenen Veränderungen, die eine problemlose Einteilung in verschiedene Altersabschnitte ermöglichen würden [7].

Aus medizinischer Sicht wird beim Vorgang des Alterns zwischen physiologischem und pathologischem Altern unterschieden. Im ersten Fall handelt es sich um synchrone Veränderungen aller Organe und Gewebe, im Zweiten um eine stark hervortretende Insuffizienzbereitschaft eines Organs oder Systems [7]:

- physiologisch: Quantitative und qualitative Veränderungen, die sich über alle Individuen in einem normalen Bereich auffinden lassen.
- pathologisch: Körperliche und geistige Einbußen durch schwere und chronische Krankheiten.

Für eine Definition eines „gesunden alten Menschen“ müssen beide - also sowohl physiologische als auch pathologische Veränderungen - in Betracht gezogen werden. Denn neben den physiologischen Veränderung, von denen alle Menschen unausweichlich mehr oder minder betroffen sind, gibt es ebenso eine Vielzahl von pathologischen Veränderungen, die zwar nicht auf jede ältere Person, aber dennoch auf einen hohen prozentualen Anteil der älteren Gesamtbevölkerung einwirken und die die Leistungsfähigkeit eines Menschen stark herabsetzen. Beispielsweise seien nachfolgend pathologische Veränderungen bezüglich des Sehvermögens und der Beweglichkeit genannt, die diesen Sachverhalt verdeutlichen:

- Einschränkungen des Sehvermögens:
 - Katarakt (Grauer Star, Trübung der Augenlinse), ca. 15% der über 65-jährigen betroffen
 - Makuladegeneration (Sehstörung, bei der das zentrale, also scharfe Sehen beeinträchtigt wird), ca. 25% der über 75-jährigen betroffen

Die mit dem Alter einhergehenden Leistungsveränderungen sind intraindividuell variabel, d.h. jedes Organ oder Organsystem scheint nach seinen eigenen Gesetzmäßigkeiten zu altern. Zudem scheinen die Unterschiede in der Leistungsfähigkeit zwischen den Altersgruppen geringer zu sein als die Differenzen innerhalb der Gruppe der Älteren. Vielmehr nimmt die interindividuelle Varianz mit dem Alter zu [8]. Dabei ist hervorzuheben, dass unterschiedlichste Faktoren wie Bildungsstand, Training, Lebensstil, Anregungsgehalt der Umwelt, Gesundheitsstatus und Selbstbild entscheidend zur interindividuellen Varianz beitragen. Demzufolge ist das kalendarische Alter in seiner Erklärungskraft begrenzt, um z.B. die Eignung Älterer als Verkehrsteilnehmer befriedigend zu beurteilen [9].

Für das Leben im letzten Lebensdrittel ist vor allem entscheidend, wie alt man sich selbst fühlt. Untersuchungen zeigen, dass Menschen mit optimistischen Zukunftsperspektiven eine längere Lebenserwartung haben als solche mit pessimistischen Erwartungen. Es gibt viele Faktoren, die eine frühe Alterung fördern. Einige davon sind [10]:

- Negative Kindheitserinnerungen
- Kurze Lebensdauer der Eltern, seelische Frühreife
- Niedriges Berufsniveau, als unangemessen erlebte Arbeitsbedingungen
- Nichterreichen des Lebensziels
- Arbeiten unter großer Belastung
- Ungünstige wirtschaftliche Lage, Leben rückwirkend negativ
- Eher passive Lebenseinstellung, Abhängigkeit von körperlichen Beschwerden
- Wenig flexibel in der Verarbeitung von Frustration
- Starke Anfälligkeit gegenüber Krankheiten

Abschließend soll die nachfolgende Auflistung ein Gefühl dafür geben, in welchen Bereichen ein älterer Mensch körperlichen Einschränkungen unterliegt. Dies muss bei der Durchführung einer Probandenstudie beachtet, richtig gewertet und gegebenenfalls gewichtet werden:

- Einschränkungen des Sehvermögens
- Einschränkungen des Hörvermögens
- Einschränkungen der Beweglichkeit
- Einschränkungen der motorischen Kräfte
- Einschränkungen der Haptik

Nutzerbefragung in aktuellen Serienfahrzeugen

Experimentelles Design

Zur Klärung der in der Einleitung genannten Fragestellungen wurden in einer Probandenstudie die nutzergruppenspezifischen Bedürfnisse von Fahrzeugnutzern aus verschiedenen Altersklassen untersucht. Dazu wurde eine Nutzerbefragung mit 60 Versuchspersonen aus drei verschiedenen Altersklassen (30jährige, 50jährige, 70jährige) in drei verschiedenen Fahrzeugmodellen (Sportwagen, Mittelklasselimosine, Sports Utility Vehicle) durchgeführt. Ziel der Studie war es, den Einfluss des „Alters“ auf die subjektive Beurteilung von Fahrzeugen zu ermitteln. Deshalb wurde bei der Auswahl des Probandenkollektivs besonders Wert darauf gelegt, dass die Versuchsteilnehmer möglichst genau in dem betreffenden zu untersuchenden Alter (30, 50, 70) waren. Um auch eventuelle geschlechtsspezifische Unterschiede ermitteln zu können, betrug die Verteilung von weiblichen zu männlichen Versuchspersonen 50% zu 50%.

Als Untersuchungsfahrzeuge wurden drei aktuelle Modelle eines deutschen Premium-Automobilherstellers gewählt: eine Mittelklasselimosine (M), ein Sportwagen (SP) und ein

sogenanntes Sports Utility Vehicle (SUV). Die Wahl fiel auf diese unterschiedlichen Fahrzeuge, da sie sich hinsichtlich Fahrzeugsegment, Fahrzeuggröße und Fahrzeugausstattung stark voneinander unterscheiden. Somit konnten aus den Bewertungen in den verschiedenen Fahrzeugen Rückschlüsse auf die Wünsche der einzelnen Personengruppen an die verschiedenen Fahrzeugklassen gezogen werden.

Versuchsdurchführung

Die eigentliche Befragung erfolgte mittels eines Fragenkatalogs, der 96 Fragen umfasste und in jedem der drei Fahrzeuge jeweils als Ganzes abgefragt wurde. Der Befragungsablauf orientierte sich an der natürlichen Fahrzeugnutzung:

- Fahrzeug öffnen
- Einstieg
- Fahrzeugbedienung
- Ausstieg
- Fahrzeug schließen
- Kofferraum be-/entladen

Als einzelne Befragungsgegenstände wurden die in Tabelle 1 aufgeführten Fahrzeugelemente abgefragt. Diese wurden, falls dies für das jeweilige Element möglich und sinnvoll war, hinsichtlich der Bedienbarkeit, der Form, der Lage und Erreichbarkeit, dem Kraftaufwand für die Betätigung und der Sichtbarkeit/ Ablesbarkeit bewertet. Die einzelnen Bewertungen erfolgten mittels einer sechsstufigen Notenskala, die von der Note 1 für „sehr gut“ bis zur Note 6 für „ungenügend“ reichte.

Tabelle 1: Fahrzeugelemente der Nutzerbefragung

Tür öffnen, Einstieg, Sitzeinstellung	Bedienelemente Fahrtaufgabe	Bedienelemente Fahrzeugbedienung		Raum, Sicht, Ausstieg, Kofferraum
Türgriff außen	Quart	Bedieneinheit Licht	Amauflagen Tür	Raumverhältnisse
Tür	Lenkrad	Klimabedientell	Zentralverriegelung	Sicht nach draußen
Einstieg Fahrer	Pedale	GRA-Hebel	Warnblinktaste	Innen spiegelsicht
Türzusehgriff innen	Fußablage	Wischerhebel	Fensterheber	Tüdführ innen
Sitzeinstellung	Schöllung	Multi funktions einheit im Lenkrad	MMI (Multimedia-Interface)	Tür öffnen
Sitz	Handbremse	Tacho, Drehzahlmesser	Taste Kofferraum-entriegelung	Ausstieg
	Zündschloß	Dimmer Tachobeleuchtung	Außenspiegelverstellung	Kofferraum
	Start-Stop-Taste	Blinkerhebel	Mittelarmlehne	
		Radio- Bedienelemente	Ablegen Mittelkonsole	
		Mitteldisplay		

Auswertung und statistische Verarbeitung

Um den Effekt des Faktors „Alter“ auf die Benotung der untersuchten Fahrzeugelemente zu ermitteln, wurden einfaktorische Kovarianzanalysen (ANCOVA) mit einem Signifikanzniveau von 5% angewendet. Als Kovariate wurde die Körperhöhe eingesetzt, um deren Effekt getrennt betrachten zu können. Dies war notwendig, da die Körperhöhe einen nicht zu vernachlässigenden Einfluss auf die Bewertung von anthropometrischen Fragestellungen hat und sich die drei Altersgruppen in ihrer durchschnittlichen Körperhöhe voneinander unterscheiden haben. Anschließend wurde durch die Berechnung von Kontrasten ermittelt, zwischen welchen der drei Altersgruppen signifikan-

te Unterschiede vorliegen. Dieses als „a priori Test“ eingestufte Berechnungsverfahren wurde herangezogen, da bereits im Vorfeld die Hypothese aufgestellt werden konnte, dass die Altersgruppe der 70-jährigen, bedingt durch psychische und physische Einschränkungen im Alter, im Mittel andere Bewertungen abgeben würden als die beiden anderen Altersgruppen.

Ergebnisse

Als Resultat liefert die Hypothesenprüfung bezüglich des Faktors „Alter“ eine Vielzahl von signifikant unterschiedlich beantworteten Fragen. Vor allem zwischen der Gruppe der 30-jährigen und der Gruppe der 70-jährigen werden große Unterschiede in den subjektiven Beurteilungen deutlich. Beispielsweise gaben ältere Probanden besonders bei der Beurteilung von Fahrzeugelementen für die eine Körperbewegung notwendig war (z.B. Umdrehen beim Gurtholen von der B-Säule) eine signifikant schlechtere Bewertung ab als jüngere.

Durch Clusterung aller signifikanten Fragestellungen konnten die in Abbildung 1 dargestellten sechs Hauptproblembereiche älterer Fahrzeugnutzer identifiziert werden:

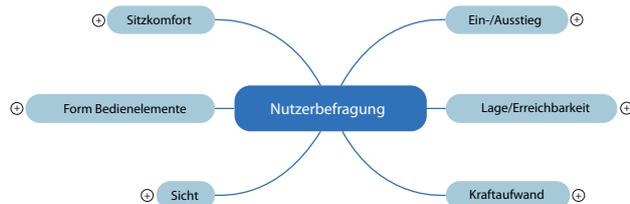


Abb.1: Hauptproblembereiche älterer Fahrzeugführer

Jedes dieser Cluster enthält eine Vielzahl von in der Studie signifikant unterschiedlich beantworteten Fragestellungen. Aufgrund der daraus resultierenden großen Informationsfülle werden nachfolgend lediglich die Inhalte der Cluster „Ein-/Ausstieg“ und „Kraftaufwand“ beispielhaft genauer erläutert. Somit zeigt Abbildung 2 die Elemente des Clusters „Ein-/Ausstieg“, sowie die zugehörigen Durchschnittsnoten der Gruppen „30“, „50“ und „70“. Außerdem wurden in der Abbildung mit Doppelpfeilen die signifikanten Unterschiede zwischen den jeweiligen Altersgruppen gekennzeichnet.

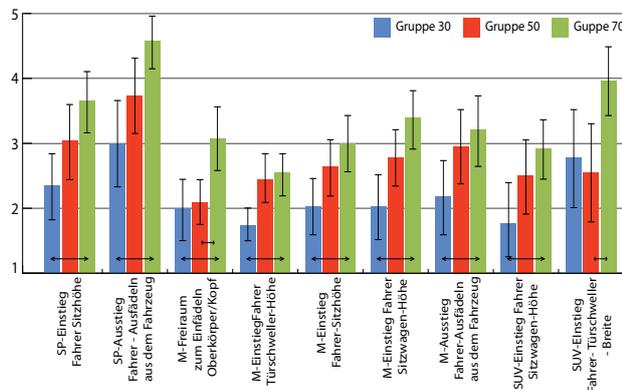


Abb.2: Durchschnittsnoten der Gruppen „30“, „50“ und „70“ bezüglich des Clusters „Ein-/Ausstieg“ + signifikante Unterschiede (<->)

Durch weitere Clusterung der in Abbildung 2 aufgeführten Elemente können, bezüglich des Bereichs „Ein-/Ausstiegs“, folgende Fahrzeugelemente als Hauptproblembereiche identifiziert werden, bei deren subjektiver Beurteilung Unterschiede zwischen älteren und jüngeren Fahrzeugnutzern zustande kamen:

- Türschwellerbreite
- Türschwellerhöhe
- Sitzhöhe
- Sitzwangenhöhe
- A-Säule + Dachkante

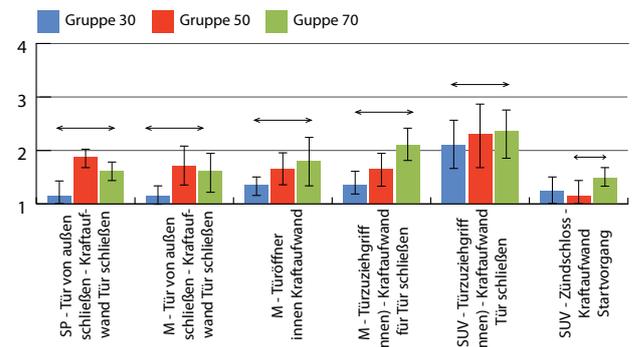


Abb.3: Durchschnittsnoten der Gruppen „30“, „50“ und „70“ bezüglich des Clusters „Kraftaufwand“ + signifikante Unterschiede (<->)

In Abbildung 3 werden, analog zu Abbildung 2, die einzelnen Elemente des Clusters „Kraftaufwand“ dargestellt. Daraus abgeleitet können folgende Hauptproblembereiche bezüglich des Clusters „Kraftaufwand“ identifiziert werden:

- Tür von außen schließen
- Tür von innen schließen
- Kraft in Fingern und Händen

Auf diese Art und Weise wurden auch die weiteren vier Hauptcluster Lage/Erreichbarkeit, Form Bedienelemente, Sichten und Sitzkomfort ausgewertet und die Fahrzeugelemente identifiziert, bei denen es zu signifikanten Unterschieden in der Bewertung kam. Zusammenfassend können somit folgende Hauptproblembereiche in aktuellen Serienfahrzeugen identifiziert werden, die von älteren Probanden signifikant schlechter bewertet werden und bei denen große Verbesserungspotentiale bestehen:

- Ein-/Ausstieg:
 - Türschweller
 - Dachkante/A-Säule
 - Sitzhöhe
- Kraftaufwand:
 - Tür schließen
 - Bedienelemente
- Lage/Erreichbarkeit:
 - Bedienelemente, bei denen sich der Fahrer „verbiegen/strecken“ muss
 - versteckte Position der Bedienelemente

Systematische Modellierung des zukünftigen des Unterstützungspotentials im Straßenverkehr

- Sichten:
 - bei denen sich der Fahrer bewegen muss
 - Unübersichtlichkeiten
- Form Bedienelemente:
 - zu klein und zu „fummelig“

Martin Brenner, Klaus Bengler, Heiner Bubb

Literatur

1. Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2007, Demographischer Wandel in Deutschland, Heft 1, Bevölkerungs- und Haushaltsentwicklung im Bund und in den Ländern, S. 8.
2. Shell Deutschland Oil GmbH 2009, Shell PKW-Szenarien bis 2030, S. 5.
3. GfK 2008, Jahrbuch der Absatz- und Verbrauchsforschung, 54, Nürnberg, S. 84.
4. Weinand, M. 1997, Kompensationsmöglichkeiten bei älteren Kraftfahrern mit Leistungsdefiziten, Bundesanstalt für Straßenwesen Bergisch Gladbach
5. Statistisches Bundesamt Deutschland 2009, Entwicklung der Bevölkerung Deutschlands bis 2060
6. Lehr, U. 2007, Psychologie des Alterns, Quelle & Meyer Verlag, Wiebelsheim
7. Weineck, J. 2004, Sportbiologie, 9. Auflage, Spitta Verlag & Co. KG, Balingen
8. Schmidt, R. et al. 2005, Physiologie des Menschen mit Pathophysiologie, 29. Auflage, Springer Medizin Verlag, Heidelberg
9. Krämer, K. 2004, Presseseminar „Senioren im Straßenverkehr“: Alt & Mobil – Kompetenzen älterer Verkehrsteilnehmer, Leipzig
10. Angermayr, P. 2005, Gerontologie – Psychologie des Alters, Linz, <http://members.aon.at/education/GesuSoz.html>
11. Brenner M. et al. 2011, Nutzerbefragung in aktuellen Serienfahrzeugen zur Ermittlung von altersspezifischen Anforderungen an ein Fahrzeug, Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (GfA) (Hg.): Mensch, Technik, Organisation - Vernetzung im Produktentstehungs- und -herstellungsprozess. 57. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft. 1. Aufl. Dortmund: GfA-Press, S. 199-202.

Vor dem Hintergrund eines stetig fortschreitenden demografischen Wandels ergeben sich im Bereich des Straßenverkehrs strukturelle Veränderungen und neue Herausforderungen für die Zukunft. Der Anteil älterer Verkehrsteilnehmer (65+ Jahre) wird im Laufe der nächsten Jahre kontinuierlich ansteigen. Zu den ausschlaggebenden Faktoren zählen eine steigende Lebenserwartung, ein höherer Bildungsgrad, eine längere Lebenserwerbsdauer, steigende Einkommen sowie ein stärkeres Bewusstsein für Selbstbestimmtheit und Flexibilität. Zugleich nimmt der Wunsch mobil zu sein und mobil zu bleiben beständig zu, wobei der eigene PKW das meist präferierte Verkehrsmittel darstellt. Neben der wachsenden Motorisierung älterer Verkehrsteilnehmer ist von einer deutlichen Zunahme der Verkehrsleistung (+13%) (siehe Abb. 1), einem erhöhten Verkehrsaufkommen, insbesondere im urbanen und suburbanen Raum, sowie einer steigenden Komplexität des Verkehrsgeschehens auszugehen (Schulz et. al, 2008, Buslei et al. 2007).



Abb. 1: Darstellung der Verkehrsleistung je Person 2003 und 2025

Doch welche Auswirkungen ergeben sich daraus für die Verkehrssicherheit? Lässt sich aus dem steigenden Anteil älterer Autofahrer eine Zunahme der Unfallrate ableiten? Welchen Einfluss haben altersbedingte Einschränkungen physiologischer, kognitiver und motorischer Fähigkeiten des Menschen auf die Fahrzeugführung? Wie unterscheiden sich die Probleme und Bedürfnisse älterer Fahrer von denen jüngerer Fahrer? Durch die Beantwortung dieser und ähnlicher Fragestellungen lässt sich der zukünftige Unterstützungsbedarf von Autofahrern ermitteln und daraus das Potential zur Erhöhung der Verkehrssicherheit bestimmen. Dazu eignet sich eine Kombination unterschiedlicher Methoden zur Erhebung objektiver und subjektiver Daten.

Literatur

Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens wurde eine Untersuchung der demografischen Entwicklung und deren Auswirkungen auf das Mobilitätsverhalten, eine Unfalldatenanalyse zu Verkehrsunfällen aus dem Jahr 2008, eine Fragebogenstudie zur Erhebung von Problemen und Assistenzwünschen sowie eine Aufgaben- und Anforderungsanalyse zur Bewertung der Komplexität einzelner Fahraufgaben durchgeführt (siehe Abb. 2). Dabei wurde das Sollverhalten des Fahrers modelliert und mit tatsächlichem Fahrverhalten basierend auf Ergebnissen der Fahrversuche von Plavsic (2010), Gstalter & Fastenmeier (2005), Fastenmeier (2005), Williams (2008), Scheuchenpflug et. al (2004) verglichen.

Unter Berücksichtigung altersbedingter Leistungseinschränkungen im Bereich der Informationsaufnahme, -verarbeitung und -umsetzung lassen sich schließlich zukünftige Sicherheitsprobleme ableiten und auf Basis einer Marktanalyse bereits vorhandener bzw. in Forschung befindlicher Assistenzsysteme das Unterstützungspotential aufzeigen.

Auf Basis dieser systematischen Modellierung zukünftiger Sicherheitsanforderungen kann das Potential zur Unterstützung der Autofahrer durch den Einsatz geeigneter Fahrerassistenzsysteme prognostiziert werden.

