

# Ergonomie

a k t u e l l

TUM

Technische Universität München

Die Fach-Zeitschrift aus dem  Lehrstuhl für Ergonomie

**Ausgabe 014**  
**Sommer 2013**  
**ISSN 1616-7627**

---

Lehrstuhl für Ergonomie Boltzmannstr. 15 • 85747 Garching • Tel. 089 - 289-15388 • Fax 089 - 289-15389 • Internet: [www.ergonomie.tum.de](http://www.ergonomie.tum.de)



Liebe Kolleginnen und Kollegen,  
sehr geehrte Leserinnen und Leser,



diese Ausgabe überrascht Sie mit einem geänderten Layout, das von unserer Mitarbeiterin Frau Fridgen entworfen wurde. Der im vergangenen Heft angekündigte Studiengang Human Factors Engineering wird zu unserer großen Freude sehr gut angenommen und sorgt für den gewünschten interdisziplinären Austausch zwischen den Studierenden aber auch zwischen den Fakultäten der TUM. An dieser Stelle danke ich nochmals allen Kollegen und wissenschaftlichen Mitarbeitern, die zum Gelingen beigetragen haben. Natürlich hat sich wieder eine Vielzahl von Doktoranden in Forschungsprojekten zur Mobilität in ihren verschiedensten Facetten engagiert. Zwei technologische Entwicklungen dominieren derzeit die öffentliche Diskussion um die Mobilität. Zum Einen nach wie vor die E-Mobilität, zum Anderen das hochautomatisierte Fahren.

Das Projekt LEAP, das im Rahmen der Exzellenzinitiative durchgeführt wird, schließt hier an und untersucht in Kooperation mit weiteren TUM-Forschern die Entscheidungsprozesse die im Zusammenhang mit der automatisierten Fahrzeugführung bei Nutzern, Entwicklern und Entscheidern ablaufen.

Auch der in Garching durchgeführte DFG Expertenkreis „Kooperative Fahrzeugführung“ beschäftigt sich mit diesem Themenkreis.

Ebenso erfreulich hat sich die Projektlandschaft im Bereich Anthropometrie und der Produktionsergonomie entwickelt. So wurde das Projekt ESIMIP zur Mensch Roboter Kooperation erfolgreich abgeschlossen und wir sind nun gemeinsam mit dem Lehrstuhl AIS stolze Besitzer eines Roboters. Ein BMBf Projekt zu einer körpergetragenen Hebehilfe ergänzt ab Juli die Projektlandschaft der Anthropometriegruppe ebenso wie das Projekt UDASIM, das sich mit der Vernetzung von digitalen Menschmodellen befasst.

Eine ganz besondere Freude ist es mir, an dieser Stelle meinem Vorgänger Prof. Dr. Heiner Bubb zu seinem siebzigsten Geburtstag gratulieren zu können. Viele Projekte bauen nach wie vor auf seine Forschungsergebnisse auf und viele Doktoranden profitieren im Freitagsskolloquium von seiner Erfahrung.

Ein ebenso herzlicher Glückwunsch ist an Dr. Herbert Rausch zu seinem sechzigsten Geburtstag gerichtet. Er trägt maßgeblich zum reibungslosen Ablauf der Projekte am Lehrstuhl für Ergonomie bei und hat sich wie kein anderer um die Lehrerbildung verdient gemacht. So ist es uns eine besondere Freude, dass wir mit dem Projekt des TÜV Messkoffers sowohl die Ergonomie in die Klassenzimmer hinein tragen, als auch die Begeisterung für die Auseinandersetzung mit Technik, um Alltagsprobleme gemeinsam mit der TUM School of Education konstruktiv zu lösen.

Viele unserer Forschungsaktivitäten finden in Kooperation mit Forschungseinrichtung und Industriepartnern statt, bei denen ich mich an dieser Stelle auch im Namen meiner Mitarbeiter herzlich für die gute Zusammenarbeit bedanke. Insbesondere Bei den Kolleginnen und Kollegen der Hochschule München, mit denen wir derzeit die Frühjahrstagung 2014 der GfA vorbereiten, die in München stattfinden wird.

Wir wünschen Ihnen viel Freude bei der Lektüre.

Ihr



Klaus Bengler

# Inhalt

---

Editorial	
Ergonomie für Schulen	
Ein „Koffer der TÜV-Süd-Stiftung“ zur Verbesserung der Arbeitsplätze von Schülerinnen und Schülern	
<i>H. Rausch</i>	4
Pupillometrie – oder: Die Kunst Denken zu Messen	
<i>C. Dlugosch</i>	7
TUM CREATE: Electric Vehicle Asia (EVA), ein e-Taxi für Singapur	
<i>P. Stuke</i>	10
Flottenversuch mit Elektrofahrzeugen zur Identifikation von effizienten Fahrstrategien (eMUC)	
<i>M. Helmbrecht</i>	12
Das subjektive Erleben von elektrischen Fahrzeugantrieben – Auswahl interessanter Ergebnisse aus verschiedenen Studien	
<i>H. Hajek, A. Franzl, K. Hristov, C. Rolshoven</i>	15
Der kleine Unterschied: Methodenentwicklung zur Bestimmung von Wahrnehmungsschwellen im Bereich Fahrzeug-Längsbeschleunigung	
<i>T. Müller</i>	21
Fahrerassistenzsysteme – Sicherheitspotential und Marktdurchdringung	
<i>N. Trübswetter, F. Maier</i>	27
Entscheidungsverhalten von Experten in Kernkraftwerken	
<i>J. Beck</i>	33
KOLIBRI	
<i>M. Krause</i>	36
Mobile Messplattform	
<i>M. Krause</i>	40
HFE- Der neue Studiengang Aus der Sicht der Studenten	
<i>L. Wasmer</i>	43
Notauslösung für Wintersportgeräte	
<i>V. Senner, W. Schott, D. Meyer</i>	44
Entwicklung und Anwendung eines biomechanischen Knieprüfstandes zur Ermittlung der auftretenden Kräfte im Knie unter skitypischen Belastungssituationen	
<i>M. Nusser</i>	47
Elektromobilität Garmisch-Partenkirchen (eGAP)	
<i>D. Meyer</i>	51
Optimierung eines Skeletonschlittens	
<i>V. Senner, I. Feldstein, T. Kronsteiner</i>	52
Neue Projekte	55
Pilotprojekt zur Verbesserung des Verkehrsflusses präsentiert Ergebnisse: Grüne Welle auf der Landstraße spart Zeit und Sprit	
<i>A. Battenberg</i>	58
DFG Expertenkreis, GfA Frühjahrskongress 2014	59
Veröffentlichungen Sommer 2012 bis Sommer 2013	60
Wer ist neu am LfE?	62
Herbert Rausch wird 60 – mit „Kopf, Herz und Hand“ für unseren Lehrstuhl engagiert	65
Das Buch „ERGONOMIE - Daten zur Systemgestaltung und Begriffsbestimmungen	66
Aktionstag „Denk an mich. Dein Rücken“	66
Visiting Professor Maria Lúcia Leite Ribeiro Okimoto	67
Sommerfest 2012	67

# Ergonomie für Schulen

## Ein „Koffer der TÜV-Süd-Stiftung“ zur Verbesserung der Arbeitsplätze von Schülerinnen und Schülern

Manfred Prenzel<sup>1</sup>, Herbert Rausch<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Susanne Klatten-Stiftungslehrstuhl für Empirische Bildungsforschung - <sup>2</sup> Lehrstuhl für Ergonomie

### Hilfe zur Selbsthilfe

Die ergonomischen Bedingungen in Klassenzimmern haben sich in den letzten 50 Jahren trotz höherer Investitionskosten zum Teil verschlechtert! So waren vor 50 Jahren in den meisten Unterrichtsräumen Schulbänke unterschiedlicher Größe eingebaut, die Kleinen saßen vorne und die Großen hatten ihren Platz ganz hinten, während heute meist Einheitsmöbel verwendet werden. Auch Umweltbedingungen, wie Klima, Beleuchtung und Lärm, beeinflussen erheblich die Konzentration, die Sprachverständlichkeit und das soziale Klima in der Klasse. Die Arbeitsbedingungen in Betrieben sind selbstverständlich Gegenstand ergonomischer Betrachtungen. Die Arbeits- und Lernbedingungen an Schulen in Deutschland finden bisher kaum Beachtung.