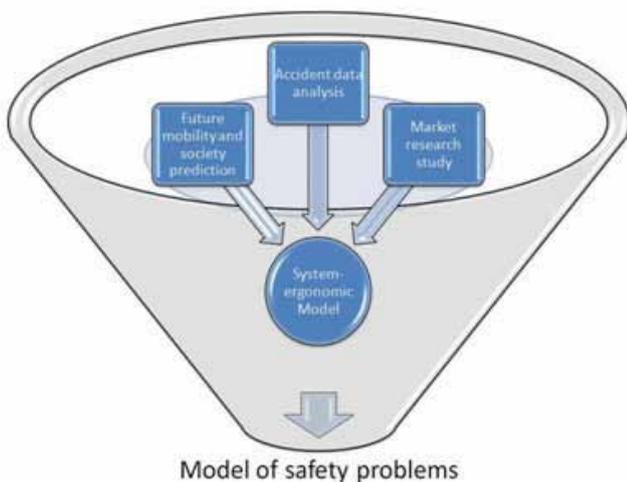


Abb.2: Vorgehensmodell zur Ableitung des zukünftigen Unterstützungspotentials

1. Buslei, H., Schulz, E. Steiner, V. 2007, Auswirkungen des demographischen Wandels auf die private Nachfrage nach Gütern und Dienstleistungen in Deutschland bis 2050. DIW Berlin, Politikberatung kompakt, Nr. 26, Berlin.
2. Fastenmeier, W. 2005, Das Fahrverhalten in Kreuzungen: Welche Fehler begehen ältere Autofahrer? Deutscher Psychologentag 2005, 10.-12.11.2005, Potsdam.
3. Gstalter, H. & Fastenmeier, W. 2005, Anforderungen der Fahraufgabe und tatsächliches Fahrverhalten. Ergebnisse eines Soll-/Ist-Vergleichs mit der neuen Analysemethode SAFE. In: Zeitschrift für Verkehrssicherheit, 51, 76-82.
4. Plavsic, M. 2010, Analysis and Modeling of Driver Behavior for Assistance Systems at Road Intersections. Dissertation, Lehrstuhl für Ergonomie, Technische Universität München.
5. Scheuchenpflug, R., Picchulla, W., Grein, M., and Krüger, H.-P. 2004, Abschlußbericht. Technical report, INVENT FVM AP 1400, 2004.
6. Schulz, E., Horn, M., Kalinowska, D., Kloas, J., Kunert, U., Ochmann, R. (2008): Mobilität 2025: Der Einfluss von Einkommen, Mobilitätskosten und Demografie, ifmo-studien, Berlin.
7. Statistisches Bundesamt, Verkehrsunfälle 2008, Wiesbaden.
8. Williams, E. M. 2008, Analyse des Fahrerverhaltens in ausgewählten innerstädtischen Kreuzungssituationen. Ergonomia-Verlag, Stuttgart

Nicole Trübswetter

Das Projekt „Kundenerlebnis“ wird als CAR@TUM-Projekt auf Universitätsseite von den Lehrstühlen für Ergonomie, Industrial Design und Produktentwicklung der Technischen Universität München und des Lehrstuhls für Mensch-Maschine-Interaktion der Ludwig-Maximilian-Universität München in Kooperation mit der BMW Forschung und Technik GmbH durchgeführt. Der Lehrstuhl für Ergonomie fokussiert sich dabei auf den Nutzer und sein Erleben in der Mensch-Maschine-Interaktion.

Traditionell spielt in diesem Forschungsbereich der Mensch-Maschine-Interaktion die Usability eine herausragende Rolle. Usability untersucht die Interaktion eines Menschen mit einem technischen System, zum Beispiel einem Navigationsgerät in einem Kraftfahrzeug. Diese Schnittstellen werden dabei in erster Linie hinsichtlich ihrer Effektivität und Effizienz sowie der Zufriedenheit, die sich bei einem Nutzer während der Interaktion einstellt, untersucht (DIN EN ISO, 2004). Usability bezieht sich jedoch ausschließlich auf die Interaktion mit der Schnittstelle, dies stellt also eine Primäraufgabenleistung dar. Wenn demgegenüber eine Schnittstelle während der Fahrt bedient werden soll, kann nicht mehr von einer Primäraufgabe und deren Leistung gesprochen werden. Die Fahrumgebung ist per se eine sehr komplexe Situation, in der es unterschiedliche Aufgabentypen gibt, die in Primär- und Sekundäraufgaben unterschieden werden. Primäraufgaben stehen im Zusammenhang mit der direkten Fahraufgabe und bestehen in der Planung, dem Manövrieren und dem Stabilisieren in der Längs- und Querführung, während Sekundäraufgaben in Aufgaben der Bedienung von Infotainmentsystemen oder der Kommunikation bestehen (vgl. Jürgensohn & Timpe, 2001; Urbas et al., 2009). Deshalb kann bei einer zusätzlichen Interaktion des Fahrers mit einer Schnittstelle diese nur als Sekundäraufgabe bezeichnet werden. Für solche Aufgaben sind die Anforderungen jedoch andere. Dieses Problem wurde auch im EU-Projekt AIDE erkannt und bearbeitet. Der Themenbereich der Gebrauchstauglichkeit während des Führens eines Kraftfahrzeugs wird demzufolge als Suitability bezeichnet (AIDE, 2004; DIN EN ISO 2003). Insbesondere sind die vier Aspekte Beeinträchtigung (der Fahraufgabe), die Steuerbarkeit, die Effizienz und die Bedienungsfreundlichkeit beim Erlernen eines Systems von Relevanz.

Dabei gewinnt das über den Usability/Suitability-Aspekt der Nutzerzufriedenheit hinausgehende emotionale Nutzererleben als Alleinstellungsmerkmal eines Kraftfahrzeugs zunehmend an Bedeutung. Emotionales Nutzererleben wird in der Literatur unter dem Begriff Joy of Use und in den letzten Jahren auch unter dem Begriff User Experience behandelt. Durch diesen Paradigmenwechsel ist selbst bei der Systeminteraktion als Primäraufgabe (Usability) unklar, inwieweit es Überschneidungen, aber auch Unterschiede, zwischen Nutzerzufriedenheit und User Experience gibt. Jordan (2000) geht davon aus, dass positive Emotionen nur dann zustande kommen können, wenn die Usability eines Systems gegeben ist. Dem widersprechen mehrere Autoren (vgl. Norman, 2004; Gotthardsleitner, Eberle & Sary, 2009), die Beispiele davon geben, wie es trotz mangelhafter Usability zu einer positiven

User Experience kommen kann. In der Übertragung in den Automobilbereich, also im Bezug auf die Suitability, kommt noch ein weiterer wichtiger Aspekt dazu: die Sicherheitskritikalität. Bei der Gestaltung eines positiven Nutzererlebens müssen die notwendigen Kriterien eingehalten werden, damit eine entsprechende Schnittstelle im Kraftfahrzeug installiert werden kann und es nicht zu einer sicherheitskritischen Situation kommt.

An dieser Stelle gibt es noch einen erheblichen Bedarf an theoretischer Konzeptionsarbeit und empirischer Absicherung, insbesondere im Bezug auf die Entstehung von User Experience im Automobilbereich und den Stellenwert von Usability und Suitability bei der Erlebnisgestaltung.

Lisa Diwischek

Quellen

- DIN EN ISO (2004). Ergonomische Anforderungen der MenschSystemInteraktion
Teil 110: Grundsätze der Dialoggestaltung (ISO/DIS 9241 110). Düsseldorf: Beuth Verlag
- DIN EN ISO (2003). Ergonomische Aspekte von Fahrerinformations- und assistenzsystemen. Verfahren zur Bewertung der Gebrauchstauglichkeit beim Führen eines Kraftfahrzeuges (ISO 17287:2003). Düsseldorf: Beuth Verlag
- Gotthardsleitner, H., Eberle, P., & Sary, C. (2009). Zur Verschränkung von User-Experience und Usability-Engineering.: Merkmale, Prinzipien und Entwicklungszyklen. In: Zeitschrift für Arbeitswissenschaften, 63(2), 194–210.
- Jordan, P. (2000). Designing Pleasurable Products. UK: Taylor and Francis.
- Jürgensohn, T. & Timpe, K. (2001). Kraftfahrzeugführung. Berlin: Springer Verlag.
- Norman, D. A. (2004). Emotional design: Why we love (or hate) everyday things. New York: Basic Books.
- Urbas, L., Leuchter, S., Pape, N., Trösterer, S. (2009). Prospektive Gestaltung der Ablenkungswirkung von In Vehicle Information Systems. In Th. Jürgensohn, H. Kohlrep-Rometsch (Hrsg.). Tagungsband der 2. Berliner Fachtagung Fahrermodellierung, 19./20. Juli 2008. S.74-83. Düsseldorf: VDI-Verlag (Fortschritt-Berichte, Reihe 22).
- TUM (2009): Erfolgreiche Kooperation zwischen BMW Group und TUM. Pressemitteilung der Technischen Universität München. Abrufbar unter: http://portal.mytum.de/pressestelle/pressemitteilungen/news_article.2009-09-07.5885804254/090908_car_tum_pi.pdf (letzter Abruf: 25.03.2011).

Das Usability-Labor am Lehrstuhl für Ergonomie

Seit nun über einem Jahr betreibt der Lehrstuhl für Ergonomie im dritten Stock in den Räumen MW 3313-3315 ein Usability Labor. Diese drei Räume können zusammenhängend oder getrennt genutzt werden. Dabei ist eine vielseitige Nutzung im Sinn eines klassischen Labors oder auch mit aufgebautem PKW-Fahrerarbeitsplatz Mock-Up möglich. Mit den neuen Räumen sind auch einige am Lehrstuhl neu etablierte Methoden hinzugekommen. Auswahl und Anwendung von Forschungsmethoden erfolgt dabei anhand internationaler Standards und Normen, beispielsweise der ISO 9241 oder dem European Statement of Principles. Einige der aktuellen Forschungsaktivitäten werden hier nun exemplarisch genannt und erläutert.

Pupillometrie - Messung der kognitiven Aktivität

Die Pupillometrie Methode misst Veränderungen des Pupillendurchmessers und lässt darauf aufbauend Rückschlüsse über geistige Aktivität (cognitive activity) zu. Dies ermöglicht nun eine sehr genaue Analyse individueller geistiger Beanspruchung bei der Bearbeitung verschiedenster Aufgaben. Ein wesentlicher Vorteil dieser Methode unter Benutzung des Messsystems EyeLink II™ (siehe Abbildung 1) ist die Tatsache, dass die Messung in Echtzeit erfolgt und ein diesbezüglicher Kennwert (Index of Cognitive Activity, ICA) ohne Verzögerung ausgegeben werden kann (Marshall 2002). Der ICA ist der gemittelte Wert von Pupillenerweiterungen über der Zeit. Darüber hinaus können Messdaten der Pupillometrie aufgezeichnet und zeitsynchron mit Blickdaten, welche dieses System ebenfalls aufzeichnet, gespeichert werden. Rößger hat sich 1996 in seiner Dissertation mit dieser Methode als Messinstrument für mentale Beanspruchung auseinandergesetzt, jedoch feststellen müssen, dass diese nur unter Laborbedingungen anwendbar ist. Technische Weiterentwicklungen ermöglichen heute allerdings eine weitgehende, gegenüber vielen Störeinflüssen und Bedingungen robuste Messung im Feldversuch.



Abb. 1: Pupillometrie-Messsystem EyeLink II™

Im Rahmen der Kooperation mit dem Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik (Prof. Lienkamp) kam die Pupillometrie in einer dortigen Studie bereits im Fahrsimulator zum Einsatz (Abbildung 2). Ziel der Studie ist die Erfassung der Beanspruchung von LKW-Fahrern unter alltäglichen Fahrsituationen und Umweltbedingungen. Hierfür wurden in einer explorativen Studie für die Beanspruchung relevante Szenarien identifiziert und in den Fahrsimulator implementiert. 36 Berufs-LKW-Fahrer absolvierten die Szenarien verteilt auf mehrere Fahrtabschnitte à fünf bis zehn Minuten in einem insgesamt zweistündigen Versuch. Neben dem ICA wurden als Maße für die Beanspruchung der Hautleitwert, Fahrleistungskennwerte und subjektive Daten erhoben, welche hinsichtlich Korrelationen mit dem ICA überprüft werden. Eine erste Sichtung der Daten deutet auf aussagekräftige Ergebnisse hin.



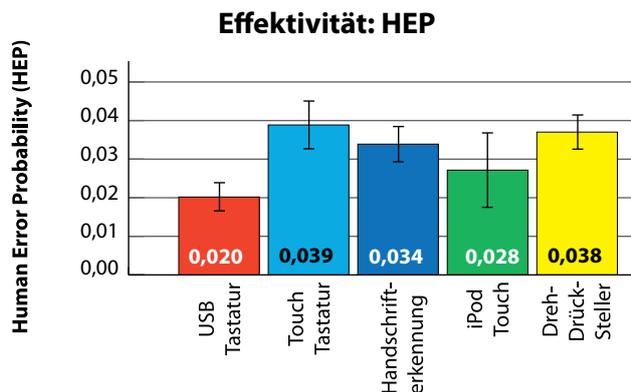
Abb. 2: Dynamischer LKW-Fahrsimulator, Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik

Detection Response Task- Messung visueller und mentaler Beanspruchung

Zur Messung der Ablenkung des Fahrers von Systemen im Fahrzeug wurde eine Detection Response Task entwickelt. Dabei werden dem Benutzer während einer Aufgabe Reize präsentiert, auf welche er möglichst schnell reagieren soll. Die Reize können optischer (LEDs), taktiler (Vibrationsmotor am Handgelenk) oder auch akustischer (Signalton) Natur sein. Diese Realisierungen werden als peripheral detection task (PDT), tactile detection task (TDT) oder auditory detection task (ADT) bezeichnet. Die Reaktion auf diese Reize erfolgt über einen Druckknopf, Mikroschalter oder aber auch durch Drücken eines Pedals. Anhand der Reaktionszeit auf einen Reiz ist es möglich, auf die visuelle oder mentale Beanspruchung des Probanden zu schließen, denn mit ansteigender Beanspruchung steigt normalerweise ebenfalls die mittlere Reaktionszeit. Für den Lehrstuhl wurde von Herrn Dlugosch ein Aufbau zur Durchführung solcher Untersuchungen erstellt, welcher bereits in einer Studie von Herrn Kohlmann erfolgreich zum Einsatz kam. Die aktuellen Versuche stellen einen wichtigen Beitrag zu den Standardisierungsaktivitäten auf ISO Ebene statt.

Beurteilung der Gebrauchstauglichkeit von Eingabemedien

Eine klassische Laborstudie wurde im Rahmen eines studentischen Forschungsprojekts einer Studierenden des Studiengangs Neuro-Cognitive Psychology im Usability-Labor von Herrn Hasbeck betreut. Die wissenschaftliche Fragestellung hierbei zielte auf die Gebrauchstauglichkeit unterschiedlicher Eingabemedien bei alphanumerischer Eingabe ab. Dabei wurden in einem Probandenversuch eine typische Hardware-Tastatur, eine Touchscreen-Tastatur und eine Handschrifterkennung an einem Notebook sowie die Touchscreen-Tastatur des Apple iPod und die Eingabe per Dreh-Drück-Steller miteinander verglichen. Mit dem Dreh-Drück-Steller wird ein Eingabedialog geführt, bei dem Buchstaben, Zahlen und Zeichen kreisförmig angeordnet sind. Die wissenschaftliche Usability-Untersuchung erfolgte anhand der Kriterien der ISO 9142-11, Effektivität (Abbildung 3), Effizienz und Zufriedenstellung. Dieser Versuch zeigte einerseits klar die Überlegenheit einer Hardware-Tastatur bei alphanumerischer Eingabe, zeigt aber auch auf, dass die Wahl des Eingabemediums vom jeweiligen Nutzungskontext abhängt. Beispielsweise gelten für Freizeitanwendungen die Kriterien Effektivität und Effizienz nur sehr bedingt – die Attraktivität des Produktes steht hier klar im Vordergrund.



Fehlerindikator: +/- 1 Standardfehler

Abb. 3: Human Error Probability (HEP) unterschiedlicher Eingabemedien im Versuch

Okklusionsmethode - Messung der Unterbrechbarkeit

Die Okklusionsmethode untersucht die Unterbrechbarkeit von Bedienungsaufgaben. Wenn diese als Nebenaufgabe (dual-task Situation) parallel zu einer Hauptaufgabe und möglicherweise weiteren Nebenaufgaben durchzuführen sind, müssen sie robust gegenüber Unterbrechungen gestaltet sein. Am Beispiel des Kraftfahrzeugs bedeutet dies, dass die Bedienung eines Fahrerinformationssystems während der Fahrt immer mit Unterbrechungen einhergeht, da die Aufmerksamkeit des Fahrers während der Aufgabenerledigung kontinuierlich zwischen der Hauptaufgabe (Fahren) und der Nebenaufgabe (Bedienung) wechselt. Wenn nun ein Bedienungsvorgang nicht unterbrochen werden kann, sollte dieser nur im stehenden Fahrzeug ausgeführt werden. Der Grad an Unterbrechbarkeit liefert ein Maß dafür, wie leicht eine Aufgabe häufiger unterbrochen werden kann, ohne dass hierbei die Fehlerrate wäh-

rend der Bedienung signifikant ansteigt oder eine Bedienung gänzlich unmöglich wird. Das Grundprinzip der Okklusion ist nun, Unterbrechungen von Bedienungsaufgaben zu simulieren, welche von einer parallelen Hauptaufgabe hervorgerufen würden. Eine entsprechende Hauptaufgabe, z.B. das Führen eines Fahrzeugs, ist hierbei nicht notwendig. ISO 16673 definiert dazu einen geeigneten Messvorgang, welcher den Grad an Unterbrechbarkeit misst. Als Hilfsmittel wird dazu eine Shutterbrille (siehe Abbildung 4) benötigt, welche zu festgelegten Zeitintervallen jeweils freie und verdeckte Sicht auf die Bedienungsaufgabe gewährt. Der zugehörige charakteristische Kennwert ist der R-Koeffizient. Dieser berechnet sich aus dem Verhältnis von total shutter open time (TSOT) zur total task time (TTT). Dabei stellt die Variable TSOT die Summe der Zeitanteile dar, in denen die Shutterbrille eines Versuchsdurchlaufes geöffnet ist, während TTT die Gesamtzeit zur Aufgabendurchführung ohne Okklusionsbedingung angibt.



Abb. 4: Shutterbrille

Okklusionsversuch und Schwingungseinfluss

Ein weiteres Experiment zu Eingabemedien führte Frau Popova teils im Usability-Labor, teils im Schwingungssimulator des Lehrstuhls mit studentischer Unterstützung durch. Dabei wurden die bereits oben erwähnten Eingabegeräte Dreh-Drück-Steller und Touchscreen gegeneinander evaluiert. Hierbei stand im Mittelpunkt der Forschungsaktivität die Frage, welches der beiden Medien sich bei Anwendungen im Kraftfahrzeug besser eigne. Um dies auch kontextspezifisch zu überprüfen, wurden die Experimente unter Single-Task-, Okklusions- und Schwingungsbedingungen untersucht. Für diese Studie wurden eigens elementare Interaktionsprototypen entwickelt, welche kombiniert und zusammengesetzt weitgehend das Spektrum von Bedienungsvorgängen an Fahrerinformationssystemen im Kraftfahrzeug abbilden. Mit Hilfe der oben beschriebenen Okklusionsmethode wurden die Bedienungsvorgänge als simulierte Nebenaufgaben untersucht. Daneben finden Bedienungsvorgänge im Kraftfahrzeug meist auch unter dem Einfluss von Fahrzeugschwingungen statt. Dieser Tatsache trug der Versuchsteil im Schwingungssimulator Rechnung. Die Versuchsergebnisse zeigten hier keine klare Präferenz eines Eingabemediums, sondern wiederum stark kontextabhängige Vorzüge.