Technisch betrachtet besteht ein erhebliches Verbesserungspotential. In vielen Fällen können mit einfachen Mitteln bereits unmittelbar ergonomische Verbesserungen erreicht werden.

Hier bietet sich eine hervorragende Gelegenheit für Schülerinnen und Schüler sich mit technischen Herangehensweisen und Problemlösungen vertraut zu machen. Gefördert von der TÜV-Süd Stiftung unterstützen der Lehrstuhl für Ergonomie und der Lehrstuhl für Empirische Bildungsforschung (Prof. Prenzel) Schülerinnen und Schüler, die ihre Lernbedingungen selbst verbessern wollen.

Folgt man der Forschung zur Kompetenz- und Interessenentwicklung, dann bieten authentische Problemsituationen, die eng mit der Erfahrungs- und Lebenswelt von Kindern und Jugendlichen verbunden sind, die besten Möglichkeiten, die Bedeutung von Technik zu erfahren und über eigenständiges Handeln als wirksam zu erleben. Wichtig ist dabei, dass die Aufgabenstellungen so zugeschnitten sind, dass die Schülerinnen und Schüler ein Gerüst für ihre Untersuchungen und Überlegungen erhalten, zugleich aber Spielräume haben, um eigene Vorstellungen zu entwickeln, das Vorgehen zu planen und systematisch zu erproben. Eine bedeutende Rolle für das selbstständige Arbeiten und Lernen spielen Tools wie zum Beispiel Messgeräte, die in Phasen der Analyse wie auch in Phasen der Erprobung und Evaluation Bezugspunkte liefern. Auf diese Weise entwickeln Kinder und Jugendliche Heuristiken und systematische Prozeduren, die in vielfältigen naturwissenschaftlichen und technischen Problemsituationen von Nutzen sind.

### Ziele des Projekts

Die Schülerinnen und Schüler sollen Technik und technologisches Problemlösen in einem Kontext erfahren, der für sie unmittelbar als relevant erscheint, nämlich der Beschaffenheit ihrer Lern- und Arbeitsumgebung in der Schule (und ggf. zu Hause). Die bewusste Wahrnehmung von ergonomischen Bedingungen ihrer Arbeitsumgebung differenziert Merkmale mit direkten Folgen für die individuelle und soziale Qualität des Befindens und Lernens. Die mit dem Messkoffer verbundenen (und abstufbaren) Untersuchungs- und Projektmöglichkeiten bieten Gelegenheit, Technik zu nutzen, vor allem aber Technik zu verstehen, gerade auch als wirksamer Ansatz zu einem gezielten und an Kriterien orientierten Gestalten von Umwelten. Unter einer ersten Zielstellung soll durch dieses Projekt die Aufgeschlossenheit für Technik und technisches Herangehen gefördert, das Image von Technik verbessert und neue Möglichkeiten, sich auf Technik konstruktiv einzulassen, erfahren werden. Neben der Unterstützung technik-affiner Einstellungen, motivationaler Orientierungen und Interessen zielt das Projekt auf die Entwicklung von Kompetenzen zum Analysieren und Gestalten von technischen Problemen. Die Komponenten des Messkoffers und die Aufgabenstellungen bieten zudem zahlreiche Bezugspunkte, um Inhalte des früheren oder späteren Mathematik- und Naturwissenschaftsunterrichts zur Anwendung zu bringen. Eine entscheidende weitere Zielsetzung richtet sich auf die Umsetzung von Vorschlägen zur kurz- und mittelfristigen Verbesserung ergonomischer Bedingungen. Diese Umsetzung mit ernstem Charakter erfordert systematische Planungen, Verhandlungen und verbindliche Absprachen im Umfeld der Schule.



Abb. 1: Die Bedingungen in einem „gewöhnlichen“ Klassenzimmer



Eine spätere Zielstellung, die weniger die Individuen als vielmehr die Schulen betrifft, gilt der Untersuchung und Verbesserung der Arbeitsumgebungen an Schulen. Während Arbeitsbedingungen in Betrieben selbstverständlich Gegenstand ergonomischer Betrachtungen sind, finden die Arbeits- und Lernbedingungen an Schulen in Deutschland bisher wenig Beachtung. Deshalb fehlen bisher auch (zuverlässige) Daten über die ergonomische Qualität der Klassenzimmer an unseren Schulen, obschon unstrittig ist, dass die Lernbedingungen entscheidend davon beeinflusst werden können. So wirken sich zum Beispiel akustische Bedingungen auf die Gestaltung von Interaktionen, die Möglichkeiten eines störungsarmen Unterrichts und das soziale Klima aus. Deshalb besteht die Absicht, den Messkoffer (mit anspruchsvolleren Messvorschriften) ebenfalls einzusetzen, um an einer repräsentativen Stichprobe von Schulen ein aussagekräftiges Bild von den Lern- und Arbeitsbedingungen an den Schulen in Deutschland zu gewinnen. Entsprechende Daten liefern für sich genommen bereits relevante deskriptive Informationen über Arbeitsbedingungen und insbesondere Unterschiede zwischen Schulen (bzw. auch Schularten, Trägerschaften und ggf. zwischen Bundesländern), die das Wissen über Schulen in Deutschland deutlich erweitern. Entsprechende Daten können aber auch als Bezugspunkt dienen, um Fortschritte in Projekten unter der ersten Fragestellung abschätzen zu können.

## **Arbeitsprogramm**

Zur Erprobung des Messkoffers und zur lernwirksamen Optimierung der Anleitung ist ein Vorgehen geplant, in dem verschiedene Varianten von Aufgabenstellungen systematisch erprobt werden. Variationen betreffen zum Beispiel den vorgesehenen Zeitumfang des Projekts, den Detaillierungsgrad der Anleitungen und das Einbeziehen von Lehrkräften. Eine Grundstruktur der Projektarbeit ergibt sich aus der Unterscheidung einer analytischen Phase (gezieltes kriteriengeleitetes Messen und Interpretieren der Messergebnisse), einer Problemlösungsphase, bei der nach Ansatzpunkten und kurz- bzw. mittelfristigen Verbesserungsmöglichkeiten (unter bestimmten Randbedingungen) gesucht wird, sowie der Phase der Umsetzung und Überprüfung der geplanten Maßnahmen.

In dieser Versuchsphase werden Messkoffer an die Schulen verteilt. Die Begleituntersuchungen zu dieser Erprobungsphase erfassen zunächst bestimmte Grundmerkmale der Schule. Eine wesentliche Datenquelle resultiert aus Beobachtungen der Nutzung (zum Beispiel über Beobachtungsaufträge der Lehramtsstudierenden, die an diesen Schulen ihr Praktikum absolvieren). Teil des Messkoffers sind selbstverständlich auch Bögen zur Dokumentation der Vorgehensweise.

Wichtige Indikatoren für formative und summative Evaluationen sind die Merkmale des Erlebens beim Arbeiten mit dem Messkoffer (z.B. motivationale Zustände, die über Fragebogen oder Kurzbefragungen mit experience sampling erhoben werden). Hinweise auf kognitive Effekte können über die Beobachtung von Fortschritten erfasst werden, dann aber auch über kleine Testaufgaben mittels lautem Denken. Entscheidend ist die Messung nachhaltiger Effekte, zum Beispiel auf die Interessentwicklung der Schüler. Die an den Schulen erfolgten Umsetzungen wiederum können mit Hilfe von Kategoriensystemen nach unterschiedlichen Dimensionen beurteilt werden. Damit lässt sich der Erfolg des Projektes hinsichtlich des geweckten Interesses an Technik, der Aufgeschlossenheit und der Entwicklung von Kompetenzen im Umgang mit Technik quantitativ abschätzen. Bewährte Erhebungsverfahren für motivationale Orientierungen und Einstellungen liegen am Lehrstuhl für Empirische Bildungsforschung vor bzw. wurden dort entwickelt.

Nach einer erfolgreichen Evaluation wird die Projektidee Koffer der TÜV-Süd-Stiftung weiter an Schulen (zunächst in Bayern) verbreitet werden. Für die Dissemination bieten sich Lehrerfortbildungen als Ausgangspunkt an. Für eine Verbreitung muss über Möglichkeiten des Verleihs von Messkoffern (z.B. über Schülerlabors, Museen) nachgedacht werden. Messkoffer, die sich praktisch hinsichtlich einer Verbesserung und eines Monitoring von ergonomischen Bedingungen an Schulen bewährt haben, könnten aber auch zur Standardausstattung von Schulen werden, die vom Schulträger finanziert wird.

Die beabsichtigte Langzeitwirkung des Projektes ist die nachweisliche Verbesserung der ergonomischen Lernbedingungen an unseren Schulen, die durch Eigeninitiativen von Schülern und Lehrkräften erreicht werden soll. Die TÜV Süd

Stiftung fördert dabei die Erstausrüstung und die Erprobungsphase, die einen kontinuierlichen und messbaren Verbesserungsprozess anstoßen soll.

## Arbeitspakete

1. In einem ersten Schritt wurden am Lehrstuhl für Ergonomie Checklisten und Messanleitungen erstellt und geeignete Messgeräte gekauft. Die Checklisten umfassen folgende Bereiche: Anthropometrisch angepasste Schulmöbel (Tische und Stühle), Umweltbedingungen (Lärm, Beleuchtung, Luftqualität, Klima) und die Arbeitsorganisation (Bewegungsmöglichkeiten, Arbeits-Pausenregime, Arbeitsformen). Parallel dazu wurden kostengünstige und robuste Messgeräte ausgewählt, die hinreichend genau messen und von den Schülern einfach zu bedienen sind.
2. Der Susanne Klatten-Stiftungslehrstuhl für Empirische Bildungsforschung führt die Erprobung an den Referenzschulen der TUM durch. Dabei werden der Zeitumfang der Projekte, der konkrete Detaillierungsgrad der Anleitungen und die Einbeziehung von Lehrkräften variiert. Die Begleituntersuchungen sollen die Motivation und die in den Projekten erreichte Leistung erfassen. Als Leistung wird die ergonomische Qualität des Klassenraumes betrachtet die vorab und nach Abschluss eines Projektes in Form eines Summenwertes ermittelt wird. Die Auswertung zeigt, inwieweit bei den einzelnen Projekten die Interessenentwicklung (Interesse an Technik, entsprechende Aufgeschlossenheit und die Entwicklung von Kompetenzen im Umgang mit Technik) gefördert werden konnte und die ergonomische Qualität der Klassenzimmer verbessert wurde. Diese Erprobung liefert auch erste Hinweise auf die Nutzung und die Eignung der eingesetzten Messgeräte und der Anleitungen in der Schulpraxis



Abb. 2: Der im Schulprojekt eingesetzte Messkoffer

Das Projekt liefert eine Beziehung zwischen Anleitungsdetaillierung und Erfolg (Nutzung, Motivation, Handlungskompetenz, Ergonomie). Als Ergebnis stehen optimierte Empfehlungen und Handreichungen für Lehrkräfte, Aufgabenstellungen und Anleitungen für Schüler. Projektbeispiele und Erfahrungsberichte zur Verfügung.

In einer geplanten Fortsetzung des Projektes mit 20 Messkoffern soll die Steigerung der Scores für die Motivation und die Leistung (= ergonomische Qualität des Klassenraumes) über zahlreiche Schülerprojekte statistisch ausgewertet werden und den alle Schülerprojekte umfassenden Erfolg der Projektes zeigen.

## Literatur

BAuA (Hg.) (2006). Klima am Arbeitsplatz. Stand arbeitswissenschaftlicher Erkenntnisse - Bedarfsanalyse für weitere Forschungen. Projekt F 1987. Unter Mitarbeit von K. Bux. Dortmund/Berlin/ Dresden.

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Hg.) (2012). Lüftungsregeln für freie Lüftung. Forschung. Projekt F 2072. Unter Mitarbeit von K. Fitzner und U. Finke. Dortmund/Berlin/Dresden.

Deutsche Bundesstiftung Umwelt - DBU (Hg.) (2009). Raumklima und Schülerleistung. Unter Mitarbeit von Klaus Sedlbauer. Fraunhofer Institut Bauphysik. Osnabrück.

Fraunhofer Institut Bauphysik (Hg.) (2008). Untersuchung zur Belüftung von Schulen. Unter Mitarbeit von S. Steiger. Deutsche Kälte-Klima-Tagung, 19. bis 21. November. Ulm.

Länderausschuss für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik (LASI) (Hg.) (2011). Kenngrößen zur Beurteilung raumklimatischer Grundparameter. Unter Mitarbeit von Jörg Tannenhauer. 1. Aufl. Online verfügbar unter <http://lasi.osha.de/docs/lv16.pdf>, zuletzt geprüft am 30.01.2013.

Luczak, H. (1993). Arbeitswissenschaft. Berlin/ Heidelberg: Springer.

Schmidtke, H. (1993). Ergonomie. 3. Aufl. München: Carl Hanser Verlag.

Weichselbaum, M., Bayer. GUVV; Ahnert, C.-D. (1999). Richtig sitzen in der Schule GUV-SI 8011. Mindestanforderungen an Tische und Stühle in allgemeinbildenden Schulen. GUV Informationen Sicherheit bei Bau und Einrichtung. Hg. v. Bundesverband der Unfallkassen.