Usability-Engineering von Medizingeräten

Im Rahmen einer Expertenevaluation, durchgeführt von den Herren Krause und Eichinger, nahmen fünf Mitglieder des Lehrstuhls ein Medizintechnikgerät im Bezug auf die Gebrauchstauglichkeit näher unter die Lupe. Bei einer Expertenevaluation deckt eine relativ kleine Gruppe von Experten einen Großteil der vorliegenden Mängel in der Gebrauchstauglichkeit auf. Mit diesem Vorgehen werden unter reduziertem Ressourceneinsatz gegenüber einem Nutzertest, in einem möglichst frühen Stadium (Papierversion, virtuelles Modell, Prototyp) mit vergleichsweise einfachen Methoden („Discount Usability Engineering“, Nielsen 1993) grobe Fehlentwicklungen vermieden. Die Experten interagierten mit dem Gerät und erhielten als Grundgerüst und Anhaltspunkt für Ihre Anmerkungen einen Satz von Heuristiken (siehe Tabelle 1) an die Hand. Bei Heuristiken handelt es sich um allgemein formulierte Grundsätze der Gebrauchstauglichkeit, wie beispielsweise die Sichtbarkeit des Systemstatus oder die Fehlervorbeugung. In einem nächsten Iterationsschritt der Geräteentwicklung können die von den Experten vermerkten Unzulänglichkeiten berücksichtigt werden.

Tabelle 1: verwendete Heuristiken

1	Wahrnehmbarkeit- Lesbarkeit, Unterscheidbarkeit, Ähnlichkeit
2	Wahrnehmungssteuerung
3	Konsistenz, Standards, Erwartungskonformität-Übereinstimmung von Nutzererwartungen und realem Vorgang
4	Erkennen vor Erinnern; externe Wissenspräsentationen (Knowledge in the World-Knowledge in the head)
5	Mappings, Compatibility, Affordances, Constrains
6	Unterstützung beim Erkennen und Verstehen von Fehlern
7	Fehler vermeiden durch erzwungenes Verhalten / Zwangsfunktionen (forcing functions)
8	Prozessangemessenheit
9	Feedback-Sichtbarkeit des Systemstatus, Transparenz und Beobachtbarkeit von Systemabläufen

Konstruktion eines neuen Ergonomie-Mock-Up

Für den Lehrstuhl konstruiert Herr Kohlmann im Rahmen des geförderten Projekts safeDrive derzeit ein neues Fahrzeug Mock-Up (Abbildung 5). Dieses soll im Vergleich zu früheren Forschungseinrichtungen neben systemergonomischen Aspekten nun auch anthropometrische Untersuchungen ermöglichen. Die Konstruktion des Mock-Up wurde unter der Prämisse größtmöglicher Flexibilität und vielseitiger Anwendungsmöglichkeiten erarbeitet. Der Rahmen der Sitzkiste besteht aus Aluprofilen, welche einen einfachen Aufbau und schnellen Umbau der Einrichtung ermöglichen. Desweiteren bietet die Konstruktion Flexibilität bzgl. Anzeige- und Bedienelementen, sowie Sitz, Lenkrad und Pedalerie. Darüber hinaus kann die Simulation der Fahrszene auf einer Leinwand per Beamer oder durch einen Großbildschirm erfolgen. Die Sitzkiste ist somit für eine große Bandbreite an Untersuchungen im Usability-Labor verwendbar, kann zu einer Entlastung des LfE-Fahrsimulators beitragen und Studenten in Praktika die Möglichkeit bieten, „Hands-On“-Erfahrung zu sammeln.

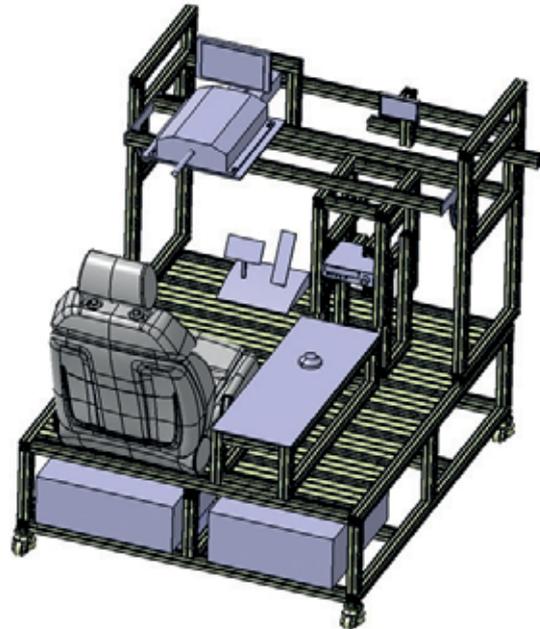


Abb. 5: Neues Ergonomie - Mock - Up

Andreas Haslbeck, Maria Seitz, Martin Kohlmann, Severina Popova, Michael Krause, Armin Eichinger

Literaturverzeichnis

- ISO 9241-11: Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) - Part 11: Guidance on usability (1999). ISO.
- Commission of the European Communities (Hg.) (2006): Commission Recommendation of 22 December 2006 on safe and efficient in-vehicle information and communication systems: Update of the European Statement of Principles on human machine interface. Brussels.
- Marshall, S. (2002): The Index of Cognitive Activity: measuring cognitive workload. In: J. J. Persensky, B. Hallbert und H. S. Blackman (Hg.): Proceedings of the 2002 IEEE 7th Conference on Human Factors and Power Plants. IEEE 7th Conference on Human Factors and Power Plants. Scottsdale, 15.-19. September 2002. IEEE. New York, S. 7-5-7-9.
- Rößger, P. (1996): Die Entwicklung der Pupillometrie zu einer Methode der Messung mentaler Beanspruchung in der Arbeitswissenschaft. Dissertation. TU Berlin, Berlin.
- ISO 16673: Road vehicles - Ergonomic aspects of transport information and control systems - Occlusion method to assess visual distraction due to the use of in-vehicle systems (2007). ISO.
- Nielsen, Jakob (1993): Usability engineering. Boston: Academic Press. Online verfügbar unter <http://www.worldcat.org/oclc/27640655>.

Blickgesteuerte Interaktion mit Peripheriegeräten

Ein Projekt des Lehrstuhls für Ergonomie und der Ergoneers GmbH

Gefördert vom Bund der Freunde der TU München e.V.

Einleitung

Seit vielen Jahren wird am Lehrstuhl für Ergonomie Forschung im Bereich der Blickerfassung betrieben. Bereits 1992 wurde hier die Entwicklung eines eigenen Blickerfassungssystems begonnen [Sch92]. Eine Weiterentwicklung mit dem Namen „JANUS“ wurde 1993 zum ersten Mal eingesetzt [Mat93]. Das System bestand aus einem Helm mit Kameras und einem Gegengewicht zur Reduzierung der Belastung der Nackenmuskulatur (siehe Abb.1). Ab 2005 wurde ein neues „Digitales kabelloses Blickerfassungssystem“ (DIKABLIS) entwickelt, bei dem die vom Probanden getragene Kopfeinheit deutlich kleiner und leichter ist [Lan05]. Mit diesem System war es erstmalig möglich das Blickverhalten des Probanden kabellos und in Echtzeit zu verfolgen und zu überwachen [Lan06]. DIKABLIS wird am Lehrstuhl für Ergonomie zur Untersuchung und Evaluation der Mensch-Maschine-Interaktion und zur Erforschung menschlichen Verhaltens eingesetzt. Es wäre jedoch denkbar, es auch für andere Zwecke zu benutzen. Durch gezieltes Einsetzen der Blickrichtung ließen sich etwa Geräte nur mit den Augen ohne Einsatz z.B. der Hände steuern. Die Blickerfassung würde dann nicht nur die Interaktion überwachen, sondern wäre selbst das Medium der Interaktion.



Abb.1: Das Blickerfassungssystem JANUS mit Kopfeinheit und Aufnahmesystem.

Das Ziel dieses Projektes war es auf Basis der vorhandenen DIKABLIS-Hard- und Software eine Blicksteuerung zu entwickeln. Als Zielgruppe für die Blicksteuerung werden vor allem Menschen mit Lähmungen angesehen, denen es nicht oder nur schwer möglich ist mit ihren Extremitäten mit Geräten zu interagieren, die aber ihren Blick bewusst fixieren können. Dies trifft vor allem für Personen mit Querschnittslähmung (bei Lähmung aller vier Gliedmaßen, genannt Tetraplegie) und Locked-In-Syndrom zu. Davon gibt es etwa je 6000 Betroffene in Deutschland [Sta11][Sch10]. Zusammen mit anderen Einschränkungen, die Interaktion mit den Extremitäten erschweren, dürften allein in Deutschland deutlich über zehntausend Menschen leben, die vom Einsatz einer Blicksteuerung profitieren können. In ganz Europa dürfte es hochgerechnet

über hunderttausend potentielle Anwender sein. Prinzipiell ließen sich mit einer Blicksteuerung fast beliebige Geräte im Haushalt ansteuern. Aufgrund der Zielgruppe kamen für eine Demonstration des Konzeptes aber nur solche in Frage, für die es mögliche Anwendungsfälle für Gelähmte gibt. Als einfaches Anwendungsbeispiel wurde die Steuerung eines Fernsehgerätes gewählt.

Das Blickerfassungssystem DIKABLIS

DIKABLIS ist ein kopfbasiertes Blickerfassungssystem. Das heißt, dass der Proband, dessen Blickverhalten untersucht wird, ein brillenartiges Gestell trägt, in dem zwei Miniaturkameras eingebaut sind (siehe Abb.2). Eine Kamera filmt das Blickfeld des Probanden, die andere ist auf ein Auge gerichtet. Der Proband trägt einen Sender am Gürtel, der die Bilddaten der beiden Kameras via Funkübertragung an einen DIKABLIS-Laptop überträgt. Dadurch kann sich der Proband frei im Empfangsbereich bewegen. Mit der Bilderkennungssoftware auf dem Laptop wird im Bild der Augenkamera die Position der Pupille erkannt. Die Videos der Augenkamera und der Blickfeldkamera werden überlagert. Nach einer Kalibrierung der beiden Videos zueinander entspricht die Position der Pupille recht genau der Blickrichtung des Probanden im Blickfeldvideo (siehe Abb.3). Der Blickfilm mit dem augenblicklichen Fixationspunkt kann sowohl während des Einsatzes angeschaut und überwacht werden als auch gespeichert und im Nachhinein analysiert werden.



Abb.2: Die DIKABLIS-Kopfeinheit.

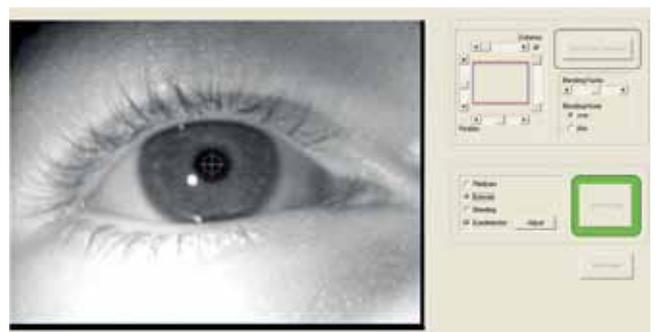


Abb.3: Die DIKABLIS-Software erkennt die Position der Pupille im Bild der Augenkamera (Fadenkreuz).

Für eine einfache und automatisierte Analyse des Blickverhaltens, können im Blickfilm im Nachhinein sogenannte Areas of Interest (AOI) definiert werden (siehe Abb.4). Diese sind beliebige Polygone im Blickfeldfilm, die automatisch darauf überprüft werden, wie oft, wann und wie lange der Blickrichtung des Probanden innerhalb dieser Flächen war [Lan09]. Um die AOIs im Blickfeldfilm je nach Kopfstellung des Probanden zu erkennen und nachzuverfolgen, sind gewisse Referenzpunkte in der Umwelt nötig, die die Bilderkennungssoftware im Blickfeldfilm erkennen kann und in Relation zu denen die AOIs definiert sind. Dazu werden schachbrettartige Marker verwendet, die darauf optimiert sind, von der Software unter allen Bedingungen schnell erkannt und zugeordnet werden zu können. Diese Marker können frei in der Umwelt positioniert werden, sollten sich aber immer in der Nähe potentieller AOIs befinden, denn nur, wenn sich ein Marker im Blickfeld befindet und erkannt wird, ist für die Software auch eine AOI in diesem Bild vorhanden. Die DIKABLIS-Software war bisher in der Lage, nach der Aufzeichnung eines Blickfilms darin AOIs zu definieren, durch eine Analyse dieses Blickfilms dann Marker- und AOI-Positionen zu detektieren, die Positionen in den Blickfilm einzublenden und das Blickverhalten bezüglich der AOIs statistisch auszuwerten.



Abb.4: Blickfilm mit mehreren AOIs, Fadenkreuz für den Blickpunkt und Referenzmarkern.

Interaktion mittels Blickverhalten

Der Inhalt dieses Projektes war es, DIKABLIS so zu erweitern, dass es die Position der Marker bereits während der Proband die Blickerfassungsbrille trägt in Echtzeit erkennt. Wenn die AOIs bereits im Vorhinein in Abhängigkeit der Marker definiert sind, lässt sich so zu jeder Zeit überprüfen, ob der Proband auf eine AOI blickt. Dann kann die Software beim längeren Blick auf eine bestimmte Fläche eine damit verknüpfte Aktion auslösen, z.B. den Senders wechseln. Zur Demonstration des Konzeptes wurde in diesem Projekt genau so ein

Versuchsaufbau realisiert, bei dem es einem Benutzer möglich ist, an einen Fernseher durch das Blicken auf Steuerungsflächen den Kanal zu wechseln und die Lautstärke anzupassen.

Folgende technische Schritte waren nötig, um dieses Ziel zu realisieren:

- Definition der AOIs in von den Referenzmarkern aufgespannten Koordinatensystemen: Die AOIs werden in XML-Dateien gespeichert, in denen ihre beliebigen Eckpunkte als zweidimensionale Vektoren in einem Koordinatensystem angegeben sind, dessen Ursprung eine Ecke eines Referenzmarker ist. Jeweils eine Kante des Markers bilden die Ordinate und Abszisse, sodass die diagonal gelegene Ecke des gleichen Markers die Koordinaten (1;1) hat.
- In die Recorder-Software von DIKABLIS wurde eine DLL eingebunden, die auf die bereits vorhanden Daten wie Koordinaten des Blickpunktes in den Koordinaten der Blickfeldkamera zugreifen kann. Diese wurden zuvor von DIKABLIS bereits von Koordinaten in der Augenkamera zu Koordinaten in der Blickfeldkamera transferiert.
- Innerhalb dieser DLL wurde auch der größte Teil der Neuentwicklung, das Erkennen der Marker im Blickfeldvideo in Echtzeit, realisiert: Dazu wird der Film Bild für Bild für eine schnellere Verarbeitung zuerst in ein Graustufen- und dann in ein 1-Bit-Schwarz-Weiß-Bild gewandelt. Dies geschieht um einen maximalen Kontrast des Bildes zu erlangen und um die Kantenerkennung, die zum Finden der rechteckigen Marker nötig ist zu vereinfachen. Es werden alle Kanten im Bild bestimmt, also Linien, die von Schwarz auf Weiß wechseln. Dann wird überprüft, ob sich aus den Linien Rechtecke bilden lassen und diese die Eigenschaften gültiger Marker haben. Wenn sie einen durchgehenden schwarzen Rand haben und ein gültiges Muster zur Identifikation in der Mitte, werden ihre Koordinaten im Bild erfasst. Da die Güte der Erkennung stark von den Lichtverhältnissen und der Größe und Lage der Marker im Bild abhängt, ist die Erkennung fehlertolerant ausgelegt und kann ungültig erkannte, aber gültigen ähnliche Marker richtig zuordnen.
- Die Koordinaten des Blickpunktes werden dann jeweils in die Koordinatensysteme aller im Bild gefundenen Marker transferiert.
- Die DLL enthält eine Netzwerkschnittstelle, durch die sie für jedes der 25 Videobilder pro Sekunde die Koordinaten der gefundenen Marker und die Koordinaten des Blickpunktes sowohl in Blickfeldkoordinaten als auch in Markerkoordinaten ausgegeben wird. Dadurch können die Daten von einem beliebigen anderen Programm auf dem gleichen oder über ein Netzwerk verbundenen anderen Rechner genutzt werden.

- Im Rahmen dieses Projektes wurde ein kleines Demonstratorprogramm implementiert, das die in den XML-Dateien definierten AOIs einliest und via Netzwerkschnittstelle kontinuierlich die Daten aus der DIKABLIS-DLL empfängt. So überprüft es während ein Proband die Blickerfassungsbrille trägt dessen Blickrichtung und gibt bei längerem Verweilen des Blickes (Experimente ergaben etwa 1,5 Sekunden als probate Verweildauer) auf eine AOI ein in der XML-Datei definiertes Kommando an eine DVB-T-Software weiter, die daraufhin den Fernsehempfang steuert. Da die Möglichkeit besteht, dass die Marker nicht durchgehend erkannt werden, wurde ein Algorithmus eingesetzt, der nicht bei einer durchgehenden Verweildauer des Blickes in der AOI den Befehl auslöst, sondern der bei einer frei einstellbaren Anzahl von Blicktreffern innerhalb einer frei einstellbaren Zeit auslöst. So ist auch bei einer schlechten Markererkennung (aufgrund der Entfernung oder der Lichtverhältnisse) ein Auslösen von Kommandos nach längerer Zeit möglich. Der Blicksteuerungsdemonstrator kann auch beliebige andere Programme kontrollieren, die sich mit Tastendrücken steuern lassen.

Einsatz

Da beim Fernseher der Blick während der Benutzung auf dem Fernsehschirm ruht, wurden die Interaktionsflächen direkt am Rand des Fernsehers platziert. Eine einfache Anordnung nach systemergonomischen Kriterien bot sich an: Zum Erhöhen der Lautstärke wurde eine Fläche oberhalb des Fernsehers definiert, zum Verringern unterhalb. Flächen rechts und links des Fernsehers bewirken bei Blickzuwendung ein Weiter- und Zurückschalten des Kanals (siehe Abb.5). Zum An- und Ausschalten können Flächen etwas abseits des Fernsehers, z.B. an der Wand definiert werden. Um dem Benutzer darzustellen, welche Interaktionsmöglichkeiten er hat, wurden an den Rändern des Fernsehers beschriftete Kartons angebracht um die AOIs zu repräsentieren. Dies hat zusätzlich den Vorteil, dass es Benutzern deutlich leichter fällt, den Blick bewusst länger an einer Stelle zu fokussieren, wenn sie ein optisches Element anpeilen können, als wenn sie den Blick in einem bekannten Bereich halten müssen, der aber außer in ihrem Geiste nicht klar umrissen ist. Dann kommt es häufig zu ungewolltem Wegblicken aus der Interaktionsfläche. Beim Steuern des Fernsehers ist eine gute Rückmeldung für das erfolgreiche Auslösen von Steuerbefehlen gegeben, da sich zeitnah in direkter Nachbarschaft der Interaktionsfläche der Bild- und Toninhalt ändert, wenn der Kanal gewechselt wird. Das Ändern der Lautstärke wird ebenfalls sofort akustisch wahrgenommen, zusätzlich wird ein Anzeigeelement auf dem Fernsehschirm eingeblendet. Unabhängig davon kann für beide Arten von Befehlen eine zusätzliche akustische Rückmeldung (Signalton) bei erfolgtem Befehl gegeben werden. Dies ist vor allem beim direkt aufeinanderfolgenden mehrmaligen Kanalwechsel bzw. Lautstärke ändern hilfreich.



Abb. 5: Versuchsaufbau zum Steuern eines Fernsehers mit Hilfe der DIKABLIS-Blicksteuerung

Die Interaktionsflächen selber können jedoch im Gegensatz zu anderen Software-Systemen keine optische Rückmeldung bei Auslösung geben, da sie nur von Kartons repräsentiert werden und nicht auf Bildschirmflächen liegen. Es wäre natürlich möglich die Interaktionsflächen auch auf dem Display als Rand rund um das Fernsehbild oder auf externen Monitoren zu realisieren. Es wurde noch ein zweiter Demonstrator implementiert, bei dem statt eines Fernsehers ein Musikspieler mit Blicken gesteuert werden kann. Hier wurden die Interaktionsflächen (und auch die Referenzmarker) auf einem Fernsehschirm durch Software dargestellt. Dies erlaubt es zusätzlich eine optische Rückmeldung (Aufleuchten der Fläche) bei erfolgter Betätigung zu geben. Es werden Interaktionsflächen für Play/Pause, Vorwärts, Zurück, Leiser und Lauter angezeigt (siehe Abb.6). Allerdings zeigte sich, dass es bei einer Anordnung der Interaktionsflächen im peripheren Sichtfeld wie beim Fernseher zu weniger unbeabsichtigtem Auslösen von Funktionen kommt als bei einer gebündelten Anordnung, da die Benutzer oft mit dem Blick auf dem Interaktionsflächenbereich verweilen, wenn sie nicht gezwungen sind, zu einem Bereich der Betrachtungsinteresse zurückzukehren (Beim Musikhören ist der Blick nicht gebunden).