# Pupillometrie – oder: Die Kunst Denken zu Messen

Carsten Dlugosch

„Warum darf ich beim Autofahren nicht das Handy an mein Ohr halten? Ich fahre mit einer Hand genauso gut, wie mit zweien – ich habe Automatik und muss nicht schalten! Und ob ich mit einer Freisprecheinrichtung telefoniere oder direkt ins Handy spreche ist doch egal. Ein Freund von mir diktiert beim Fahren seinem Handy sogar seine E-Mails - und das ist doch auch kein Problem, oder?“

## Sprachbedienung im Fahrzeug

Noch während der ertappte Autofahrer sich mit den Ordnungshütern auseinandergesetzt verlassen wir die Szene. Vermutlich wird es ihn trotz aller Rechtfertigungen ein Bußgeld kosten. Handy am Ohr während man ein Fahrzeug lenkt – das ist hierzulande nun mal verboten. Wirft man einen Blick auf die visuell-manuelle Ablenkung, welche das Bedienen eines Telefons mit sich bringt, ist das auch durchaus nachvollziehbar. Doch eine Bemerkung macht nachdenklich: Ist die Freisprecheinrichtung tatsächlich die Lösung? Ein Allheilmittel, mit dem sich alles Mögliche im Auto problemlos auf ein Wort hin bedienen lässt? Wie es in der Werbung der Mobilfunkanbieter so schön heißt: Wir chatten, wir mailen, wir liken - immer und überall – Smartphone sei Dank auch im geliebten Automobil.

Doch sollte man alles was technisch möglich und nicht ausdrücklich gesetzlich verboten ist auch machen? Kann man sich beim Fahren problemlos auf ein Gespräch konzentrieren? Radio hören? Den Anweisungen des Navis folgen? Dem Navi Anweisungen erteilen? E-Mails vorlesen lassen? E-Mails Verfassen? Hörbücher hören? Twittern? Als Telefonjoker Quizfragen beantworten? Vieles liegt hier schlichtweg in einer Grauzone und obliegt der Verantwortung des Fahrers oder der Begutachtung durch die Haftpflichtversicherung.

## Visuell-manuelle vs. kognitive Beanspruchung

Genügend offene Fragen, um die Thematik wissenschaftlich zu untersuchen. Im Sinne der Verkehrssicherheit ist die Kernfrage fast immer: Welche Nebentätigkeiten lenken den Fahrer zu stark ab? Doch bevor man diese Frage beantworten kann, müssen einige daraus abgeleitete Fragen geklärt werden, z. B. Wie wird die Ablenkung gemessen? Welche Arten der Ablenkung gibt es? Wie viel Ablenkung ist zu viel? ...

Ganz neu ist die Problematik natürlich nicht. Ganze Forschungsfelder befassen sich damit und renommierte Autohersteller beschäftigen ganze Abteilungen, die Untersuchungen zu diesen Themen durchführen. Wir beleuchten hier die Frage, wie insbesondere mentale Ablenkung im Fahrzeug gemessen werden kann.

Die Beurteilung der Ablenkung des Fahrers gestaltet sich recht anschaulich, wenn man sogenannte visuell-manuelle Tätigkeiten untersucht, also alles wo der Fahrer greifen, berühren und vor allem hinsehen muss. Es scheint offensichtlich, dass der Fahrer abgelenkt ist, wenn er nicht „auf die Straße“ blickt und daher ist man bemüht diese Verkehrsblindzeit so kurz wie möglich zu halten. Dazu trägt beispielsweise der Verzicht auf aufwendige Animationen im Fahrzeug bei, da diese ganz unwillkürlich den Blick auf sich ziehen selbst wenn sie keine wichtigen Informationen vermitteln. Außerdem werden Anzeigen, Menüs und Bedienelemente so gestaltet, dass ihre Benutzung jederzeit unterbrochen werden kann, um nur minimale Ablenkungszeiten zu generieren. So blickt der Fahrer häufiger beispielsweise auf ein Display, dafür aber jeweils nur für einen kurzen Moment. Optimal ist hier ein Bedienkonzept, dass eine „blinde“ Verwendung ermöglicht. Die Untersuchung des Blickverhaltens kann mit objektiven Messwerten erfolgen. Als anschauliches Beispiel sei hier das Eye-Tacking genannt, bei dem in Probandenversuchen das Blickverhalten der Fahrer aufgezeichnet und analysiert werden kann und Anzahl, Häufigkeit und Dauer der Blicke bewertet werden können (ISO 15007, 2012).

## Messmethoden

Ganz anders stellt sich die Situation dar, wenn Nebenaufgaben untersucht werden sollen, die nicht zu einer Blickabwendung des Fahrers von der Straße führen, wie z. B. Telefonate, Gespräche oder Sprachbedienung. Kommt es hier dennoch zu einer Ablenkung? Unbestritten: Ja! Die Begriffe dafür reichen von kognitiver Beanspruchung bis zu mentaler Ablenkung. Die Wirkung hat vermutlich jeder schon mal erlebt, sei es beim Autofahren oder in anderen Situationen: Obwohl man etwas gesehen und wahrgenommen hat, hat man dennoch nicht richtig reagiert. Die Ampel betrachtet, das Rotlicht fixiert – und trotzdem über die Kreuzung gefahren, weil man gerade in Gedanken war.

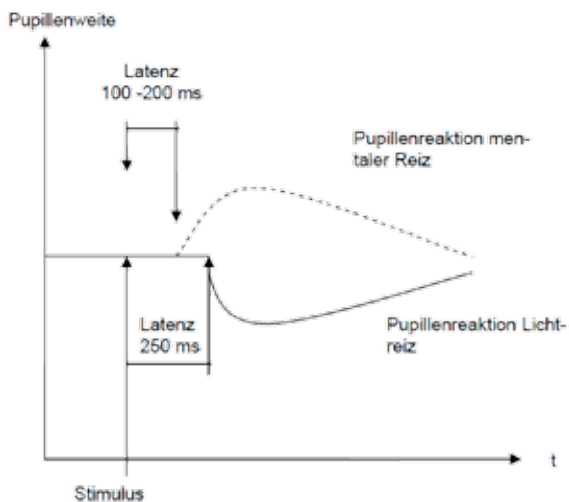


Abb. 1: Die Grafik zeigt den prinzipiellen zeitlichen Verlauf der Pupillengröße als Reaktion auf einen Lichtreiz (durchgezogene Linie) bzw. einen mentalen Reiz (gestrichelte Linie).

Hier gestaltet sich die Messung und Bewertung der Fahrerablenkung schon schwieriger. Die einfachste Methode, um herauszufinden wie sehr ein Fahrer von einer Situation gefordert war, ist ihn zu fragen (z.B. Hart et al. 1988). Leider sind diese subjektiven Daten nicht so aussagekräftig wie sogenannte objektive Messwerte. Diese kann man für mentale Beanspruchung im Wesentlichen auf zwei Arten erhalten: Entweder man misst Performance-Werte oder man erhebt physiologische Daten.

Performance-Werte beziehen sich auf die Güte bzw. Geschwindigkeit mit der eine Aufgabe ausgeführt wird. Dabei kann sowohl die ablenkende Nebenaufgabe (z. B. Eingabe des Navigationsziels) als auch die eigentlich Fahraufgabe bewertet werden. Eine Vielzahl von möglichen Messwerten ist denkbar: Von Gaspedalstellung und Lenkradwinkel angefangen bis hin zur durchschnittlichen Abweichung von der Idealspur oder dem Minimalabstand zum Vorderfahrzeug (ISO 26022, 2010). Die Wahl hängt nicht zu Letzt von der technischen Ausstattung und dem Messequipment ab. Eine weitere Variante ist die Messung einer zusätzlich eingebrachten Aufgabe, z. B. ein regelmäßig wiederholter Reaktionstest (siehe Detection Response Task (Conti, 2012)), bei dem die Reaktionszeiten einen Rückschluss auf die freien mentalen Kapazitäten zulassen.