Abb. 6: Interaktionsflächen zum Steuern eines Musikplayers für die Anzeige auf einem Monitor oder Fernseher. Beim Auslösen einer Fläche durch Daraufblicken für etwa 1,5 Sekunden leuchtet die Fläche kurz auf.

Ausblick

Der im Rahmen des Projektes angestrebte Leistungsumfang konnte realisiert werden. Das Ansteuern eines Fernsehers oder Musikspielers auf Computerbasis funktioniert sehr gut. Die Genauigkeit der Blickwinkelerkennung und der Referenzmarkererkennung sind für diese Zwecke mehr als ausreichend. Die bisherigen Versuche mit der Blicksteuerung wurden noch als Expertentests mit Entwicklern und Mitarbeitern des Lehrstuhls für Ergonomie durchgeführt. Sie dienten dazu, die prinzipielle Funktionsfähigkeit des Konzeptes zu demonstrieren. Weiterhin wären nun Ergebnisse systematischer Untersuchungen mit durchschnittlichen Versuchspersonen ebenso wie mit gelähmten Personen interessant. Durch die offene Softwarestruktur der Implementierung ist eine Erweiterung der Programme über die Netzwerkschnittstelle und eine Anpassung an weitere denkbare Anwendungsszenarien einfach möglich.

Jurek Breuninger

Literatur

- [Lan05] Lange C.: The Development and Usage of Diklabilis (Digital wireless gaze tracking system). In: Thirteenth European Conference on Eye Movements ECEM13 Abstracts, Bern (2005)
- [Lan06] Lange C., Wohlfarter M., Bubb H.: DIKABLIS – Engineering and Application Area. In: Proceedings IEA 2006 16th World Congress on Ergonomics; Maastricht, the Netherlands (2006)
- [Mat93] Matonvinovic R.: JANUS – Ein Hilfsmittel zur Bestimmung von Blickpunkten. Diplomarbeit, Lehrstuhl für Ergonomie der TU München (1993).
- [Sch92] Schneider M.: Konstruktion und Erprobung einer Blickrichtungsmessvorrichtung. Diplomarbeit, Lehrstuhl für Ergonomie der TU München (1992).
- [Sch10] Schröter C.: Amyotrophe Lateralsklerose – Vorkommen und Häufigkeit. <http://www.amyotrophe-lateralsklerose.de> (2010)
- [Sta11] Statistisches Bundesamt: Gesundheit – Diagnosedaten der Patienten und Patientinnen in Krankenhäusern (einschl. Sterbe- und Stundenfällen) 2009; Fachserie 12 Reihe 6.2.1 (2011)
- [Lan09] Lange C., Bubb H.: Normgerechte Durchführung von Blickerfassungsexperimenten nach ISO/TS 15007-2:2001. In: Tagungsband zum 55. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft; Technische Universität Dortmund 4.-6. März (2009)

IMPRESSUM:

Herausgegeben vom
Lehrstuhl für Ergonomie
Technische Universität München
Boltzmannstrasse 15
85748 Garching
Tel: 089/ 289-15366
www.ergonomie.tum.de

ISSN: 1616-7627

Verantw. i.S.d.P.:

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

Haptische Konstanzleistung bei Drucktastern

Einleitung

Die haptische Bedienschnittstelle ist – trotz alternativer Eingabemethoden wie z. B. Sprachsteuerung – nach wie vor die dominierende Mensch-Maschine-Schnittstelle in Kraftfahrzeugen [1]. Für sekundäre und tertiäre Fahraufgaben, beispielsweise Assistenz und Komfortfunktionen, kommen vornehmlich mechanische Bedienelemente wie z. B. Drehsteller, Drucktaster oder kombinierte Dreh-Drück-Steller zum Einsatz.

Vor allem im Premiumsegment sind Automobilhersteller bemüht, auch über die Haptik der Bedienelemente, Markenmerkmale wie z. B. Sportlichkeit oder Zuverlässigkeit zu transportieren. Basis für Haptik-Design ist aber zunächst die Untersuchung der grundlegenden Wahrnehmungsprozesse. Dies fällt in das Arbeitsgebiet der Psychophysik.

Ein weiterer Schritt ist es, mechanische Parameter von Bedienteilen mit der Wertanmutung in Verbindung zu setzen. So wurde beispielsweise in [2] u. a. der Zusammenhang zwischen technischen Parametern und dem subjektiven Empfinden bei rotatorischen Bedienelementen untersucht.

Bedienelemente werden im Kraftfahrzeug an unterschiedlichen Orten verbaut, z. B. im Armaturenbrett oder im Dachhimmel. Hier stellt sich die Frage, ob die mechanischen Eigenschaften dieser Bedienelemente unabhängig von der Einbaulage erkannt werden oder ob beispielsweise das Eigengewicht des Armes bei einer Überkopfbedienung die wahrgenommenen mechanischen Eigenschaften des Bedienelementes beeinflusst.

Wenn das Wahrnehmungssystem die mechanischen Eigenschaften von Bedienelementen unabhängig von der Einbaulage erkennt, dann wäre dies ein haptisches Äquivalent zu den aus der visuellen Wahrnehmung bekannten Konstanzphänomenen.

Dies ist auch unter Sicherheitsgesichtspunkten interessant – es ist z. B. wichtig, dass ein Bedienteil eine klare Rückmeldung darüber gibt, ob eine Funktion ausgelöst wurde oder nicht. Besteht eine haptische Konstanzleistung, so kann man die gleiche Kraft-Weg-Charakteristik, bei gleicher Rückmelde-Qualität, für unterschiedliche Einbaulagen verwenden.

Konstanzleistungen der Wahrnehmung

Allgemein

Konstanzleistungen führen zu subjektiv – in Näherung – konstanten Wahrnehmungen trotz sich ändernder physikalischer Reize. Dabei werden wesentliche Objekteigenschaften weiterhin als solche wahrgenommen, auch wenn sich objektiv die Bedingungen verändern. Dies führt u. a. zur Entlastung des Wahrnehmungsapparates. Bekannt sind vor allem die Konstanzphänomene der visuellen Wahrnehmung. Am bekanntesten sind

- Größen-,
- Farb-,
- Helligkeits- und
- Formkonstanz.

Optische Objekteigenschaften werden wahrgenommen, indem z. B. Sonnenlicht, das von Objekten reflektiert wird, auf die Netzhaut trifft und diese Sinnesreizung vom Gehirn interpretiert wird. Bei dem gleichen Objekt unterscheiden sich aber die auf der Netzhaut ankommenden Helligkeitsverteilungen in Abhängigkeit der Beleuchtungssituation zum Teil stark, z. B. Kerzenschein und Mittagssonne. Trotzdem werden in Alltagssituationen die Objekteigenschaften korrekt erkannt, so erscheint etwa ein weißes Blatt Papier bei Dämmerung und bei Sonnenschein weiß, obwohl sich die Leuchtdichte objektiv stark unterscheidet.

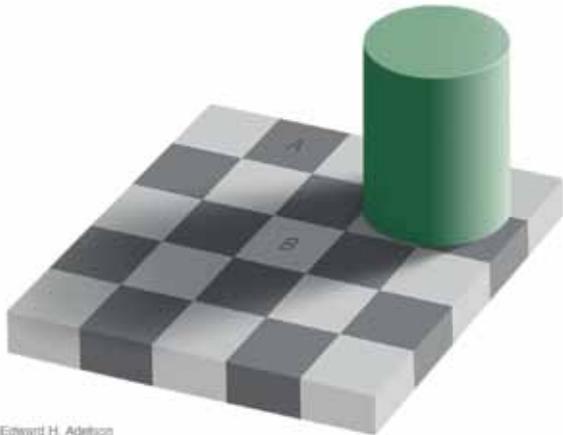
Nachfolgend werden zwei Konstanzphänomene anhand von je einem Beispiel näher erklärt.

Größenkonstanz Die wahrgenommene Größe von Objekten hängt nicht ausschließlich von der objektiven Abbildungsgröße auf der Netzhaut (Retina) ab. Zusätzlich wird der wahrgenommene Abstand zum Objekt mit berücksichtigt. Diese Größenkonstanz kann auch zu optischen Täuschungen führen, siehe Abbildung 1.



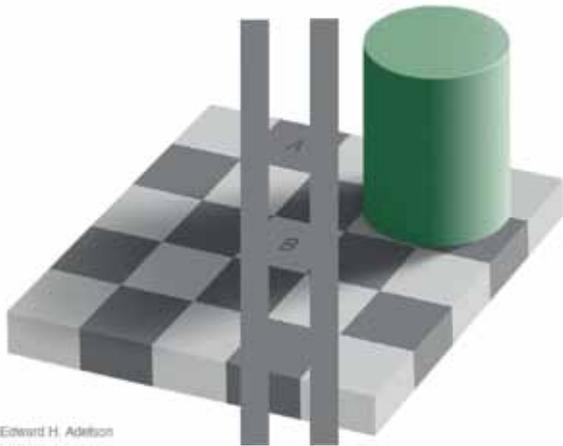
Abb.1: Größenkonstanz – die drei identisch großen Figuren wirken unterschiedlich groß [3, S. 383].

Helligkeitskonstanz Die wahrgenommene Helligkeit eines Objektes hängt nicht nur von der objektiven Lichtmenge ab, die unser Auge erreicht. Zusätzlich spielen weitere Faktoren wie z. B. das Vorhandensein von Schatten und das Verhältnis der Lichtintensitäten in der Szene eine Rolle. Auch die Helligkeitskonstanz kann zu Täuschungen führen, siehe Abbildung 2 bzw. 3.



Edward H. Adelson

Abb. 2: Illustration zur Helligkeitskonstanz von Edward H. ADELSON – die Felder A und B haben den gleichen Grauton! Abbildung 3 zeigt die Auflösung. Quelle: <http://persci.mit.edu/gallery/checkershadow>



Edward H. Adelson

Abb. 3: Auflösung zu Abbildung 2 – die Felder A und B und die zwei Balken haben den gleichen Grauton. Man kann dies am PC mit einem sog. Colorpicker (Software) gerne überprüfen.

Haptische Konstanzleistung

Um die haptischen Eigenschaften von Bedienelementen wahrzunehmen ist stets eine Eigenaktivität notwendig: Man muss das Bedienteil betätigen, um die haptischen Eigenschaften, wie z. B. die Kraft-Weg-Charakteristik, erfahren zu können. Wenn auch hier Konstanzphänomene existieren, dann muss das Wahrnehmungssystem den Einfluss der Eigenaktivität von den konstanten Objekteigenschaften trennen können.

Für Drehsteller wurde bereits in [4] eine Konstanzleistung nachgewiesen. Dabei wurde gezeigt, dass sich die Unterschiedsschwellen für die Drehmomentamplitude einer Rastung in verschiedenen Einbaulagen und Abstützbedingungen (mit oder ohne Unterarm-Auflage) nicht voneinander unterscheiden.

Konstanzleistungen in diesem Bereich deuten darauf hin, dass z. B. Unterschiedsschwellen, die für eine bestimmte Einbaulage bzw. Abstützbedingung gefunden werden, zumindest in Grenzen auf andere Situationen übertragbar sind.

In der vorliegenden Arbeit wird untersucht, ob auch für Drucktaster Konstanzphänomene existieren. Im Gegensatz zu den Drehstellern, sind bei Drucktastern dieselben Muskeln an der Betätigung des Bedienelements und der zum Erreichen der Einbaulage notwendigen Armbewegung beteiligt.

Versuchsdesign und Methoden

Fragestellung

Ziel der Untersuchung ist es, festzustellen, ob bei der Betätigung translatorischer Bedienelemente in unterschiedlichen Einbaulagen Konstanzleistung besteht. Betätigt man z. B. den selben Taster in horizontaler und vertikaler (also über Kopf) Einbaulage, so unterscheiden sich die Betätigungskräfte prinzipiell, da in vertikaler Einbaulage der Arm mit angehoben werden muss.

Es stellt sich hier die Frage, ob das Wahrnehmungssystem den zusätzlichen Kraftaufwand dem Bedienteil zuordnet oder nicht, also ob er die Objekteigenschaft *Betätigungskraft* des Tasters korrekt wahrnimmt.

Verwendete Kraft-Weg-Verläufe

Die Untersuchung wird mit zwei repräsentativen Kraft-Weg-Verläufen durchgeführt (Kurzhub- bzw. Mikroschalter, „kurz und knackig“). Im Automobilbereich kommt, zumindest bei höherwertigen Fahrzeugen, häufig diese Charakteristik zum Einsatz.

Die beiden Kraft-Weg-Verläufe haben ein „mittleres“ bzw. „hohes“ Kraftniveau und basieren auf der Vermessung realer Bedienelemente. Im Folgenden werden die beiden Kraft-Weg-Verläufe *Charakteristik A* und *B* bezeichnet. Abbildung 4 zeigt die beiden Kraft-Weg-Verläufe.

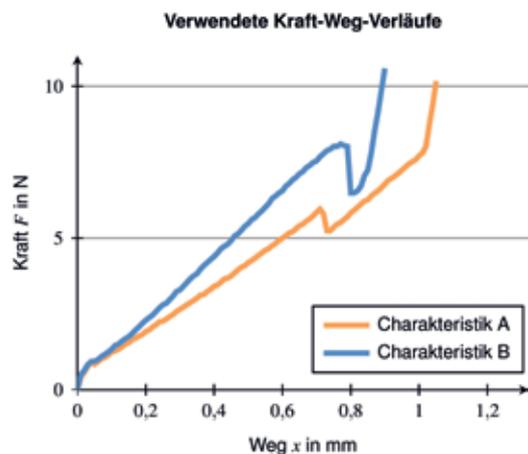


Abb. 4: Kraft-Weg-Verläufe der beiden verwendeten Charakteristiken. Das Diagramm zeigt nur die Hin-Verläufe. Beide Charakteristiken weisen im Rück-Verlauf eine Reibungshysterese von ca. 1 N auf.

Versuchseinrichtung

Die Versuche werden an zwei sogenannten translatorischen Haptik-Simulatoren durchgeführt, welche in einer Sitzbox verbaut sind. Die Sitzbox ist in Abbildung 5 zu sehen. Bei den Si-

mulatoren handelt es sich um angepasste elektrodynamische Lautsprecher (Tauchspulensysteme), die als Linearaktoren verwendet werden. Die Ansteuerung erfolgt durch ein PC-basiertes Echtzeitbetriebssystem mit einer Abtastfrequenz von 20 kHz.



Abb. 5: Proband beim Betätigen des Drucktaster-Simulators in der vertikalen Einbaulage, in der schwarzen Box vor dem Probanden befindet sich der Drucktaster-Simulator für die horizontale Einbaulage.

Psychophysische Methode

Die Unterschiedsschwellen werden mit einem adaptiven Verfahren ermittelt. Dabei kommt eine einfache Staircase-Methode mit Ja/Nein-Paradigma, siehe z. B. [5, 6, 7], zum Einsatz. Die Annäherung an den Standardreiz (100%-Kraftniveau) erfolgt „von unten“. Eine Annäherung „von oben“ ist aufgrund technischer Beschränkungen nicht möglich.

Im Versuch wurde das Kraftniveau in 5%-Schritten gemäß der adaptiven Methode skaliert. Dies ist in Abbildung 6 am Beispiel der Charakteristik B für 100% bis 80% dargestellt.

Eine Unterschiedsschwelle bzw. ein Weber-Bruch von 15% bedeutet beispielsweise, dass die Verläufe bei den Kraftniveaus von 100% und 85% im Mittel nicht zu unterscheiden sind.

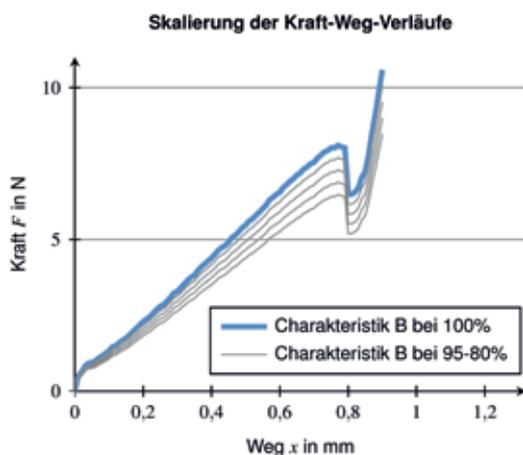


Abb. 6: Skalierung der Kraft-Weg-Verläufe am Beispiel der Charakteristik B. Es sind, wie bereits in Abbildung 4, nur die Hin-Verläufe dargestellt.

Hypothese

Wenn eine haptische Konstanzleistung bezüglich der Kraft bei Kurzhub-Drucktastern besteht, dann unterscheidet sich die ermittelte Unterschiedsschwelle für eine Einbaulage (vertikal) nicht von der Unterschiedsschwelle für zwei Einbaulagen (vertikal/horizontal) (H_0).

Geprüft wird auf einem Signifikanzniveau von $\alpha_{H1} = 5\%$ bzw. $\alpha_{H0} = 20\%$, je nachdem ob im Sinne der Null- oder Alternativhypothese (H_0 oder H_1) getestet wird.

Versuchsablauf

Der Versuch besteht aus folgenden drei Teilen:

Teil 1 H/V(I) Ermittlung der Unterschiedsschwelle zwischen den zwei Einbaulagen (horizontal und vertikal), ohne den Probanden genauer zu instruieren – es wird lediglich „gleich“ oder „ungleich“ abgefragt. Im Folgenden Bedingung **H/V(I)** genannt.

Teil 2 H(II) Ermittlung der Unterschiedsschwelle für die horizontale Einbaulage. Erst jetzt wird der Proband über das Versuchsziel aufgeklärt, genauer instruiert und dadurch auch sensibilisiert. Im Folgenden Bedingung **H(II)** genannt.

Teil 3 H/V(II) Erneute Ermittlung der Unterschiedsschwelle zwischen den untersuchten Einbaulagen. Im Folgenden Bedingung **H/V(II)** genannt.

Bei den beiden H/V-Bedingungen bleibt das Kraftniveau des Kraft-Weg-Verlaufes für die horizontale Einbaulage stets bei 100% und das Kraftniveau des Kraft-Weg-Verlaufes für die vertikale Einbaulage wird, wie in Abbildung 7 dargestellt, variiert.

Bei der H-Bedingung wird ein A/B-Vergleich vorgenommen. Die A/B-Umschaltung (Wechsel zwischen Standard- und Vergleichsreiz) sowie die Eingabe für „gleich“ oder „ungleich“ erfolgt durch ein zusätzliches Eingabegerät.

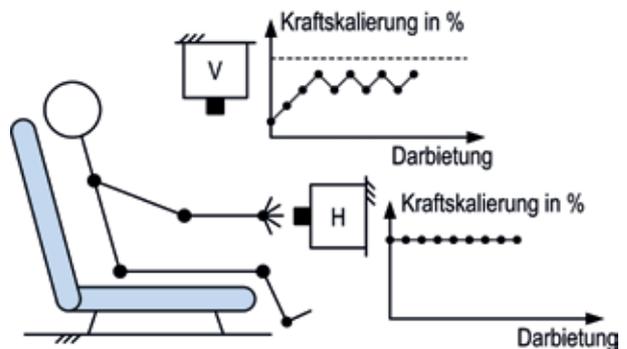


Abb. 7: Veranschaulichung der Situation bei den H/V-Bedingungen

In jedem Versuchsteil werden die Unterschiedsschwellen für beide Charakteristiken ermittelt. Die Abfolge der Charakteristiken A und B in jedem Versuchsteil ist zufällig. Von Interesse werden die folgenden drei Vergleiche sein:

1. Um die Hypothese zu testen, werden die Unterschiedsschwellen zwischen einer Einbaulage H(II) und beiden Einbaulagen H/V(II), jeweils nach der Instruktion, verglichen: H(II) vs. H/V(II)
2. Um zu sehen, ob sich die Instruktion auf die ermittelten Unterschiedsschwellen auswirkt, werden die Ergebnisse der Bedingung H/V(I) und H/V(II) verglichen: H/V(I) vs. H/V(II)
3. Zusätzlich kann durch Vergleich der Ergebnisse für die Charakteristiken A und B überprüft werden, ob die ermittelten Unterschiedsschwellen vom Kraftniveau abhängen.

Weitere Versuchsrandbedingungen sind:

- Um auszuschließen, dass die Probanden durch akustische Emissionen der Simulatoren zusätzliche Informationen erhalten, wird den Probanden über Kopfhörer Rauschen eingespielt.
- Die Betätigung der Simulatoren erfolgt stets mit dem Zeigefinger der rechten Hand.
- Beim Betätigen in horizontaler Einbaulage, dürfen die Probanden ihre Hand auf dem Knie abstützen. Alle Probanden nutzten diese Möglichkeit.
- Die Probanden müssen sich nach spätestens 4 A/BVergleichen, im Zweifel für „gleich“, entscheiden.

Ergebnisse

Probandenkollektiv

Insgesamt nahmen 21 Probanden aus dem Hochschulumfeld an der Untersuchung teil. Die Daten zu Alter, Geschlecht und Händigkeit sind Tabelle 1 zu entnehmen.

Tabelle 1: Daten zu den 21 Probanden

	Min.	0,25-Quantil	Median	Mittelwert	0,75-Quantil	Max.
Alter in Jahren	17	24	25	25,5	28	30
Geschlecht	19% weiblich und 81% männlich					
Händigkeit	95% rechts und 5% links					

Deskriptive Ergebnisdarstellung

Abbildung 8 zeigt die Boxplots der ermittelten Unterschiedsschwellen. Man sieht, dass die unterschiedlichen Bedingungen (Instruktion, Einbaulage) zumindest keinen wesentlichen Einfluss auf die zentrale Tendenz (Median, dicke Linie) der Unterschiedsschwellen besitzen. Auch in Abhängigkeit der beiden Charakteristiken zeigt sich kein deutlicher Effekt. Die ermittelten Unterschiedsschwellen liegen alle bei ca. 20%.

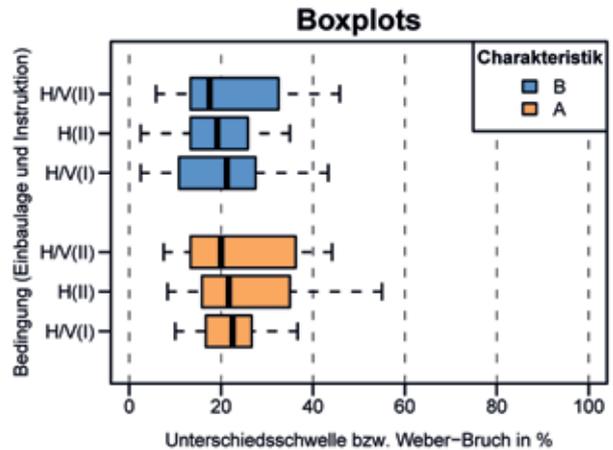


Abb. 8: Boxplots der ermittelten Unterschiedsschwellen. Die Box entspricht dabei dem Bereich, in dem 50% der Werte liegen, die restlichen Werte liegen im Bereich der sogenannten „Whisker“.

Interferenzstatistische Auswertung

Bevor eine interferenzstatistische Auswertung möglich ist, muss geprüft werden, ob die Werte normalverteilt sind. Dies entscheidet darüber, welche statistischen Verfahren im Weiteren zulässig sind. Für die Prüfung auf Normalverteilung wird der SHAPIRO-WILK-Test verwendet. Dieser Test ist ausschließlich zur Überprüfung auf Normalverteilung geeignet, besitzt hierbei aber die höchste Güte [8, S. 121].

Drei der sechs Verteilungen weisen beim SHAPIRO-WILK-Test einen p -Wert von $< 0,2$ auf, siehe Abschnitt *Hypothese* auf Seite 30. Im Weiteren wird deshalb nicht von einer Normalverteilung ausgegangen. Um statistische Unterschiede zwischen den verbundenen Stichproben zu ermitteln wird daher der WILCOXON-MANN-WHITNEY-Test verwendet [9, S. 133].

Tabelle 2 zeigt das Ergebnis des Tests auf Unterschied in Abhängigkeit der zwei Bedingungen *Einbaulage* und *Instruktion*. Kein Unterschied ist signifikant auf dem gewählten 20%-Niveau und somit wird die Nullhypothese (kein Unterschied) akzeptiert. Das bedeutet also, dass sich die Unterschiedsschwellen nicht in Abhängigkeit der Einbaulage unterscheiden und dass von einer haptischen Konstanzleistung ausgegangen werden kann.

Tabelle 3 zeigt das Ergebnis des Tests auf Unterschied in Abhängigkeit der beiden Kraft-Weg-Verläufe, siehe Abbildung 4. Die Ergebnisse sind uneinheitlich und zumindest für die Bedingung H(II) besteht zwischen den Charakteristiken ein signifikanter Unterschied bei den ermittelten Unterschiedsschwellen. Das bedeutet also, dass sich die Unterschiedsschwellen in Abhängigkeit der beiden verwendeten Kraft-Weg-Verläufe auf dem gewählten Signifikanzniveau von 5% teilweise unterscheiden.

Tabelle 2: p -Werte zum WILCOXON-MANN-WHITNEY-Test, Vergleich der unterschiedlichen Bedingungen

	Charakteristik A	Charakteristik B
Einfluss <i>Einbaulage</i>		
H(II) vs. H/V(II)	0,614	0,305
Einfluss <i>Instruktion</i>		
H/V(I) vs. H/V(II)	0,641	0,251

Tabelle 3: *p*-Werte zum WILCOXON-MANN-WHITNEY-Test, Vergleich der unterschiedlichen Charakteristiken (A vs. B)

Charakteristik A vs. B	
H/V(I)	0,184
H(II)	0,032
H/V(II)	0,465

Diskussion

Die Versuchsergebnisse deuten auf das Vorhandensein haptischer Konstanzleistung hin. Die ermittelten Unterschiedsschwellen unterschieden sich nicht in Abhängigkeit der Einbaulage. Dies bedeutet, dass sich Drucktaster in verschiedenen Einbaulagen gleich anfühlen und das menschliche Wahrnehmungssystem die Objekteigenschaft Kraftverlauf jeweils korrekt wahrnimmt. Allerdings können bei einem Stichprobenumfang von 21 Probanden kleine, nicht praxisrelevante, Unterschiede nicht zuverlässig erkannt werden.

Wie bereits in [4] erläutert, ist es in der Automobilbranche üblich, Taster im Dachhimmel schwächer auszulegen. Dies hängt aber auch mit Bestrebungen zusammen, den Diskomfort, hervorgerufen durch die Überkopfbedienung, zu minimieren und ist nicht auf die Unterscheidbarkeit von Bedienelementen zurück zu führen.

In dieser Untersuchung kam ein Ja/Nein-Paradigma zum Einsatz, der Proband muss sich anhand eines inneren willkürlichen Kriteriums entscheiden, ob er einen Unterschied spürt oder nicht. Es wäre daher interessant, den Versuch mit einem sogenannten Forced-Choice-Paradigma zu wiederholen, um das Kriterium-Problem zu umgehen.

Manuel Kühner¹, Jörg Wild², Heiner Bubb

¹ kuehner@hs-heilbronn.de

² wild@hs-heilbronn.de

Literatur

- [1] REISINGER, Jörg ; WILD, Jörg: Haptische Bedienschnittstelle. In: MEROTH, Ansgar (Hrsg.) ; TOLG, Boris (Hrsg.): Infotainmentsysteme im Kraftfahrzeug. Grundlagen, Komponenten, Systeme und Anwendungen. 2. Auflage. Vieweg+Teubner, 2007. – ISBN 978 – 3834802859, Kapitel 4, S. 115–146
- [2] REISINGER, Jörg: Parametrisierung der Haptik von handbetätigten Stellteilen. München, Technische Universität München, Dissertation, 2009
- [3] BIRBAUMER, Niels ; SCHMIDT, Robert F.: Biologische Psychologie. 6. Auflage. Berlin [u. a.] : Springer, 2006. – ISBN 978–3540254607
- [4] REISINGER, Jörg: Haptische Konstanzleistung bei Drehstellern. In: Ergonomie aktuell – Lehrstuhl für Ergonomie – Technische Universität München Ausgabe 8 (2008), S. 40–44
- [5] LEEK, Marjorie R.: Adaptive procedures in psychophysical research. In: Perception & Psychophysics 63 (2001), Nr. 8, S. 1279–1292. – Special Issue: Psychometric Functions and Adaptive Methods
- [6] GESCHIEDER, George A.: Psychophysics: The Fundamentals. 3rd edition. Lawrence Erlbaum Associates, 1997. – ISBN 978–0805822816
- [7] KINGDOM, Frederick A. A. ; PRINS, Nicolaas: Psychophysics: A Practical Introduction. 1st edition. Academic Press, 2010. – ISBN 978–0123736567
- [8] DULLER, C.: Einführung in die nichtparametrische Statistik mit SAS und R: Ein anwendungsorientiertes Lehr- und Arbeitsbuch. 1. Auflage. Physica-Verlag (Springer), 2008. – ISBN 978–3790820591
- [9] BORTZ, Jürgen ; SCHUSTER, Christof: Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler. 7. Auflage. Springer, Berlin, 2010. – ISBN 978– 3642127694

Technische Systeme für Menschen mit Leistungseinschränkungen

Zwei Menschen mit schwerer Behinderung aus der Münchener Pfennigparade hat Katharina Biersack aus Hemau mit ihrer Diplomarbeit ein Stück weit das Leben erleichtert. Die angehende Dipl.-Ingenieurin hat sich beim Studienabschluss am Lehrstuhl für Ergonomie der Technischen Universität München mit „Technischen Systemen für Menschen mit Leistungseinschränkungen“ beschäftigt.

Was so sperrig klingt ist in Wirklichkeit praktische Hilfe für Behinderte. Es geht darum etwas zu entwickeln, was den eingeschränkten Menschen im Alltag weiterhilft. „Da gibt es keine Standardgeräte, wie für uns, das sind alles Maßanfertigungen“ erzählt Katharina Biersack im Gespräch. Würde man Hilfsmittel für „normale“ Menschen entwickeln gäbe es Tabellen, in denen man nachlesen kann, wie weit man den Ellbogen anwinkeln kann, wie weit man das Fußgelenk knicken kann und daraus wird dann das Hilfsmittel entwickelt. „Bei behinderten Menschen ist das anders!“ so die angehende Ingenieurin weiter. Jeder dieser Menschen habe andere Einschränkungen und so sei es nicht möglich, in Serienproduktion zu gehen.

In Biersacks Fall ging es um einen Querschnittsgelähmten und einen Mann mit spastischen Lähmungen. „Die wussten beide schon, wo ihr Problem liegt“ erklärt sie zu den Anfängen des Projekts. Danach gefragt, wie man an sowas ran geht sagt Katharina locker: „Du fragst Dich: Was kann der? Wie können seine Fähigkeiten zur Problemlösung genutzt werden?“ Danach startete ihre eigentliche Aufgabe. Sie hat verschiedenste Lösungsansätze erarbeitet. Diese besprach sie anschließend mit ihren beiden „Kunden“. „Da kommen teilweise ganz witzige Geschichten raus“ so Biersack weiter. Der Spastiker habe den ersten Entwurf einer Fußmaus abgelehnt, weil Biersack eine schnurlose Maus verwendet hatte. Er war der Meinung, dass dabei Dateninformationen verloren gingen. „Da habe ich halt dann ein Kabel anmontiert und weiter gings“ erzählt die Diplomandin heiter. Das zeigt, dass die Entwicklung eng mit denen abgestimmt sein muss, die die Hilfsmittel dann auch bekommen. Raus kam am Ende ein Trackball, den der Spastiker mit dem rechten Fuß bedienen kann. Insgesamt habe sie acht Prototypen entworfen, die alle einen unterschiedlichen Ansatz – darunter auch die Fernsteuerung per Nintendo-Wii Handgerät – verfolgten. Der Behinderte Mann selbst wählte dann aus, was ihm am besten entsprach. „Wir haben unterschiedlichste Technologien ausprobiert bis hin zur Blickkamera, aber der Trackball war am Ende das praktikabelste Gerät. Und so kann der Mann jetzt weiter als Programmierer arbeiten.“

Für einen zweiten Fall hat Katharina Biersack einen Haken entwickelt, mit dem ein Querschnittsgelähmter, der nur mehr den rechten Arm bewegen kann, sich im Stadtbus festhalten kann und mit dem Rollstuhl in Kurven nicht mehr umfällt. „In Stadtbussen gibt es Haltestangen in den Rollstuhlbuchten“ erzählt Biersack weiter. Der querschnittsgelähmte Mann

schaffte es aber nicht, sich mit dem beweglichen rechten Arm dort festzuhalten, weil die zu eng konstruiert sind und er diese Stange nicht umfassen kann. So entwickelte sie eine Manschette, bei der ein Haken ausfahrbar ist. Der Querschnittsgelähmte kann sich also jetzt im Bus dank des Hakens festhalten und fällt auch in Kurven nicht mehr um.



Katharina Biersack mit einem der Endnutzer

„Was ich mit der Diplomarbeit erforscht habe dient nicht dazu, die Produktivität, sondern die individuelle Lebensqualität zu steigern“ erklärt Katharina Biersack abschließend.

Katharina Biersack, Herbert Rausch

Das Projekt MUe

Durch den Gedanken getrieben ein umfassendes Elektromobilitätskonzept zu entwickeln um damit den Beweis anzutreten, dass Elektromobilität für eine breite Masse nutzbar sein kann, initiierte der Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik das Projekt MUe. Über 30 Doktoranden und mehr als 300 Studenten von 20 TUM Lehrstühlen erforschen und entwickeln im Rahmen des Wissenschaftszentrums Elektromobilität (WZE) seit Dezember 2010 gemeinsam dieses Konzept.

Hinter MUe verbirgt sich ein zweiseitiges Battery-Electric-Vehicle (BEV), also ein rein elektrisch angetriebenes Fahrzeug für den urbanen Raum. MUe wird als Leichtkraftfahrzeug für die besonders kostengünstige Zulassungsklasse L7E ausgelegt, die Besonderheit dieser Zulassungsklasse ist die Beschränkung auf eine maximale Fahrzeugmasse von 400 kg zuzüglich der Masse der Batterien, darüber hinaus darf das Fahrzeug eine maximale Leistung von 15 kW nicht überschreiten. Um MUe dennoch autobahntauglich zu gestalten, soll eine maximale Geschwindigkeit von 120 km/h bei einer garantierten Reichweite von 100 km erreichbar sein. Auf Grund der geringen Antriebsleistung ergibt sich hieraus die Forderung nach einer geringen Stirnfläche und in dieser Folge eine geringe Dachhöhe von maximal 1,30 m und eine möglichst geringe Fahrzeugbreite. Auf den ersten Blick ergeben sich hieraus vor allem große Herausforderungen an die Aerodynamik sowie an den Leichtbau. Die große Herausforderung für die Ergonomie ist den Insassen auf dem begrenzten Raumangebot optimale Körperhaltungen zu ermöglichen.

Tabelle 1: Kerndaten des MUe

Zulassungsform:	L7E
Passagierzahl	2 Personen
Zuladung:	2 Gepäckstücke
Reichweite:	>100 km
Höchstgeschwindigkeit:	120 km/h
Maschinenleistung:	16,5 kW
Leistung am Rad:	15 kW
Leergewicht:	400kg + 100kg Batterie
Energiespeicher:	Akku + elektrischer Range Extender
Außenmaße (LxBxH)	3,60m / 1,40m / 1,30m

Die Aufgabe der Ergonomie

Der Lehrstuhl für Ergonomie (LfE) übernimmt in diesem Projekt die anthropometrische Innenraumauslegung sowie die Entwicklung des Anzeige- und Bedienkonzepts. Die Gestaltung des Innenraums erfolgt in enger Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für Industrial Design (Prof. Frenkler) sowie im Falle der Innenraumklimatisierung mit dem Lehrstuhl für Thermodynamik (Prof. Sattelmayer). Die technische Realisierung der zentralen Anzeige und Bedieneinheit übernimmt der Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik (Prof. Krcmar, Informatik).

Anthropometrische Innenraumauslegung

Ziel der anthropometrischen Innenraumauslegung ist es Personen unterschiedlicher anthropometrischer Eigenschaften (Körpergröße, Proportion, Korpulenz) diskomfortfreie Haltungen während der Fahrzeugführung zu ermöglichen. Darüber hinaus ist eine optimale visuelle Informationsaufnahme durch die Schaffung einer optimalen Außensicht für alle Personentypologien sicherzustellen. Die Sicherstellung der optimalen Ablesbarkeit von Anzeigen und Displays sowie die Erreichbarkeit aller Bedienelemente ist ein weiterer Aspekt, der Beachtung finden muss. Bei der anthropometrischen Innenraumauslegung kommt, das am LfE entwickelte, digitale Menschmodell RAMSIS mit der Erweiterung RAMSIS kognitiv zum Einsatz (siehe Abb.1).

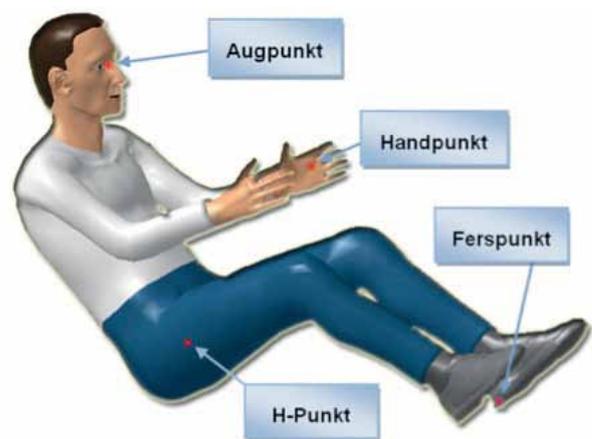


Abb. 1: Digitales Menschmodell RAMSIS mit, für die Auslegung von Fahrerarbeitsplätzen relevanten Körperpunkten

Neuartig bei der Auslegung des Fahrerarbeitsplatzes wird die Auslegung nach dem Augpunkt fix Prinzip sein. Dieses Auslegungsprinzip ist bei der Auslegung von Airliner Cockpits der Standard. Straßenfahrzeuge sind jedoch nach dem Ferspunkt fix Prinzip (siehe Abb.2a) ausgelegt. Dabei wird der Fersenaufstandspunkt und die Pedalerie als Fixpunkt angenommen. In der Folge ergeben sich, auf Grund der unterschiedlichen Personentypologien die Dimensionen der Verstellfelder für Sitz und Lenkrad sowie ein Feld in dem die Augpunkte der Insassen zum liegen kommen. Der Vorteil dieses Konzeptes liegt vor allem in der relativ einfachen konstruktiven Umsetzung. Darüber hinaus handelt es sich um ein beim Nutzer bekanntes Auslegungsprinzip, das jedoch nicht für alle Fahrertypologien optimale Sichtverhältnisse sicherstellt. Desweiteren kommt es im Crashfall bei dieser Art der Auslegung gerade bei kleineren Personen häufig zu Verletzung im Brust- und Kniebereich, da diese auf Grund der geringen Beinlängen meist sehr nahe an Lenkrad und Armaturenbrett sitzen müssen um die Pedalerie erreichen zu können.