## Pupillometrie

Physiologische Daten erhält man durch die Messung von Körperfunktionen. Das Eye-Tracking ist ein Beispiel dafür. Für mentale Beanspruchung können hier mit einigem Aufwand komplexe Methoden wie EEG oder bildgebende Verfahren verwendet werden aber auch deutlich einfacher messbare Kenngrößen wie Herzfrequenz, Hautleitwert oder Pupillengröße herangezogen werden. Die meisten Funktionen des Körpers ändern

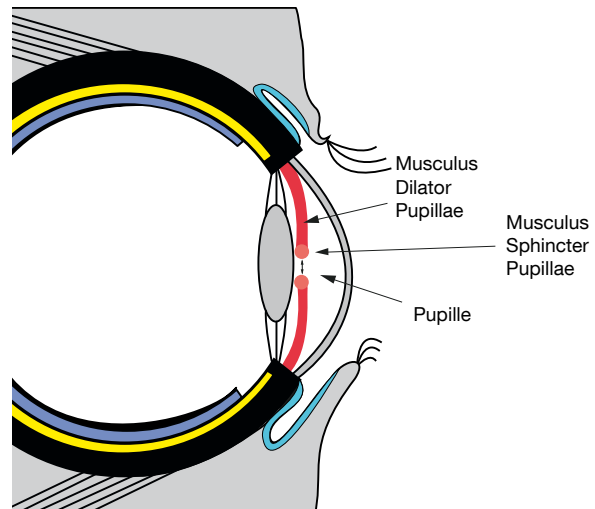


Abb. 2: Die Pupille reagiert auf mentale Einflüsse, da ihre die Größe durch zweier Muskeln (Dilator und Sphincter) bestimmt wird, welche über das Wechselspiel zwischen sympathischen und parasympathischen Nervensystem kontrolliert werden.

sich relativ träge und sind daher für die Bewertung kurzfristiger Belastungen nur bedingt geeignet. Anders verhält es sich bei der Pupillengröße, die je nach Art der Beanspruchung sehr rasch messbare Änderungen zeigt. Das macht man sich bei der Messung der Pupillengröße, der Pupillometrie zu nutze.

Woher kommt die Änderung der Pupillengröße? Zum einen natürlich durch den bekannten Pupillenreflex, der das Auge an unterschiedliche Lichtverhältnisse anpasst. Bei großer Helligkeit schützt die verengte Pupille die Netzhaut vor übermäßigem Lichteinfall. Doch auch Müdigkeit, starke Emotionen und mentale Beanspruchung haben einen Einfluss auf die Pupillengröße. So weiten sich Pupillen beispielsweise bei erhöhter geistiger Aktivität. Natürlich ist es ungünstig, wenn ein Messwert von mehreren Faktoren beeinflusst wird. Bei der Pupillengröße überlagern sich insbesondere die gesuchte mentale Beanspruchung und der Pupillenlichtreflex. Letzterer ist so sensibel, dass beispielsweise die Farbe des Vorderfahrzeugs beim Autofahren einen ebenso großen Einfluss haben kann, wie die geistige Aktivität. An dieser Stelle kann man sich die unterschiedliche Charakteristik der Größenänderung zu Nutze machen. Während der Pupillenlichtreflex eine relativ gleichmäßige Änderung der Pupillengröße bewirkt, führt mentale Beanspruchung zusätzlich zu kurzfristigen, hochfrequenten Pupillenweitungen. Durch die Kombination einer geeigneten Messvorrichtung und einem mathematischen Filterverfahren, kann die mentale Komponente isoliert werden. Dieses Verfahren wurde von S. Marshall umgesetzt und bildet den isoliert aus den Pupillendaten einen Index of Cognitive Activity (ICA) (Marshall, 2002).

Im Idealfall kann mit einem solchen Pupillometrie-Verfahren die mentale Beanspruchung gemessen





Abb. 3: Das Tragegestell des Eye-Trackers EyeLink II (links) wurde konstruktiv verbessert um den Tragekomfort zu erhöhen (Ulherr, 2012)

werden. Im wirklichen Leben gibt es natürlich einige Einschränkungen. Zum einen ist die Messung der Pupillengröße über Kameras und Bildverarbeitungsverfahren fehleranfällig, beispielsweise können schnelle Helligkeitswechsel, Frequenzüberlagerungen zwischen Kamera und einer Lichtquelle oder ungünstige Reflexionen bei Brillenträgern zur fehlerhaften Berechnung der Pupillengröße führen. Zum anderen ist mentale Beanspruchung wie bereits erwähnt nicht der einzige Einflussfaktor für die psychophysiologische Komponente der Pupillengröße, weshalb Wechselwirkungen möglich sind.

Auf der anderen Seite liegen die Vorteile der Pupillometrie klar auf der Hand. Das Verfahren hat eine sehr hohe zeitliche Auflösung, buchstäblich sekundengenau kann der ICA erfasst werden. Die Messung ist außerdem objektiv, in dem Sinn, dass sie ohne Interaktion mit der Versuchsperson auskommt. Sie ist damit unabhängig von der subjektiv empfundenen Beanspruchung der Versuchsperson und unterliegt - anders als beispielsweise performanceorientierte Messungen - keinen Strategieeffekten. Außerdem kommt sie mit überschaubarem technischem Aufwand aus und das Einrichten und Kalibrieren des Systems benötigt im Labor nur wenige Minuten.

## Zusammenfassung

Die Anzahl der Nebenaufgaben im Fahrzeug, die nicht mehr mit klassischen Messmethoden der visuell-manuellen Ablenkung erfasst werden können, nimmt zu. Für die Beurteilung der kognitiven Beanspruchung gibt es drei Ansätze: Subjektive Befragung der Probanden, Messung der Bedienleistung der Fahraufgabe oder der Nebenaufgabe(n) und physiologische Messungen. Als physiologische Messmethode zeichnet die Pupillometrie die Pupillengröße der Probanden auf. Wie jede physiologische Methode wird die Messgröße zwar durch unterschiedliche Faktoren beeinflusst, was die Interpretation der Ergebnisse erschweren kann, liefert unter kontrollierten Bedingungen jedoch zeitlich hochaufgelöste, objektive Messwerte.



Abb. 4: Die Pupillometrie im Laborversuch: Schon während des Versuchs kann der aktuelle Wert (links) und der Verlauf (rechts) der kognitiven Beanspruchung des Probanden abgelesen werden.

## Literatur

- Conti, A. (2012). Cognitive Workload at the LfE, Ergonomie Aktuell Ausgabe 13, Technische Universität München, Lehrstuhl für Ergonomie.
- Hart, S. G. & Staveland, L. E. (1988). Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research. In P. A. Hancock and N. Meshkati (Eds.) Human Mental Workload. Amsterdam: North Holland Press.
- Marshall, S. (2002). The Index of Cognitive Activity: measuring cognitive workload. In: Proceedings of the 2002 IEEE 7th Conference on Human Factors and Power Plants.
- Ulherr, A. (2012). Verbesserung des Tragekomforts eines Eye Tracking Systems, Semesterarbeit, Technische Universität München, Lehrstuhl für Ergonomie.
- ISO 15007, (2012). Road vehicles - Measurement of driver visual behaviour with respect to transport information and control systems.
- ISO 26022, (2010) Road vehicles. Ergonomic aspects of transport information and control systems. Simulated lane change test to assess in-vehicle secondary task demand.