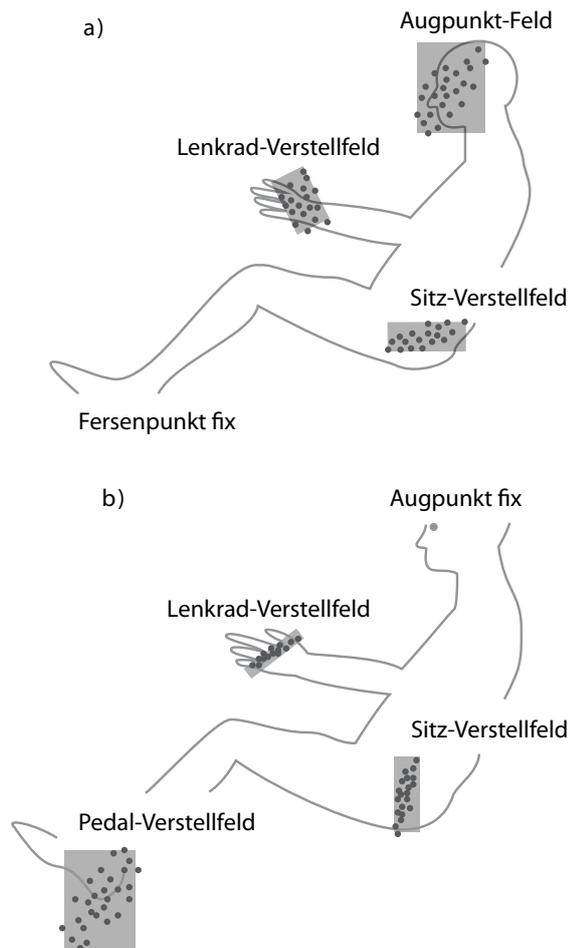


Abb.2: Auslegungsprinzip Fersenpunkt fix (a) und Augpunkt fix (b) und die benötigten Verstellfelder (Quelle: Vogt, 2003)

Beim Augpunkt fix Prinzip (siehe Abb.2b) hingegen werden die Augenpositionen aller Personentypologien als Fixpunkt definiert, in der Folge sind nun Verstellmöglichkeiten für Sitz und Lenkrad sowie für die Pedalerie vorzusehen. Der Vorteil dieses Prinzips liegt vor allem darin, dass allen Personen unabhängig von ihren anthropometrischen Eigenschaften die gleiche Sicht im Fahrzeug garantiert wird. Das Fahrzeug kann somit bezüglich der Fensterflächen und Displaypositionen auf diese Position hin optimal ausgelegt werden. Ein weiterer Vorteil ist, dass kleine Personen weiter hinten im Fahrzeug sitzen werden, somit ist im Crashfall mit einer Reduktion der Verletzungen im Brust- und Kniebereich zu rechnen. Gerade dieser Aspekt ist bezogen auf MUE besonders wichtig, da auf Grund des extremen Leichtbaus mit Einbußen auf Seiten der passiven Sicherheit zu rechnen ist. Als Nachteil des Augpunkt fix Prinzips ist vor allem der hohe konstruktive Aufwand für die Realisierung einer verstellbaren Pedalerie zu sehen. Desweiteren wird der Nutzer bei diesem Prinzip mit einem neuartigen Prozess bei der Fahrzeuganpassung konfrontiert, da neuerdings die Pedalerie zum Fahrer hin verstellt wird und nicht mehr der Fahrer zur Pedalerie. Das Erreichen des in der Konstruktion vorgesehenen Augpunkts ist entweder durch Peileinrichtungen möglich oder mit Hilfe einer Kamera zur Augendetektion mit deren Hilfe auf einem Display die Anleitung zur korrekten Sitzeinstellung erfolgen könnte.

Anzeige- und Bedienkonzept

Die Entwicklung des Anzeige- und Bedienkonzepts wurde durch die recht restriktiven Vorgaben bestimmt. Auf der einen Seite sollte nur ein Minimum an Platz und Gewicht benötigt werden, auf der anderen Seite muss ein vergleichsweise hoher Funktionsumfang abgebildet werden. Im Sinne der universitären Forschungsarbeit ist es zudem wünschenswert, dass sich zukünftige Entwicklungen ohne großen Aufwand in das Konzept integrieren lassen.

Um die Zulassungsfähigkeit des MUE zu gewährleisten wurde entschieden in der ersten Variante die reine Fahraufgabe über konventionelle Pedale, Multifunktionslenkrad & Lenkstockhebel abzubilden. Alle Nebenaufgaben, Entertainment- und einige Assistenzsysteme sind über ein zentrales Touchdisplay zugänglich. Auch die Tachoanzeige wurde als Display ausgelegt um das Anzeige-konzept jederzeit anpassen zu können.



Abb.3: Zentrales Bedienelement in Form eines Touch-Designs

Die Vorteile eines Displays liegen auf der Hand: Es kann sehr flexibel gestaltet werden, gleichzeitig sind die Entwicklungskosten für Änderungen minimal. Hinzu kommt eine zunehmende Akzeptanz oder sogar Affinität zu Touchdisplays in der Bevölkerung (siehe Abb.3).

Auf der anderen Seite bringt ein Touchdisplay im Fahrzeug aber auch einige Herausforderungen mit sich, die bewältigt werden müssen. Die beiden wichtigsten Punkte im Fahrzeug sind hier aus ergonomischer Sicht die Akkommodationsentfernung und die fehlende haptische Orientierungsmöglichkeit.

Unter Akkommodation versteht man das Anpassen der Brechkraft der Augenlinse, um in unterschiedlichen Entfernungen scharf zu sehen. Mit dem Alter nimmt die Fähigkeit ab im Nahbereich zu akkommodieren (Altersweitsichtigkeit). Demnach kann eine Anzeige nicht beliebig nah am Fahrer angebracht werden. Gleichzeitig muss ein Touchdisplay natürlich im Tastbereich der Fingerspitzen liegen. Da beim Augpunkt fix Konzept die Schulterposition unterschiedlich großer Fahrer weitestgehend gleich ist, muss die Displayposition je nach Armlänge der Fahrer angepasst werden.

Im MUE wird dies gelöst, indem die Längsposition des Displays an die Lenkrad-tiefenverstellung gekoppelt wird (siehe Abb.4).

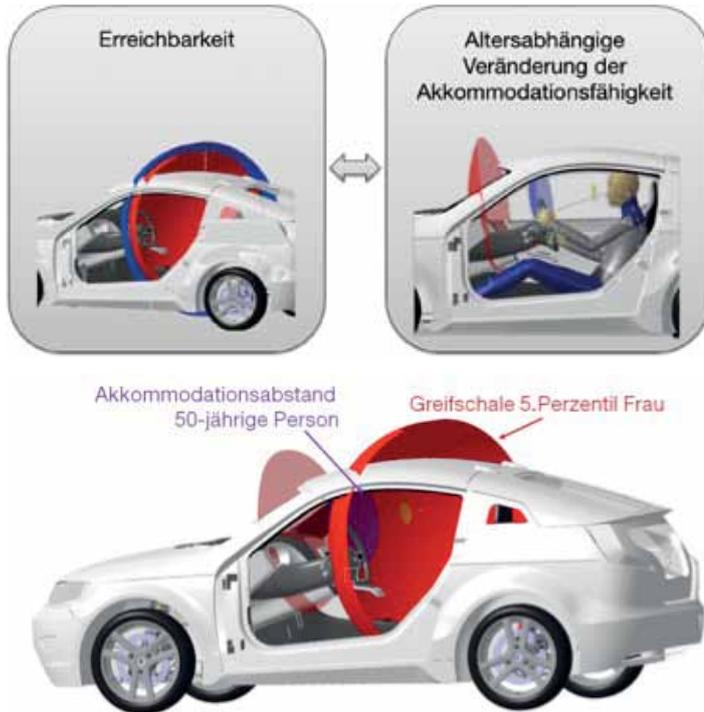


Abb.4: Zielkonflikt: optimale Erreichbarkeit und altersabhängige Veränderung der Akkommodationsfähigkeiten

Normalerweise ist die Oberfläche eines Touchdisplays glatt. Eine Bedienung der interaktiven Anzeige ist deshalb nur mit visueller Kontrolle möglich, denn anders als bei konventionellen Schaltern und Tastern kann man nicht erfühlen, was sich unter den Fingerspitzen befindet. Man spricht von fehlendem haptischem Feedback. Die Bedienung eines Touchdisplays bindet den Blick des Benutzers also vergleichsweise lang, was zu hohen Verkehrsblindzeiten führt – ein ernsthaftes Problem für ein Bedienkonzept in einem Fahrzeug. Die Problematik kann durch sinnvolle Gestaltung des Displays entschärft werden. Im MUE wird der Fahrer bei der haptischen Orientierung unterstützt. Zum einen durch eine Handballenauflage unter dem Display, die nicht nur Fahrzeugvibrationen dämpft und damit die Hand stabilisiert sondern auch eine grobe Orientierung auf dem Display ermöglicht. Desweiteren ermöglicht eine Maske, die über dem Display angebracht wird und es in unterschiedliche Bereiche unterteilt, eine feinere haptische Orientierung. Da die Maske spürbar ist können Tastflächen an den Kanten und Ecken der Maske wieder mit minimaler visueller Kontrolle betätigt werden.

Ausblick

MUE wird im September 2011 auf der Frankfurter IAA der Öffentlichkeit als fahrfähiger Prototyp präsentiert.

Literatur zum Projekt:

Both, J.; Kremser, F.; Rüger, O. (2010): Neue Grenzen, neue Freiheiten – das MUE Elektrofahrzeug der TU München. In: Automobil Industrie INSIGHT 55. Jahrgang (B01046), S. 72–75.

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

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

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. Düsseldorf.

Vogt, C: Ergonomische Fahrzeuginnenraumauslegung und Erstellung eines Hochschulpraktikums, Diplomarbeit am Lehrstuhl für Ergonomie der Technischen Universität München, 2003.



Diskussion mit der Fachpresse über das Innenraummodell



Prof. Knoll (links) und Prof. Lienkamp (rechts) beim Probesitzen im Innenraummodell



TUM Präsident Hermann auf der ersten MUTE Pressekonferenz

Vorstellung des MUTE projekts im Rahmen einer Pressekonferenz



Neue Projekte des Lehrstuhls für Ergonomie

AnthroVis:

- Siehe Seite 5.

Car@TUM:

- Siehe Seite 20.



Transportmittel, basierend auf Fahrzeugen, Flugzeugen und Schiffen sind ein Schlüsselfaktor für die moderne Gesellschaft. 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. Weitere Automation alleine kann das Problem nicht lösen. Die entscheidende Frage ist, wie ein situationsbezogenes und optimales Maß an der Mensch-Maschine-Kooperation mit geteilter Autorität erreicht werden kann.

Das zum 1. März 2011 begonnene ARTEMIS-Projekt D3CoS (Designing Dynamic Distributed Cooperative Human-Machine Systems) forscht unter deutscher, französischer, italienischer, tschechischer, britischer, norwegischer und dänischer Beteiligung mit der Zielsetzung, neue und kostenreduzierende Methoden, Techniken und Werkzeuge zu spezifizieren, zu entwickeln und zu evaluieren. Das traditionelle Konzept der Assistenzsysteme soll mittels Spezifikation, Entwicklung und Evaluation konsequent zu verteilten und kooperativen Mensch-Maschine-Systemen (D3CoS) aus einer Multiagentenperspektive erweitert werden, in der sich menschliche und maschinelle Agenten mit gemeinsamen Aufgaben befassen.

Im Projekt D3CoS werden vier Bereiche von D3CoS angesprochen, die gemeinsame Charakteristiken und Anforderungen aufweisen: bemannte Luftfahrt, unbemannte Luftfahrzeuge, Seefahrt sowie automobiler Fahrzeuge (hier als Kooperation zwischen den und innerhalb der Autos). Bei der Entwicklung von D3CoS wird das Team in fünf komplementären Bereichen forschen: (1) Definition eines bereichsübergreifenden Frameworks für kooperative Systeme, (2) Simulation dieser

Systeme unter Einbezug von menschlichen und maschinellen Agenten, (3) Entwurfsmuster für intelligente, multimodale Mensch-Maschine-Schnittstellen, (4) Entwurfsmuster für Zustandserkennung und dynamische Systemanpassung sowie (5) einsatzfähige Architekturen zur Koordination innerhalb kooperativer Systeme.

Die in diesen Forschungsfeldern entwickelten Erkenntnisse werden als technologische Basis einer neuen bereichsübergreifend anwendbaren Methodik zur Unterstützung des D3CoS-Entwicklungsprozesses verwendet. Diese wird in drei Jahreszyklen durch die Entwicklung von domänen-spezifischen D3CoS-Demonstratoren im Projekt evaluiert.

Der Lehrstuhl für Ergonomie wird sich im Rahmen von D3CoS mit der automobilen Fahrzeugkategorie beschäftigen und das Hauptaugenmerk auf Nutzerschnittstellen als notwendige Voraussetzung zur Erhöhung des Nutzervertrauens lenken. Das Ziel ist es, die Interaktion zwischen dem Fahrer und einem kooperativen Fahrzeug zu optimieren. Technische Lösungen (wie das Head-Up-Display oder Force-feedback-Elemente) zur multimodalen Interaktion (visuell, auditiv oder haptisch) zwischen dem Fahrer und einem hochautomatisierten, kooperativen Fahrzeug werden untersucht. In ausgewählten Verkehrsszenarien soll eine akzeptierte, sichere Kooperation zwischen Fahrer und Fahrzeug dargestellt und beispielsweise Verfügbarkeit und Intention beider Seiten verlässlich erkannt werden. Basierend auf den Ergebnissen wird ein Demonstrator im Fahrsimulator erstellt und mit neu zu entwickelnden Methoden und Messverfahren evaluiert. Durch dieses Vorgehen sollen spätere Entwicklungsrisiken und -kosten möglichst reduziert werden.

Markus Zimmermann

Innovative Touch-Interaktion: GE³STIK

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



Touchscreens sind seit einiger Zeit in vielen Bereichen der Unterhaltungselektronik ein weit verbreitetes Mittel zur Interaktion mit Geräten. Auch in der Maschinenbedienung industrieller Anlagen sind Touchscreens aufgrund ihrer Flexibilität schon seit einigen Jahren Stand der Technik. Sie erlauben einfache Anpassung, Änderung und Erweiterung, da sie software-basiert sind. Außerdem gelten sie als probates Mittel für intuitive Interaktionskonzepte, da sich mit ihnen besonders einfach die direkte Manipulation realisieren lässt, bei der die Manipulation der Objekte direkt am Ort der Bedienung visualisiert wird. Vor allem bei Anwendungen, die aufgrund der geringen Größe des Gerätes und der hohen Anzahl der Funktionen nicht mittels klassischer mechanischer Stellteile sinnvoll gesteuert werden können, bieten sie hohes ergonomisches Potential. Besonders moderne Smartphones setzen fast ausschließlich auf Touch-Interfaces.

Beim Einsatz in vielen anderen Domänen (z.B. Maschinen- und Anlagenbau, Prozessindustrie) wird die Touchscreen-Hardware aber oft nur für virtuelle Bedienelemente, meist Schalter, genutzt. Das heißt, die bisher als mechanische Stellteile vorhandenen Bedienelemente wurden so gut wie möglich eins zu eins in ähnlich aussehende und funktionierende Software-Bedienelemente auf einer Touchscreen-Oberfläche gewandelt. Mit Touch-Interaktionen lassen sich jedoch viel weitergehende Veränderungen und Verbesserungen erreichen. Durch neuartige Bedienkonzepte werden stark an den Benutzer und den Anwendungsfall angepasste Interaktionsszenarien ermöglicht. Touch-Gestik, Handschrifterkennung und Grafikmöglichkeiten eröffnen völlig neue Ansätze hochwertiger ergonomischer Interaktion. Der Entwurf guter ergonomischer Bedienkonzepte auf Basis von Touchscreens ist allerdings herausfordernd. In neuen Anwendungsdomänen für Touch-Interaktion gelten auch andere Prämissen für den ergonomischen Entwurf der Bedienkonzepte als im Kommunikationsbereich und im Infotainment. Zu diesen Einflussfaktoren gehören z.B. der Abstand des Benutzers vom Bedienelement, die Lage der Bedienelemente bzw. des ganzen Steuergerätes im Raum, mechanische Einflüsse, Lärm, Bedienung als Sekundär- oder Tertiäraufgabe statt Primärauf-

gabe und der Wechsel zwischen stationärer und mobiler Benutzung. Auch die Tatsache, dass die Interaktion oft weitreichendere Folgen als bei Kommunikation und Unterhaltung hat, steigert die Anforderungen an die Benutzerschnittstelle. Außerdem müssen neuartige Ein- und Ausgabegeräte in die bestehende Systemarchitektur integriert werden. Deshalb müssen möglichst früh die Systemarchitektur und ihre Schnittstellen als Ganzes betrachtet werden, um Anpassungen wirtschaftlich und langfristig zu ermöglichen.

Der Lehrstuhl für Ergonomie startet ab Juni 2011 ein neues Zwei-Jahres-Projekt in Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für Automatisierungstechnik und Informationssysteme, KME - Kompetenzzentrum Mittelstand GmbH und mehreren Industriepartnern aus der bayerischen Metall- und Elektroindustrie.

Der Inhalt des Projektes GE³STIK ist es, neuartige und innovative Interaktionskonzepte für Touchscreens für die Anwendung bei Home Automation und Anlagensteuerung zu untersuchen. Dabei sollen Gestaltungsempfehlungen entwickelt werden, die einen ergonomischen Einsatz moderner Touch-Steuerungen in diesem Umfeld zulassen. Darüber hinaus soll ein Architekturkonzept entwickelt werden, das die einfache Einbindung moderner, gegebenenfalls mobiler Touch-Hardware in die bestehenden etablierten Systeme ermöglicht.

Möglichst viele Interaktionskonzepte sollen mit Konzept-Demonstratoren in experimentellen Studien überprüft werden. Dazu werden die Konzepte mit Hilfe von Rapid Prototyping implementiert. Die Nutzerstudien werden dann auf gebräuchlicher Touch-Hardware durchgeführt. Dabei sollen Vor- und Nachteile von innovativen Touch-Interaktionskonzepten untereinander abgewägt werden. In den Versuchen mit den Demonstratoren sollen Informationen über Effektivität und Effizienz der Benutzer bei der Aufgabenbewältigung mit den verschiedenen Bedienelementen gesammelt werden. Dazu werden objektive Daten wie der Grad der Aufgabenerfüllung, die Geschwindigkeit bei der Bearbeitung und die Fehlerhäufigkeit erfasst. Weiterhin soll anhand der Prototypen das Zusammenwirken mehrerer Bedienelemente untersucht werden. Dabei sind gegebenenfalls Abhängigkeiten im Zusammenspiel verschiedener Bedienelemente und Interaktionsformen zu prüfen, die über die Qualität der Aufgabebearbeitung entscheiden.

Jurek Breuninger

Optimierte Bedienung eines Fahrzeug-Infotainment-Systems via Touchpad mit haptischer Rückmeldung

Die stetig zunehmende Anzahl an Funktionen in modernen Fahrzeug-Infotainment-Systemen stellt immer höhere Anforderungen an die Mensch-Maschine-Schnittstelle und erschwert die Mensch-Computer-Interaktion. Es werden immer mehr Funktionen in Infotainment-Systeme integriert, die für den Fahrer aber unter Verursachung einer möglichst geringen Ablenkung und der Verwendung einer begrenzten Zahl an Bedienelementen auch während der Fahrt zu bedienen sein müssen. Die unterschiedlichen Autohersteller auf der Welt versuchen dieses Problem mit Menü-Systemen zu lösen, die über verschiedene Arten von Bedienelementen, wie z.B. Touchscreen, Joystick, Spracheingabe, Dreh-Drück-Steller oder Touchpads, bedient werden.

Im Rahmen dieses INI.TUM-Projektes wird als Bedienelement ein Touchpad mit haptischer Rückmeldung entwickelt, das dem Nutzer auch während der Fahrt eine einfache und sichere Bedienung des Fahrzeug-Infotainment-Systems ermöglichen soll (siehe Abb.1). Hierfür werden verschiedene Technologien zur Realisierung dieses haptischen Feedbacks miteinander verglichen und unterschiedliche Interaktionsarten, wie beispielsweise Schrifteingabe, untersucht. Des Weiteren erfolgt die Entwicklung eines aufgabenorientierten Menükonzeptes speziell für die Bedienung mit einem Touchpad mit haptischem Feedback.



Durch diese verzahnte Entwicklung eines Touchpads mit haptischer Rückmeldung und eines zugehörigen Fahrzeug-Infotainment-Menüs soll ein möglichst intuitives und serientaugliches Gesamtbedienkonzept für ein Fahrzeug-Infotainment-System entstehen, das für den Fahrer ein Minimum an Ablenkung von der eigentlichen Fahraufgabe verursacht und ihm zudem auch während der Fahrt eine einfache, schnelle und sichere Erledigung der gewünschten Aufgaben ermöglicht.



Abbildung 1: Touchpad mit haptischer Rückmeldung (so gezeigt auf der CES 2011 in Las Vegas)

Andreas Blattner

KOLIBRI - KOoperative Lichtsignaloptimierung - Bayerisches Pilotprojekt



KOLIBRI ist ein von der Bayerischen Forschungsstiftung gefördertes 2-Jahres-Projekt. Partner sind TRANSVER GmbH, BMW AG, Bayerische Straßenbauverwaltung und der Lehrstuhl für Ergonomie der TU München, die das gemeinsame Ziel haben, die Verkehrssituation an Ampelkreuzungen im Freistaat Bayern zu verbessern.

Notwendige Halte an Lichtsignalanlagen (Ampeln) und die damit verbundenen Brems- und Beschleunigungsvorgänge beeinflussen wesentlich die Emissionen des Kraftfahrzeugverkehrs. Weniger Halte bedeuten neben einem gleichmäßigeren Verkehrsfluss und weniger Wartezeitverlusten auch eine geringere Belastung für die Umwelt.

Hauptaufgabe in diesem Projekt ist die Verbesserung des Verkehrsflusses an Kreuzungen mit Lichtsignalanlagen. Einerseits soll die Steuerung der Lichtsignalanlagen verbessert

werden, andererseits die Kommunikation zwischen Fahrzeug und Infrastruktur untersucht werden. Die Darstellung auf mobilen Endgeräten und Fahrzeuginformationssystemen und die damit notwendige Aufbereitung für den Fahrer näher zu untersuchen, ist Aufgabe des Lehrstuhls für Ergonomie.

Dazu soll das Fahrzeug zusätzliche Informationen über den Zustand der Lichtsignalanlage erhalten, um eine günstige und möglichst ökologische Fahrweise empfehlen zu können. Das Projekt startet mit Literaturrecherchen und verläuft über Fahrsimulatorstudien, Demonstratoren, gegebenenfalls Realversuchen bis hin zur Entwicklung von Marktstrategien.

Christoph Rommerskirchen, Michael Krause

IEHF 2011

Vom 12. bis 14. April 2011 fand die jährliche Hauptkonferenz des Institute of Ergonomics & Human Factors (IEHF), der Vereinigung britischer Ergonomieexperten, in Stoke Rochford (England) statt. Für den Lehrstuhl für Ergonomie (LfE) nahm Herr Krause am 12. April an der Tagung teil, zu der auch Gäste aus Indien, Australien, den Niederlanden, Schweiz, Österreich, Kanada, Frankreich, Neuseeland, Hongkong, Irland, Griechenland und Deutschland angereist waren.

Stoke Rochford liegt etwa 170 km nördlich von London in der Grafschaft Lincolnshire. Die Stoke Rochford Hall als Tagungsort und Unterbringung ist äußerst abgelegen, bietet aber als schloßartiges Landhaus im Jakobinischen Stil ein malerisches Ambiente.

Besonderen Stolz verspürt man dort wegen des berühmten ehemaligen Nachbarn Isaac Newton, der in Stoke Rochford die ersten Ansätze seiner Bildung vermittelt bekam. So eröffnete der Tagungspräsident die Konferenz auch im Andenken an Newton und hoffte auf ähnlich wissenschaftlich bahnbrechende Beiträge.

Die Ergebnisse einer Studie zum Vergleich von Dreh-Drück-Steller und Touchscreen am LfE wurden von Herrn Krause in der Transport Session vorgestellt. Dort kam es zum direkten Aufeinandertreffen mit einer weiteren Studie, die eben-

falls beide Eingabemedien verglich. Während der Beitrag des Lehrstuhls für Ergonomie, unter anderem mit Blick auf die Unterbrechbarkeit und Fehlerhäufigkeit, den Dreh-Drück-Steller für Fahrzeuganwendungen präferiert, kam der thematisch verwandte Kongressbeitrag zu dem Ergebnis, dass der Touchscreen mit seinen kürzeren Bedienzeiten zu bevorzugen ist.

Dies ergab eine gute Grundlage für eine noch nicht abgeschlossene Diskussion. Der Kontakt zur Studienleiterin des Beitrages wurde hergestellt und ein weiterer Vergleich der Ergebnisse und Experimentalbedingungen wird angestrebt.



Michael Krause

TÜV Visiting Professor Prof. Dr. Erik Hollnagel

Das Programm TÜV Süd Visiting Professor fördert in Kooperation mit dem TUM IAS einen sechswöchigen Forschungsaufenthalt von Prof. Dr. Erik Hollnagel am Lehrstuhl für Ergonomie im August und September 2011.

Professor Hollnagel ist ein international anerkannter Experte im Bereich der Risikoforschung und des Risikomanagements. Durch seine herausragenden Forschungsarbeiten im Bereich

Human Factors hat er maßgeblich zu entsprechenden Konzepten und Maßnahmen im Bereich der Kerntechnik, Flugsicherheit und Bahnsicherheit beigetragen.

Im Rahmen des Besuches sind öffentliche Vorträge, Kolloquien und eine Master Class geplant.

Klaus Bengler

SinoGerman Workshop

Der Workshop zum Thema „Traffic Safety through Driver Assistance“ fand organisiert von Prof. Dr. Wang (Department of Transportation Engineering, Beijing Institute of Technology) und Prof. Bengler vom 9. bis 12.12.2010 in Beijing statt. Im Rahmen des Workshops diskutierten Vertreter deutscher Universitäten und Forschungseinrichtungen mit ihren chinesischen Kollegen Fragen der Fahrerassistenz, des Verkehrsverhaltens; aber auch Unfallanalyse, Maßnahmen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit und Reduktion von CO₂ standen auf der Agenda. In der deutschen Delegation waren Vertreter der TU Chemnitz, TU Darmstadt, der DLR und BMW Group vertreten. Der workshop wurde auf eindrucksvolle Weise mit einer Exkursion in den Verkehrsraum Beijing abgeschlossen.



Klaus Bengler

Veröffentlichungen Sommer 2010 bis Sommer 2011

Bengler, K. (2011): The Art to Make an Error: The Dilemma Between Prevention, Learning and Mitigation. In: P. Cacciabue (Hg.): Human Modelling in Assisted Transportation: Springer, S. 9–13.

Bengler, K. (2011): Interdisziplinäres Arbeiten im Bereich der Produktergonomie. In: Zeitschrift für Arbeitswissenschaft 65 (1), S. 56–58.

Bengler, K.; Coughlin, J.; Reimer, B.; Niedermaier, B. (2010): Interactive-Consumer Design & Evaluation (I-CoDE): A new method to investigate Cognitive Structures of User's on Automotive Functionalities. In: 3rd Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE) International Conference. Miami.

Bengler, K.; Mattes, S.; Hamm, O.; Hensel, M. (2010): Lane Change Test: Preliminary Results of a Multi-Laboratory Calibration Study. In: G. Rupp (Hg.): Performance Metrics for Assessing Driver Distraction: The Quest for Improved Road Safety. Warrendale, Pennsylvania: SAE International, S. 243–253.

Bortot, D.; Bengler, K.; Dresselhaus, M.; Som, F. (2011): Grundlegende ergonomische Untersuchungen zur Realisierung effizienter Mensch-Roboter-Kooperationen. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hg.): Mensch, Technik, Organisation - Vernetzung im Produktentstehungs- u. -herstellungsprozess. 57. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (GfA). TU Chemnitz, 23.03. - 25.03.2011. Gesellschaft für Arbeitswissenschaft. Dortmund: GFA-Press, S. 805–808.

Bortot, D.; Bengler, K.; Stengel, D.; Vogel-Heuser, B. (2011): Ergonomische Grunduntersuchungen zur Realisierung effizienter Mensch-Roboter-Kooperationen. Wie Wissen über den Menschen zur Effizienz und Akzeptanz von Mensch-Roboter-Kooperationen beitragen kann. In: VDI Wissensforum GmbH (Hg.): Technische Zuverlässigkeit 2011. Entwicklung und Betrieb zuverlässiger Produkte. 25. Fachtagung. Fachtagung Technische Zuverlässigkeit. Leonberg, 11.-12.05.2011. Düsseldorf: VDI-Verlag, S. 75–86.

Bortot, D.; Brunner, N.; Bengler, K. (2011): Vergleich verschiedener Interaktionsformen zur Optimierung der Qualitätsprüfung in der Automobilendmontage. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hg.): Mensch, Technik, Organisation - Vernetzung im Produktentstehungs- u. -herstellungsprozess. 57. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (GfA). TU Chemnitz, 23.03. - 25.03.2011. Gesellschaft für Arbeitswissenschaft. Dortmund: GFA-Press, S. 649–653.

Bortot, D.; Bengler, K. (2010): Bewegungsprädiktion zur Steigerung der Effizienz von Mensch-Roboter-Kooperationen. In: 56. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft GfA „Neue Arbeits- und Lebenswelten gestalten“. Dortmund, S. S. 945-948.

Bortot, D.; Günzkofer, F.; Ding, H.; Stengel, D.; Bengler, K.; Schiller, F.; Stursberg, O. (2010): Effizienzsteigerung durch die Bewegungsanalyse und -modellierung der Mensch-Roboter-Kooperationen. In: Zeitschrift für Arbeitswissenschaften (2), S. S.65-75.

Both, J.; Kremser, F.; Rüger, O. (2011): Neue Grenzen, neue Freiheiten - das MUTE Elektrofahrzeug der T U München. In: Automobil Industrie INSIGHT 55, S. 72–75.

Brenner, M.; Mauter, G.; Zwicknagl, T.; Meurle, J.; Bengler, K.; Bubb, H. (2011): Nutzerbefragung in aktuellen Serienfahrzeugen zur Ermittlung von altersspezifischen Anforderungen an ein Fahrzeug. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hg.): Mensch, Technik, Organisation - Vernetzung im Produktentstehungs- u. -herstellungsprozess. 57. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (GfA). TU Chemnitz, 23.03. - 25.03.2011. Gesellschaft für Arbeitswissenschaft. Dortmund: GFA-Press, S. 199–202.

Bubb, H. (2011): Neuro-Ergonomie - Blickerfassung als ein Fenster ins Gehirn und was man damit für die ergonomische Gestaltung lernen kann. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hg.): Frühjahrskongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft. GfA-Frühjahrskongress 2011. Chemnitz, 23.-25.03.2011. Gesellschaft für Arbeitswissenschaft. Dortmund: GFA-Press.

Burns, P.; Bengler, K.; Weir, D. (2010): Driver Metrics. An Overview of User Needs and Uses. In: G. Rupp (Hg.): Performance Metrics for Assessing Driver Distraction: The Quest for Improved Road Safety. Warrendale, Pennsylvania: SAE International, S. 24–30.

Gradenegger, B.; Rauch, N.; Krueger, H.-P.; Bengler, K. (2010): Situation awareness in driving with in-vehicle information systems. In: G. Rupp (Hg.): Performance Metrics for Assessing Driver Distraction: The Quest for Improved Road Safety. Warrendale, Pennsylvania: SAE International, S. 217–231.

Günzkofer, F.; Engstler, F.; Bubb, H.; Bengler, K. (2010): Ein methodenbasierter Ansatz zur Messung von Gelenkmomenten. In: 56. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft GfA „Neue Arbeits- und Lebenswelten gestalten“. Dortmund, S. 635–638.

Haslbeck, A.; Pecot, K.; Popova, S.; Eichinger, A.; Bengler, K. (2011): Menschliche Zuverlässigkeit bei der alphanumerischen Eingabe mittels unterschiedlicher Eingabemedien. In: VDI Wissensforum GmbH (Hg.): Technische Zuverlässigkeit 2011. Entwicklung und Betrieb zuverlässiger Produkte. 25. Fachtagung. Fachtagung Technische Zuverlässigkeit. Leonberg, 11.-12.05.2011. Düsseldorf: VDI-Verlag, S. 87–97.

Herbst, U.; Rausch, H.; Wichtl, M.; Suitner, A.; Ambros, W.; Bengler, K. (2011): AUVA-GE-ERGO. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hg.): Mensch, Technik, Organisation - Vernetzung im Produktentstehungs- u. -herstellungsprozess. 57. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (GfA). TU Chemnitz, 23.03. - 25.03.2011. Gesellschaft für Arbeitswissenschaft. Dortmund: GFA-Press, S. 853–856.

Israel, B.; Bubb, H. (2010): Augmented Reality im Fahrzeug – Möglichkeiten und Grenzen der Darstellung mit dem kontaktanalogen Head-up Display. In: 5. Fachtagung USEWARE. Baden-Baden.

Israel, B.; Seitz, M.; Senner, V.; Bubb, H.: Kontaktanaloge Anzeigen für ACC – im Zielkonflikt zwischen Stimulation und Ablenkung. In: TÜV Süd (Hg.): 4. Tagung Sicherheit durch Fahrerassistenz. 4. Tagung Sicherheit durch Fahrerassistenz. München. TÜV Süd.

Israel, B.; Senner, V.; Bubb, H. (2010): The Audi contact analog Head-up Display - The state of technology and challenges for series application. In: SID-ME Chapter Fall Meeting. Sindelfingen.

Jastrzebska-Fraczek, I.; Bortot, D.; Popova, S.; Bengler, K. (2010): Herausforderungen für die Gestaltung von Überwachungsarbeitsplätzen. In: *Ergonomie Aktuell* (011), S. 17–22.

Kremser, F.; Pietsch, R.; Wilden, W.; Lienkamp, M.; Bengler, K. (2011): Anthropometrische Innenraumauslegung eines Elektrofahrzeugs der Subcompact-Klasse. In: *Gesellschaft für Arbeitswissenschaft* (Hg.): *Mensch, Technik, Organisation - Vernetzung im Produktentstehungs- u. -herstellungsprozess*. 57. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (GfA). TU Chemnitz, 23.03. - 25.03.2011. Gesellschaft für Arbeitswissenschaft. Dortmund: GFA-Press, S. 239–242.

Lange, C.; Arcati, A.; Bubb, H.; Bengler, K. (2010): Haptic Gear Shifting Indication: Naturalistic Driving Study for Parametrization, Selection of Variants and to Determine The Potential for Fuel Consumption Reduction. In: 3rd Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE) International Conference. Miami.

Lange, C.; Spies, R.; Bubb, H.; Bengler, K. (2010): Automated Analyses of eye tracking data for the evaluation of driver information systems according to EN ISO 15007-1 and ISO TS 15007-2. In: 3rd Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE) International Conference. Miami.

Lindberg, T.; Tönert, L.; Rötting, M.; Bengler, K. (2009): Integration aktueller und zukünftiger Fahrerassistenzsysteme – wie lässt sich der Lösungsraum für die HMI-Entwicklung strukturieren? In: *Der Fahrer im 21. Jahrhundert - Fahrer, Fahrerunterstützung und Bedienbarkeit*. Berlin, Germany.

Lorenz, D.; Rigel, S.; Meurle, J.; Bengler, K.; Bubb, H. (2010): Validierung des variablen und virtuellen Fahrerplatzmodells zur Beurteilung von Sitzpositionen. In: *VDI* (Hg.): *Erprobung und Simulation in der Fahrzeugentwicklung - Mess- und Versuchstechnik*. Düsseldorf: VDI-Verlag (VDI-Bericht, 2106).

Lorenz, S.; Löcherer, A.; Jochmann, M.; Schwald, S.; Mergl, C.; Bubb, H. (2010): Objektivierung des Tragekomforts von Sicherheitsgurten. In: 56. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft GfA „Neue Arbeits- und Lebenswelten gestalten“. Dortmund, S. 115–118.

Lorenz, S.; Remlinger, W.; Bengler, K.; Bubb, H.; Matz, S.; Kremser, F. (2011): Sichtauslegung eines kompakten Elektrofahrzeugs mit ‚RAMSIS kognitiv‘. In: *VDI Wissensforum GmbH* (Hg.): 2. Automobiltechnisches Kolloquium, Antriebstechnik - Fahrzeugtechnik - Speichertechnik. Unter Mitarbeit von VDI Wissensforum GmbH. 2. Automobiltechnisches Kolloquium,

Antriebstechnik - Fahrzeugtechnik - Speichertechnik. München, 11.-12.04.2011. Düsseldorf.

Plavsic, M. (2010): Analyse des Blickverhaltens an Kreuzungen als Grundlage für die Gestaltung von Assistenzsystemen. In: *Ergonomie Aktuell* (011), S. 28–31.

Plavsic, M.; Bengler, K.; Bubb, H.; Ablassmeier, M. (2010): Analysis of Glance Movements in Critical Intersection Scenarios. In: 3rd Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE) International Conference. Miami.

Plavsic, M.; Guzman, E.; Bengler, K.; Bubb, H. (2010): Modelling Control Behavior for the Cognitive Driver Model. In: *The Second European Conference on Human Centered Design for Intelligent Transport System*. Berlin.

Plavsic, M.; Klinker, G.; Bubb, H. (2010): Situation Awareness Assessment in Critical Driving Situations at Intersections by Task and Human Error Analyses. In: *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries* (20).

Popiv, D.; Hajek, H.; Bengler, K. (2010): Einfluss eines multimodalen Fahrerassistenzsystems zur Reduktion des Kraftstoffverbrauchs durch verbesserte Antizipation. In: 5. Fachtagung USEWARE. Baden-Baden.

Popiv, D.; Rakic, M.; Bengler, K. (2010): Driver's natural anticipation horizon in deceleration situations. In: 3rd Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE) International Conference. Miami.

Popiv, D.; Rakic, M.; Bengler, K.; Bubb, H. (2010): Ein Zeitkonzept für die Unterstützung vorausschauenden Fahrens. In: 56. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft GfA „Neue Arbeits- und Lebenswelten gestalten“. Dortmund.

Popiv, D.; Rakic, M.; Laquai, F.; Duschl, M.; Bengler, K. (2010): Reduction of fuel consumption by early anticipation and assistance of deceleration phases. In: *World Automotive Congress of International Federation of Automotive Engineering Societies (FISITA)*. Budapest.

Popiv, D.; Rommerskirchen, C.; Rakic, M.; Duschl, M.; Bengler, K. (2010): Effects of assistance of anticipatory driving on driver's behaviour during deceleration situations. In: *The Second European Conference on Human Centered Design for Intelligent Transport System*. Berlin.

Popova, S.; Krause, M.; Bengler, K. (2011): Experimental Evaluation of Touch Screen Interaction for In-Car Applications. In: *Contemporary Ergonomics and Human Factors 2011: Proceedings of the international conference on Ergonomics & Human Factors 2011*. Stoke Rochford, Lincolnshire.

Popova, S.; Krause, M.; Bengler, K. (2011): To Touch or Not To Touch - Gestaltungshinweise für die Touchscreens im Kraftfahrzeug. In: *Gesellschaft für Arbeitswissenschaft* (Hg.): *Mensch, Technik, Organisation - Vernetzung im Produktentstehungs- u. -herstellungsprozess*. 57. Kongress der Gesell-

schaft für Arbeitswissenschaft (GfA). TU Chemnitz, 23.03. - 25.03.2011. Gesellschaft für Arbeitswissenschaft. Dortmund: GFA-Press, S. 269–272.

Popova, S.; Bortot, D.; Jastrzebska-Fraczek, I.; Bengler, K. (2010): Auslegung von Arbeitsplätzen für Tunnelüberwachungsanlagen und Verkehrsleitzentralen. In: 56. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft GfA „Neue Arbeits- und Lebenswelten gestalten“. Dortmund, S. 269–272.

Reimer, B.; Niedermaier, B.; Bengler, K.; Mehler, B.; Coughlin, J. (2010): A Methodology for Evaluating Three Aspects of Learnability: Testing an Early Prototype of the New BMW iDrive System. In: 3rd Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE) International Conference. Miami.

Reinhart, G.; Egbers, J.; Bortot, D. (2010): 3P zur Gestaltung alternsgerechter Arbeitsplätze. In: 56. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft GfA „Neue Arbeits- und Lebenswelten gestalten“. Dortmund, S. 827–830.

Rommerskirchen, C.; Bengler, K. (2011): eCoMove-Ergonomic Aspects of Cooperative Mobility Systems and Services for Energy Efficiency. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hg.): Mensch, Technik, Organisation - Vernetzung im Produktentstehungs- u. -herstellungsprozess. 57. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (GfA). TU Chemnitz, 23.03. - 25.03.11. Gesellschaft für Arbeitswissenschaft. Dortmund: GFA-Press, S. 349–352.

Rühmann, H.; Bubb, H. (2010): Grundsätze ergonomischer Arbeitsplatz- und Betriebsmittelgestaltung. In: Enzyklopädie

der Psychologie, Themenbereich D, Praxisgebiete, Serie III, Wirtschafts-, Organisations- und Arbeitspsychologie (Band 1).

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: 3rd Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE) International Conference. Miami.

Stengel, D.; Ostermann, B.; Ding, H.; Bortot, D.; Schiller, F.; Stursberg, O.; Bengler, K. (2010): An Approach for Safe and Efficient Human-Robot Collaboration. In: The 6th International Conference Safety of Industrial Automated Systems (SIAS 2010). Tampere.