# TUM CREATE: Electric Vehicle Asia (EVA), ein e-Taxi für Singapur

Paul Stuke



Abb. 1: TUM CREATE Singapore, Office Tower @ U-Town

## Das Forschungsinstitut TUM CREATE

TUM CREATE ([www.tum-create.edu.sg](http://www.tum-create.edu.sg)) forscht an innovativen Technologien und zukünftigen Verkehrskonzepten für tropische Megacities. Der Schwerpunkt liegt auf der Entwicklung von elektrischen und elektrifizierten Transportlösungen, welche für Singapur und Städte weltweit geeignet sind. TUM CREATE ist ein gemeinsames Forschungsinstitut zwischen der Technischen Universität München (TUM) in Deutschland und der Nanyang Technological University (NTU) in Singapur mit Finanzierung durch die National Research Foundation of Singapore (NRF). Über 90 Wissenschaftler und Ingenieure sind an diesem 5-jährigen Projekt beteiligt.

Die Forschungsprojekte unter TUM CREATE umfassen alle Aspekte der Elektromobilität - von grundlegenden sub-molekularen Komponenten von Batterien, der Taxi-Entwicklung selbst, bis hin zu stadtweiten Infrastruktur-Systemen. Wissenschaftler und Ingenieure forschen und arbeiten an innovativen Konzepten einschließlich neuen Zellchemien, Hochgeschwindigkeits-Batterieladung, drahtlosem Aufladen, Solar-Parkplätzen und anderen innovativen und radikalen Technologien.

Das Programm bietet ein erhebliches Potenzial für Start-ups und Spin-offs, die Schaffung von Arbeitsplätzen und weiteren Wissens-know-how. Ähnliche Ergebnisse wurden am Campus der TUM in Deutschland erreicht, wo die enge Zusammenarbeit zwischen TUM und ihren Partnern aus der Industrie die Schaffung von neuen kleinen High-Tech-Unternehmen fördert. TUM CREATE hat bereits das Interesse von mehreren Unternehmen weltweit angezogen. Zu den Partnern aus der Industrie die bereits mit TUM CREATE zusammenarbeiten gehören IBM, Bosch, Infineon, Siemens und Singapore Technologies.

## Das Fahrzeugprojekt EVA

Eine der aktuellen Bemühungen von TUM CREATE ist es, das weltweit erste speziell gebaute

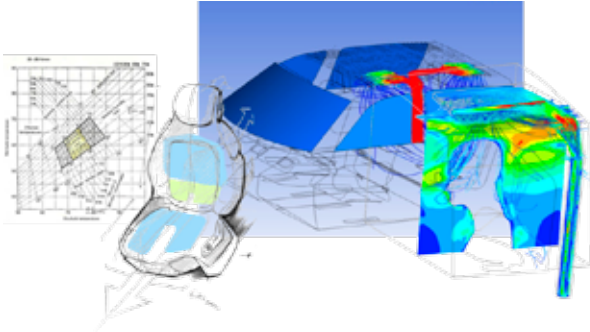
Elektro-Taxi zu konstruieren. Als das Team die Zusammenarbeit im Frühjahr 2011 begann, wurden es vor die Herausforderung gestellt, ein hochmodernes Elektrofahrzeug für Singapur zu entwerfen und zu bauen. Das Team beschloss sich auf die Entwicklung eines Taxis aus mehreren wichtigen Gründen zu konzentrieren. Zunächst stellen die einzigartigen Anforderungen an Taxis eine reizvolle Herausforderung dar: Die meisten PKW laufen nur für ein paar Stunden pro Tag, während Singapur Taxis von zwei oder drei Fahrer gemeinsam genutzt werden und damit volle 24 Stunden am Tag, 7 Tage die Woche in Betrieb sind. Ein Batterie-System zu entwickeln, das kein häufiges oder „über Nacht“ Aufladen braucht ist eine der größten Herausforderungen für die Elektro-Auto-Industrie und der TUM CREATE-Wissenschaftler. Zweitens sind die Auswirkungen von Taxis auf den Verkehr enorm. Taxis stellen nur 3% aller Fahrzeuge in Singapur, aber sie verbrauchen rund 14% des gesamten Kraftstoffes. Schließlich ist der erste Eindruck den ein gerade in der Stadt ankommender Besucher erhält meist das Innere eines Taxis. Singapur und andere tropische Megastädte stellen eine besondere Herausforderung - die Suche nach einer innovativen Lösung zur kontinuierlichen Klimatisierung, eine weitere Anforderung an die ergonomische Auslegung und die technischen Komponenten.



Abb. 2: Konzepte für Elektromobilität, Vorzeigeprojekt: EVA

Derzeit arbeitet ein etwa zwanzig-köpfiges Kernteam von jungen internationalen Wissenschaftlern und Technikern unter der Leitung von Dr. Daniel Gleyzes an der Realisierung dieses Projektes. Mehrere Professoren der TUM betreuen und unterstützen dabei die Doktoranden; darunter Prof. Lienkamp (FTM), Prof. Bengler (LfE), Prof. Frenkler (ID), Prof. Jossen (EES). Die Schnittstelle zum Lehrstuhl für Ergonomie besteht derzeit vor allem im Bereich der Klimatisierung und des Klimakomforts. Bei der anthropometrischen Auslegung des Fahrzeuginnenraums, sowie zusätzlichen Untersuchungen wie z.B. zu Ein- und Ausstiegsvorgängen und verschiedenen Türkonzepten standen

einige Lehrstuhlmitarbeiter beratend und unterstützend zur Seite.



Fahrzeug Heizung, Lüftung und Klima Systeme (HLK) sind ein sehr wichtiger Bestandteil moderner PKW und beeinflussen in großem Maße das Thermomanagement des Fahrzeugs. Im Rahmen des EVA Projekts von TUM CREATE in Singapur werden neue Konzepte zum Thermomanagement unter verstärkter Berücksichtigung des Klimakomforts untersucht.

## Hintergrund

Neben dem offensichtlichen Grund der Bereitstellung von Komfort für Fahrer und Passagiere, verlangen vor allem Sicherheitsaspekte nach optimaler Klimatisierung. Um Müdigkeit zu vermeiden und die Aufmerksamkeit des Fahrers nicht vom Verkehr abzulenken, ist es die Hauptaufgabe des HLK-Systems, die optimale thermische Behaglichkeit zu bieten. Auch die Einstellung des HLK-Systems darf demnach zu keiner großen Ablenkung führen. Nach Angaben der American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE), wird thermische Behaglichkeit als jenem „Zustand des Geistes, welcher Zufriedenheit mit der thermischen Umgebung ausdrückt“ definiert. Die Auswertung der thermischen Behaglichkeit wird üblicherweise stark mit der thermischen Empfindung korreliert (ASHRAE, 1992; Fanger, 1973; de Dear and Schiller, 2001).

Neben der Bewertung eines HLK-Systems nach ergonomischen Kriterien stellt die Verbrauchsanalyse einen zweiten Pfeiler der Untersuchungen dar. Gerade in warmen und feuchten Klimazonen ist eine komfortable Kühlung der Passagiere eine große Herausforderung. Energieeffiziente Kühlung in Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren war und ist immer noch wichtig aufgrund des erhöhten Kraftstoffverbrauchs. Mit dem steigenden Aufkommen der E-Mobilität wird die Energieeffizienz von HLK-Systemen wichtiger denn je, da sich die maximale Reichweite des elektrischen

Autos durch den Stromverbrauch jedes einzelnen Zusatzverbrauchers deutlich verringert.