Strasser, B.; Bock, T.; Siedersberger, K.-H.; Duba, G.-P.; Maurer, M.; Bubb, H. (2010): Eigenschaftsentwicklung für Fahrerassistenzsysteme mittels eines innovativen und durchgängigen Entwicklungsprozesses. In: Ergonomie Aktuell (011), S. 13–17.

Trübswetter, N.; Bengler, K. (2011): Systematische Modellierung des zukünftigen Unterstützungspotentials im Straßenverkehr. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Hg.): Mensch, Technik, Organisation - Vernetzung im Produktentstehungs- u. -herstellungsprozess. 57. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (GfA). TU Chemnitz, 23.03. - 25.03.11. Gesellschaft für Arbeitswissenschaft. Dortmund: GFA-Press, S. 841–844.

VDI (Hg.) (2010): Erprobung und Simulation in der Fahrzeugentwicklung - Mess- und Versuchstechnik. VDI. Düsseldorf: VDI-Verlag (VDI-Bericht, 2106).

Dissertationen

Virtuelle Absicherung manueller Fahrzeugmontagevorgänge mittels digitalem 3 D Menschmodell – Optimierung der Mensch-Computer-Interaktion

Digitale 3D-Menschmodelle stellen ein wichtiges Hilfsmittel bei der Entwicklung zukünftiger Produkte und der Planung und Gestaltung neuer Produktionssysteme dar. In der Regel sind virtuelle Modelle allerdings nicht ausreichend intuitiv bedienbar und die Einstellung einer korrekten und realitätsnahen Körperhaltung gerade für die Anwendung im Produktionsbereich ist sehr zeitintensiv. In den meisten Fällen wird vom Benutzer ein hohes Maß an Expertenwissen über das eingesetzte Simulationssystem verlangt.

Ausgehend von der geschilderten Problematik hat sich Domingo Rodriguez-Flick mit den Anforderungen an die Simulation mit Menschmodellen für die Anwendung in der Produktionsplanung auseinandergesetzt. Zur Erfassung der Anforderungen wurden erfahrene Mitarbeiter beobachtet und befragt sowie Schwachstellen der betrachteten Simulationssoftware identifiziert und daraus Optimierungsmaßnahmen unter Anwendung systemergonomischer Regeln abgeleitet.

Domingo Rodriguez- Flick 04. 08. 2010

Dissertationen

Kraft- und haltungsabhängiger Diskomfort unter Bewegung - berechnet mit Hilfe eines digitalen Menschmodells

Die Vorarbeiten am Lehrstuhl für Ergonomie zu einem kraft- und haltungsbasierten Diskomfort-Modell für statische Haltungen wurden von Florian Fritzsche weiterentwickelt und auf die Dynamik von Bewegungen ausgedehnt, mit dem Ziel subjektive Aussagen zum empfundenen Diskomfort der analysierten Bewegungen aus den objektiven Parametern wie Gelenkwinkel und Gelenkmomente zu berechnen. Die Berechnung des globalen Diskomforts wurde exemplarisch für zwei Individuen am Beispiel des Gewichthebens aufgestellt. Bei dem Vergleich mit den subjektiven Diskomfortaussagen

dieser Versuchspersonen ergeben sich erstaunliche Korrelationskoeffizienten von 0,85 und 0,87. In die Diskomfort-Modelle gehen die lineare Regressionen zwischen dem relativen Moment (Ausnutzungsgrad des muskulär möglichen Gelenkmoments) und dem lokalen subjektiven Diskomfort ein, ebenso wie die Annahme, dass der maximale lokale Diskomfort den globalen Diskomfort bestimmt. Diese Annahme wird durch die Versuchsergebnisse der subjektiven Bewertungen bestätigt.

Florian Fritzsche 22. 09. 2010

Analysis and Modeling of Driver Behavior for Assistance Systems at Road Intersections

Die Arbeit von Frau Dr. Dipl. Ing. Plavsic befasst sich mit dem Fahrerverhalten an Kreuzung und dessen Modellierung. Damit fokussiert die Arbeit eine Verkehrssituation, die im Zuge der vorliegenden demografischen Trends und der Mobilitätsentwicklung in Städten (insbes. Megacities) von immer größerer Bedeutung sein wird. Die Auslegung von Systemen der aktiven Sicherheit erfordert vor allem in dieser Verkehrssi-

tuation genauere Kenntnis über die Informationsverarbeitung des Fahrers und vor allem möglichen Fehlverhaltens. Die Modellierung des Fahrerhaltens soll die ergonomische Auslegung von Fahrerassistenzsysteme ermöglichen.

Marina Plavšić 04. 10. 2010

Entwicklung eines dynamischen Diskomfortmodells am Beipiels des Ein- und Ausstiegs

Olaf Sabbah hat in seiner Arbeit einen Modellzusammenhang zwischen dem Diskomfort bei der Ein- und Ausstiegsbewegung mit menschlichen, biomechanischen Parametern untersucht. Es stellt sich heraus, dass bei diesen Bewegungsabläufen der haltungsinduzierte Diskomfort – ausgelöst durch die Wirbelsäulenlateralflexion – den kraftinduzierten Diskomfort überwiegt. Dies erklärt auch, weshalb das Einsteigen

stets kritischer bewertet wird als das Aussteigen, obwohl bei zweiteren eigentlich mehr Kraft aufgewendet werden muss. Aufbauend auf diesen Erkenntnissen wurde der Prototyp eines mechatronischen Unterstützungssystems für den Ein- und Ausstieg ins Auto entwickelt und evaluiert.

Olaf Sabbah 04. 10. 2010

25-jähriges Dienstjubiläum

Zu ihrem 25-jährigen Dienstjubiläum erhielt Frau Dr.-Ing. Iwona Jastrzebska-Fraczek die Ehrennadel der TUM. Es gratulieren der Präsident, Prof. Dr. Wolfgang Herrmann und Kanzler Albert Berger.



Rohmert-Preis 2011, GfA Darmstadt

Auf dem 57. Frühjahrskongress der GfA wurde zum zweiten Mal der Walter-Rohmert-Forschungspreis für herausragende Forschungsleistungen in der Arbeitswissenschaft verliehen.

Preisträger in diesem Jahr war Dr.-Ing. Paul Leiber der Universität Chemnitz unter der Betreuung von Professor Spanner-Ulmer.

Den zweiten Platz belegte Dr.-Ing. Marina Plavšić mit ihrer Dissertation am Lehrstuhl für Ergonomie an der Technischen Universität München. Unter der Leitung von Professor Bubb untersuchte sie das Unfallgeschehen an Kreuzungen.

Der Walter Rohmert Forschungspreis wird vom Institut für Arbeitswissenschaft der TU-Darmstadt ausgeschrieben und von einer hochkarätigen Jury vergeben. Er zeichnet herausragende wissenschaftliche Leistungen in Dissertationen aus und wird jedes Jahr beim GfA-Frühjahrskongress verliehen.

Quelle: Institut für Arbeitswissenschaft, Darmstadt IAD



Ströbel Preis

Innenminister Joachim Herrmann hat am 3.11.2010 den Joseph-Ströbl-Preis verliehen. Die Auszeichnung ehrt Persönlichkeiten, die sich in besonderer Weise um die Verkehrssicherheit verdient gemacht haben. Zwei von ihnen gehören dem Lehrstuhl für Ergonomie an:

Dr. Marina Plavšić hatte neue Vorschläge für Assistenzsysteme entwickelt, mit denen sich Kreuzungsunfälle vermeiden lassen; ein wichtiger Beitrag, um die Verkehrssicherheit in diesem sensiblen Feld zu erhöhen!

Albert Zaindl untersuchte, ob die Sichtverdeckung durch die A-Säulen des Fahrzeuges Anlass für scheinbar unerklärliche Kreuzungsunfälle sein kann.

Wir gratulieren Frau Dr. Marina Plavšić und Herrn Dipl.-Ing. Albert Zaindl.



Herzlich Willkommen am Lehrstuhl für Ergonomie

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



Frau Lisa Diwischek M.Sc ist seit dem 01.08.2010 wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Ergonomie. Sie absolvierte ihr Human Factors- Masterstudium an der Technischen Universität Berlin mit den Schwerpunkten Kfz-Technik und Kognitionspsychologie. Im Rahmen ihrer Masterarbeit evaluierte sie eine Warnschnittstelle hinsichtlich deren Blickbewegungen und des Workloads in dem Fahrsimulator des Zentrums für Mensch-Maschine-Systeme. Im Rahmen ihrer Tätigkeit am Lehrstuhl für Ergonomie setzt sich Frau Diwischek schwerpunktmäßig mit emotionalem Nutzererleben im Kraftfahrzeug und den Methoden der Usabilityforschung auseinander.



Seit April 2011 arbeitet Julia Fridgen als ausgebildete Mediengestalterin am LfE. Ihre an der TU erworbenen Kenntnisse und Fähigkeiten wird sie nun als Nachfolgerin des auscheidenden Grafikdesigners Werner Zopf einsetzen. Wir freuen uns auf eine konstruktive und kreative Zusammenarbeit.



Herr Dipl.-Ing. Hermann Hajek verstärkt seit Oktober 2010 als wissenschaftlicher Mitarbeiter das Team am Lehrstuhl für Ergonomie. Während seines Maschinenbaustudiums an der TUM beschäftigte er sich mit Fahrzeug- und Produktionstechnik. In seiner Diplomarbeit untersuchte Herr Hajek im Fahrsimulator des LfE ein vorausschauendes multimodales Fahrerassistenzsystem hinsichtlich der Fahrerreaktion und der Akzeptanz. Am Lehrstuhl bearbeitete Herr Hajek zunächst ein Industrieprojekt zur Verbesserung der menschlichen Zuverlässigkeit in der Automobilendmontage. Aktuell beschäftigt er sich schwerpunktmäßig mit der Fahrer-Fahrzeug Interaktion und unterstützt die Planung eines Forschungsprojekts zum sicheren, effizienten und assistierten Innenstadverkehr.



Herr Dipl.-Ing. Michael Krause M.Sc. ist seit Januar 2011 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Ergonomie. Er studierte Elektro- und Informationstechnik an der TUM, unter anderem mit dem Schwerpunktmodul „Vereinigung aller Schwerpunktmodule“. Seine Bachelorarbeit im Bereich der Psychoakustik bearbeitete er am Lehrstuhl für Mensch-Maschine-Kommunikation. Im Rahmen seiner Diplomarbeit befasste er sich für die unternehmerische Universität mit Hardware- und Software-Engineeringaufgaben zur Touchin-

teraktion mit einem eingebetteten System. Sein fachübergreifendes mechatronisches Verständnis erweiterte er im Masterstudiengang Medizintechnik an der Fakultät für Maschinenwesen der TUM.

Am Lehrstuhl ist Herr Krause der Arbeitsgruppe Systemergonomie zugeordnet.



Seit August 2010 unterstützt Herr Dipl.-Ing. Thomas Müller das Team des Lehrstuhls für Ergonomie als wissenschaftlicher Mitarbeiter. Bereits während seines Studiums der Fahrzeug- und Motorentechnik setzte er in Form einer Semesterarbeit und der Werkstudententätigkeit bei der Firma Ergoneers GmbH den Fokus seines Interesses auf den Bereich Ergonomie. Direkt im Anschluss an seine Diplomarbeit, in der das Prüfverfahren des Neuen Europäischen Fahrzyklus (NEFZ) in die Simulationsumgebung des LfE-Fahrsimulators implementiert werden konnte, führte er seine Arbeit am Lehrstuhl fort.

Aktuell beschäftigt sich Herr Müller mit den Themen Kognitive Fahrerassistenzsysteme, sowie den Dimensionen der menschlichen Wahrnehmung der Längsdynamik im Rahmen eines interdisziplinären Kooperationsprojekts zwischen verschiedenen universitären Einrichtungen und einem Automobilhersteller.



Markus Zimmermann wird ab Juli 2011 seine Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Ergonomie antreten. Bis dahin wird er das Diplom der Medieninformatik an der Ludwig-Maximilians-Universität erreicht haben, seine Studienschwerpunkte waren Mensch-Maschine-Interaktion, Kommunikationsdienste und -netze, Datenbanksysteme und Kommunikationswissenschaften. Seine Diplomarbeit am Münchner Center for Digital Technology and Management (dem gemeinsamen Institut der TUM und LMU) behandelt das Thema „Usability Requirements for a Mobile Fitness Application“, vertieft also das Themenfeld der Softwareergonomie. Am Lehrstuhl für Ergonomie wird sich Herr Zimmermann dem ARTEMIS-Projekt D3CoS (Designing Dynamic Distributed Cooperative Human-Machine Systems) widmen, mit der Zielsetzung, multimodale Interaktionskonzepte zwischen Fahrern und hochautomatisierten, kooperativen Fahrzeugen zu entwickeln, zu untersuchen und zu optimieren.

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:

Maximilian Hainz, Carolin Holland, Boris Israel, Martin Kohlmann, Stephan Lorenz, Marina Plavšić und Darya Popiv.

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

Auf Wiedersehen und alles Gute

Dr.-Ing. Karl-Werner Müller

Am 30. Juni 2011 beendete Herr Dr.-Ing. Karl-Werner Müller nach 37 Jahren seinen aktiven Dienst an der Technischen Universität München. Direkt nach der Diplomprüfung an der Fakultät Elektrotechnik und dem anschließenden „Arbeitswissenschaftlichen Aufbaustudium“ begann er am 1. Januar 1974 mit einem „Privatdienstvertrag“ bei Prof. Dr. W. Limmroth am Institut für Arbeitsphysiologie der TU-München seine wissenschaftliche Arbeit. Nach fünfmaliger Verlängerung seines Arbeitsvertrages wurde er schließlich 1978 in ein festes Arbeitsverhältnis übernommen. 1988, nachdem der Lehrstuhl von Prof. Dr. W. Limmroth aufgelöst wurde, wechselte er zum Lehrstuhl für Ergonomie. Ab dem Jahre 2006 befand sich Herr Dr. Müller in Altersteilzeit.

Zahlreiche Veröffentlichungen belegen seine wissenschaftliche Tätigkeit im Bereich der Ergonomie und Arbeitsphysiologie. Im Rahmen seiner Dissertation konnte er schon sehr früh durch umfangreiche Messungen mit selbstgebauten aufwändigen Messgeräten nachweisen, dass die mentale Beanspruchung nur unzuverlässig durch physiologische Parameter wie Pulsarrhythmie und Herzfrequenz nachweisbar sind. Trotz mehrmaliger Versuche und inzwischen erheblich verbesserter Messtechnik ist es in den letzten Jahrzehnten



Werner Zopf

Unser langjähriger Grafikdesigner am Lehrstuhl, Werner Zopf verlässt uns, weil er sich mit dem Erreichen der Altersgrenze in seinen wohlverdienten Ruhestand verabschiedet. Seit Ende 1999 wirkte er am Lehrstuhl für Ergonomie und hat hier vor allem unsere Lehrstuhl-Zeitung „Ergonomie aktuell“ initiiert, die er mittlerweile in 12 Ausgaben gestaltet und realisiert hat.

Er war im Team des Lehrstuhls ein sehr wertvoller Mitarbeiter, der besonders für das äußere Erscheinungsbild des Lehrstuhls verantwortlich zeichnete und sich auch außerhalb seines eigentlichen Aufgabengebietes im organisatorischen und administrativen Bereich engagierte. Die von ihm mit viel Feingefühl und Sachverstand organisierten Kongresse, Veranstaltungen, Fachtagungen oder Lehrstuhlfeste haben immer zu positiven Erinnerungen an angenehme und eindrucksvolle

nicht gelungen diese Erkenntnisse zu präzisieren oder zu widerlegen. Die Forschungsarbeiten reichen von der Optimierung von Kassenarbeitsplätzen bis hin zur Evaluation von Rechnertastaturen.

In der Lehre war Herr Dr. Müller stets eine tragende und beständige Säule bei der Ausbildung von zukünftigen Ingenieuren und Lehrkräften. Viele Studierende haben in unzähligen Vorlesungen, Seminaren und Praktika seine engagierte Lehre gelobt. Sein außerordentlich breites fachliches Spektrum reicht von der Arbeitsphysiologie bis hin zum Berufsbildungsrecht, von der Medizin, über Physik, Mathematik, Informatik, Soziologie und Psychologie bis hin zu den Ingenieurwissenschaften. Die vorbildlichen Lehrunterlagen und Vorbereitungen wurden von den Studierenden sehr geschätzt. Selbst in seiner Altersteilzeit gehörte er noch zu den Mitarbeitern mit dem umfangreichsten und engagiertesten Lehrangebot und ist ein Vorbild für die jungen Wissenschaftler am Lehrstuhl für Ergonomie.

Neben seiner regulären Arbeit engagierte sich Herr Müller ganz selbstverständlich in den Gremien der Selbstverwaltung der TUM. Er setzte sich über Jahre im Personalrat und als Gewerkschaftler aktiv für Kollegen ein. Als Hauptprüfungsschriftführer der Fakultät straffte und rationalisierte er Verwaltungsabläufe. Er entwarf sogar das Layout und den Text der aktuellen zweisprachigen Abschlusszeugnisse und ist somit ein Vorreiter der Internationalisierung.

Mit Herrn Dr. Müller hat ein sehr engagierter, sehr präzise und zuverlässig arbeitender Mitarbeiter mit hohem Niveau den Lehrstuhl verlassen. Wir danken Herrn Dr. Müller ganz herzlich für seinen jahrzehntelangen unermüdlichen Einsatz für die Arbeitswissenschaft und besonders auch für sein soziales Engagement am Lehrstuhl und in der TU!

li. Werner Zopf

re. Karl-Werner Müller

Stunden am Lehrstuhl beigetragen. Durch sein zusätzliches Engagement als zweiter gewählter Schwerbehinderten-Vertreter hat er sich auch außerhalb des Lehrstuhls für die TUM eingesetzt und zum Beispiel Verbesserungen der barrierefreien Zugänge in der Fakultät vorgebracht. Ganz besonders engagierte er sich bei der Ausbildung junger Mitarbeiter zu Mediendesignern in Kooperation mit W. Schürmann im Medienlabor (Physik). Seine Schützlinge profitierten von seiner kompetenten und fundierten Kenntnis als langjähriger, selbständiger Grafikdesigner.

Wir wünschen Herrn Zopf viel Gesundheit für seinen neuen Lebensabschnitt und werden ihm als Team des Lehrstuhls für Ergonomie an der TU München immer sehr verbunden sein.

Wir sind sehr froh, in Julia Fridgen seit April 2011 eine junge und kreative Nachfolgerin zu haben.

Klaus Bengler

Kulturelle Erfahrungen des LfE in Regensburg

Unser Ausflug nach Regensburg war ein sehr gelungenes, erlebnisreiches Ereignis mit vielen Attraktionen, die diese historische Stadt bietet. Gleich nach Ankunft haben wir uns in der historischen Wurstkuchl zu Regensburg (älteste Bratwurststube der Welt) für die anschließende Stadtführung gestärkt. Danach führte uns die Stadtmaus zur Steinernen Brücke, zur Porta Praetoria und zum Alten Rathaus, zu den Patrizierhäusern und den Geschlechtertürmen und schließlich zum Dom, dem Wahrzeichen von Regensburg.

Nach einem gemütlichen Mittagessen und ein bisschen Verweilen an den sonnigen Plätzen der Stadt ging es auf zur Donau-Strudel-Schiffahrt. Am Abend besichtigten wir die historische Spitalbrauerei (entstanden im Jahre 1226) und rundeten den Tag mit einer ausgiebigen Bierverkostung und leckerem Essen ab.

Iwona Jastrzebska-Fraczek, Nicole Trübswetter



Kulinarische Erfahrungen des LfE in Garching

Zur jährlich wiederkehrenden Weihnachtsfeier lud der Lehrstuhl wieder alle Mitarbeiter und Ehemalige ein, um in den Bürgerstuben in Garching am brennenden Kaminfeuer stilvoll den Jahresabschluß zu feiern.

Anregend duftende Gaumenfreuden und ausgesucht kulinarischer Köstlichkeiten versetzten uns in den Zustand heiterer Besinnlichkeit und bereiteten uns die richtige Weihnachtsstimmung.

Werner Zopf

TUM



Einladung
zur festlichen Duft- und
Geschmacks-Symphonie —
der Weihnachtsfeier des
Lehrstuhls für Ergonomie
2010