## Zielsetzung

Herkömmliche Fahrzeugklimaanlagen beruhen auf einer Anströmung der Passagiere aus dem Armaturenbrett und damit der konvektiven Wärmeübertragung. Gezieltes, lokales Heizen oder Kühlen sowohl durch Konvektion als auch durch Wärmestrahlung und Wärmeleitung birgt Potentiale für neue Klimatisierungskonzepte. Auf der Grundlage erster Simulationen werden neue Technologien entwickelt, mit bestehen Konzepten kombiniert und in der Klimakammer untersucht. Die Ergebnisse werden in bestehende Komfortmodelle integriert.

Die Entwicklung einer intelligenten Klimalogik ist ein zweiter Baustein. Dafür wird das HLK-System und die Fahrgastzelle in vereinfachter Weise im Modell dargestellt und durch ein an Fahrzeugapplikationen angepasstes Komfortmodell erweitert. Mit den Ergebnissen der Klimakammerversuche können neue Klimatisierungskonfigurationen durchgespielt und deren Auswirkungen auf Komfort und Verbrauch ermittelt werden.

## Literatur

ANSI/ASHRAE 55-1992. Thermal Environmental Conditions for Human Occupants. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., 1791 Tullie Circle, NE Atlanta, GA 30329, 1992.

de Dear R. and Schiller Brager G. (2001). The adaptive model of thermal comfort and energy conservation in the built environment. International Journal of Biometeorology.

Fanger, P.O. (1973). Thermal Comfort - Analysis and Applications in Environmental Engineering. McGraw-Hill, New York - London - Sidney - Toronto.

Fiala, D. (1998). Dynamic Simulation of Human Heat Transfer and Thermal Comfort, De Montfort University Leicester and FH Stuttgart, PhD Thesis

Lustbader, J. A. (2005). Evaluation of advanced automotive seats to improve thermal comfort and fuel economy. Vehicle Thermal Management Systems Conference and Exhibition.

Zhang, H. (2003). Human Thermal Sensation and Comfort in Transient Non-Uniform Thermal Environment, University of California, Berkeley, PhD Thesis.



# Flottenversuch mit Elektrofahrzeugen zur Identifikation von effizienten Fahrstrategien (eMUC)

Magnus Helmbrecht

## 1. Einleitung

Elektrofahrzeuge bieten einen grundlegenden Ansatz um den Anforderungen künftiger Mobilität gerecht zu werden. Wird der für ihre Herstellung und ihren Betrieb benötigte Strom aus erneuerbaren Energien gewonnen, ermöglichen Elektrofahrzeuge eine Fortbewegung ohne den Einsatz fossiler Brennstoffe und die Erzeugung schädlicher Emissionen. Doch neben diesen gesellschaftlich bedeutenden Vorteilen ergeben sich gegenwärtig für die Nutzer solcher Fahrzeuge noch merkliche Einschränkungen im Vergleich zu konventionellen Verbrennerfahrzeugen. Nicht nur die begrenzte Reichweite (100 – 300km) und die lange Ladezeit (4 - 10 h) zählen zu den großen Barrieren der Elektromobilität. Auch die eingeschränkte Verfügbarkeit von Nachlademöglichkeiten (2.000 „Strom-tankstellen“ in Deutschland (LEMnet Europe e.V. 2012)) schreckt Interessenten häufig ab.

## 2. Motivation

Zwar haben zahlreiche Studien zur Nutzbarkeit von Elektrofahrzeugen gezeigt, dass diese zumindest für den Gebrauch in urbaner Umgebung alle wesentlichen Ansprüche an die alltägliche Nutzung erfüllen (Neumann et al. 2010). Doch scheint dieser erfolgreiche Umgang mit den Besonderheiten der Elektromobilität das Ergebnis entsprechender Anpassungs- und Lernvorgänge des Nutzers zu sein (Vilimek et al. 2012). In den bisher durchgeführten Feldstudien mit MINI E Elektrofahrzeugen zeigte sich stets das gleiche Bild. Waren die Probanden zu Beginn der Nutzungsdauer noch kritisch gegenüber der Alltagstauglichkeit ihres elektrisch angetriebenen Versuchsfahrzeuges eingestellt, so relativierte sich dieser erste Eindruck mit zunehmender Fahrerfahrung im Elektrofahrzeug. Auch zunehmend seltener werdende Ladevorgänge spiegeln diese ansteigende Sicherheit im Umgang mit Elektrofahrzeugen wieder. Inwieweit diese Entwicklung dabei mit einer speziell an das Elektrofahrzeug angepassten Fahrweise einhergeht, wurde in den bisherigen Studien allerdings noch nicht geklärt. Es besteht aber die Vermutung, dass die Nutzer elektrisch angetriebener Fahrzeuge ihre Fahrweise dahingehend ändern, dass die Nachteile dieser Fahrzeuge von ihnen kompensiert werden. Das bedeutet, dass durch die längerfristige Beobachtung des Fahrverhaltens von Neunutzern elektrischer Fahrzeuge Strategien für effizientes Fahren identifiziert werden können. Die Kenntnis solcher Fahrstrategien vor

dem Hintergrund des Fahrverhaltens mit einem E-Fahrzeug bietet eine wesentliche Grundlage für die Konzeption zukünftiger Elektrofahrzeuge und entsprechender Assistenzsysteme, die gegebenenfalls auch für den Einsatz in konventionellen Fahrzeugen geeignet sind.

Aus diesem Anlass startete BMW in Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für Ergonomie (LfE) im August 2012 einen großangelegten Feldversuch mit 25 MINI E Elektrofahrzeugen (Abbildung 1) im Raum München. Als Forschungsprojekt im Schaufenster Elektromobilität wird diese Feldstudie vom bayrischen Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie gefördert.



Abb. 1: MINI E in der Versuchshalle des LfE

## 3. Forschungsfragen

Ziel dieses Münchner Feldversuches (eMUC) ist die Erfassung objektiv messbarer Fahrverhaltensdaten um Anpassungsvorgänge bei der Nutzung elektrisch angetriebener Fahrzeuge anhand fahrdynamischer Parameter beschreiben zu können.



Die zentralen Forschungsfragen sind dabei die Folgenden:

1. Ändert sich das Fahrverhalten (Beschleunigung/Verzögerung) mit zunehmender Nutzungsdauer des E-Fahrzeugs?
2. Führt ein angepasstes Fahrverhalten zu einer erhöhten Reichweite?
3. Inwiefern beeinträchtigt die intermittierende Nutzung von Verbrennungsfahrzeugen diesen Lernprozess?
4. Übertragen sich mit Elektrofahrzeugen erlernte Fahrstrategien nachhaltig auf die Fahrweise mit Verbrennerfahrzeugen?

#### 4. Methoden

Um Veränderungen des Fahrverhaltens mit objektiven Bestimmungsgrößen parametrieren zu können ist die Erfassung entsprechender fahrdynamischer Kennwerte wie Geschwindigkeit und Längsbeschleunigungen in den Elektrofahrzeugen erforderlich. Da zudem die Übertragbarkeit von Fahrstrategien auf Verbrennerfahrzeuge ermittelt werden soll, muss die eingesetzte Messplattform universell einsetzbar sein und hoch flexibel an unterschiedliche Fahrzeugtypen angepasst werden können. Für solche Anforderungen eignet sich die Verwendung von Smartphones mit einer Applikation (App) zur Datenerfassung. Für eMUC wurde gemeinsam mit dem Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik der TUM (FTM) eine entsprechende App entwickelt, die die Beschleunigungen in alle drei Raumrichtungen, die Geschwindigkeit und die GPS-Position erfasst, aufzeichnet und die Datenpakete an einen zentralen Webserver verschickt. Somit kann bereits parallel zum laufenden Versuch mit der Auswertung der Daten begonnen werden, was im Vergleich zu konventionellen Datenloggern einen erheblichen Zeitvorteil bietet.

Neben der Erfassung von Fahrverhaltensdaten kommen in diesem Feldversuch Methoden zur Erhebung subjektiver Daten zum Einsatz. Fragebögen und Face-to-Face-Interviews ermöglichen dabei den Abgleich der Selbsteinschätzung der Probanden bezüglich ihres Nutzungs- und Fahrverhaltens mit den gemessenen fahrdynamischen Größen.

Für eMUC musste neben einer geeigneten Methodik zur Datenerfassung auch ein Versuchsdesign entwickelt werden, das die Veränderungen in

der Fahrweise ebenso erfassbar macht wie deren Einfluss auf die Effizienz der Fortbewegung und dabei einen unterschiedlich starken Grad an intermittierender Nutzung von Verbrennungsfahrzeugen berücksichtigt. Um dies zu realisieren wurde ein Probandenkollektiv gewählt, dass sich aus zwei unterschiedlichen Gruppen zusammensetzt. Dies sind zum Einen Privatanutzer, die jeweils einen MINI E erhalten, den sie für tägliche Fahrten benutzen. Zum Anderen nehmen an eMUC Flottenutzer teil, für die der MINI E lediglich ein zusätzliches Fahrzeug im betrieblichen Fuhrpark darstellt, das sie nur zu dienstlichen Zwecken verwenden können. Somit ist gewährleistet, dass die Probanden der Gruppe der Flottenutzer nahezu täglich von ihrem dienstlichen Elektrofahrzeug auf das private Verbrennerfahrzeug umsteigen, während die Probanden der Gruppe der Privatanutzer hauptsächlich MINI E fahren.

Die Flottenutzer in eMUC sind Mitarbeiter der Stadtwerke München (SWM) und des Flughafens München (FMG). Sie nutzen den MINI E als Dienstfahrzeug für die unterschiedlichsten Fahrtzwecke. Diese reichen von Kontrollfahrten auf dem Rollfeld (FMG), über Einsatzfahrten im öffentlichen Nahverkehr (SWM) bis hin zu Dienststreifen.

Um die Ergebnisse von eMUC mit denen vorangehender Studien möglichst gut vergleichen zu können, wurde der Ablauf des Feldversuches an das übliche Vorgehen bisheriger MINI E Versuche (Krems et al. 2010), angepasst. Dabei beträgt die Nutzungsdauer des MINI E für 15 Privatanutzer und 15 Flottenutzer jeweils fünf Monate. Um die Stichprobe zu vergrößern, werden zwei solcher Kohorten nacheinander mit MINI E Fahrzeugen ausgestattet.

Zur Untersuchung von Vorher-Nachher-Effekten insbesondere unter dem Gesichtspunkt der Übertragbarkeit von Fahrstrategien auf das Fahren mit nicht-elektrischen PKW werden jeweils drei Wochen vor und nach der fünfmonatigen Nutzung des Elektrofahrzeuges auch in den privaten Verbrennerfahrzeugen der teilnehmenden Privatanutzer bzw. in den konventionellen Dienstfahrzeugen der Flottenutzer standardisiert Fahrverhaltensdaten erhoben.

Ergänzt werden die Langzeitversuche durch etwa zweistündige Vergleichsfahrten, die jeweils nach zweieinhalb Monate auf einer festgelegten Referenzstrecke im Norden Münchens stattfinden. Dabei durchfahren die Probanden mit einem Ver-

suchsleiter diese Strecke einmal mit ihrem Verbrennerfahrzeug und ein weiteres Mal mit einem MINI E (Abbildung 2 zeigt die technische Vorbereitung dieser Versuchsfahrten). Die Referenzstrecke ist so gewählt, dass eine Vielzahl unterschiedlicher Verkehrssituationen nach Fastenmeier (1995) abgedeckt wird. Somit lassen sich nicht nur längerfristige Veränderungen im Fahrverhalten ermitteln sondern auch deren situationsspezifisches Einsparpotential bestimmen. Durch die Fahrten auf der Referenzstrecke wird beispielsweise sichtbar, auf welchen Streckentypen (Autobahn, Landstraße, Stadt) das größte Energiesparpotential bei der Nutzung von Elektrofahrzeugen vorhanden ist und wie dieses von den Probanden ausgeschöpft wird.



Abb. 2: MINI E beim Laden am LfE

## 5. Erste Ergebnisse

Eine Vorabanalyse der objektiven Daten hinsichtlich der generellen Änderung der Fahrverhaltensparameter hat gezeigt, dass stattfindende Veränderungen individuell betrachtet werden müssen, da die Veränderungen des Fahrverhaltens sehr vom Fahrertyp abhängig. Während ein Teil der Probanden mit zunehmender Gewöhnung an das elektrische Fahren immer sportlicher fährt, das Leistungspotential des Elektrofahrzeuges also vermehrt ausschöpft als zu Beginn der Studie, zeigt sich bei anderen Nutzern ein entgegengesetzter Trend hin zu einer bedachteren Fahrweise. Für weitergehende Untersuchungen müssen die Ergebnisse also vor dem Hintergrund unterschiedlicher Fahrertypen analysiert werden, wobei auch die Motivation der Nutzer der verschiedenen Probandengruppen (Flottenutzer vs. Privatnutzer) mitberücksichtigt werden muss. Eine vollständige Auswertung aller Fahrdaten unter Einbeziehung der Befragungen ist nach Abschluss des Feldversuches im Herbst 2013 avisiert.

## 6. Literatur

Fastenmeier, W. (1995). Autofahrer und Verkehrssituationen – Neue Wege zur Bewertung von Sicherheit und Zuverlässigkeit moderner Straßenverkehrssysteme. Evtag TÜV Rheinland, Köln.

Krems, J.F., Franke, T., Neumann, I., Cocron, P. (2010). Research methods to assess the acceptance of EVs – experiences from EV user study. In: Smart Systems Integration, ed. T. Gessner. Proceedings of the 4th European Conference & Exhibition on Integration Issues of Miniaturized Systems. Como Italy. VDE Verlag.

LEMNet Europe e.V. (2012). „Medienmitteilung vom 27.März 2012“; [http://www.lemnet.org/images/LEMnet\\_Europe\\_Medienmitteilung\\_20120327.pdf](http://www.lemnet.org/images/LEMnet_Europe_Medienmitteilung_20120327.pdf).

Neumann, I., Cocron, P., Franke, T., Krems, J.F. (2010). Electric vehicles as a solution for green driving in the future? Afield study examining the user acceptance of electric vehicles. In: Proceedings of the European Conference on Human Interface Design for ITS, eds. J. F. Krems, T. Petzold, and M. Henning. Berlin.

Vilimek, R., Keinath, A., Schwalm, M. (2012). The MINI E Field Study - Similarities and Differences in International Everyday EV Driving. In: Stanton, N.A. (ed.) Advances in Human Aspects of Road and Rail Transport, pp. 363-372. CRC Press, Boca Raton, FL.

# Das subjektive Erleben von elektrischen Fahrzeugantrieben – Auswahl interessanter Ergebnisse aus verschiedenen Studien

Hermann Hajek, Annegret Franzl, Kristian Hristov, Claire Rolshoven

## Einleitung

Immer mehr moderne Produkte erheben den Anspruch, neben einer guten Gebrauchstauglichkeit dem Nutzer auch ein positives emotionales Erleben der Interaktion zu ermöglichen. Dieser noch recht junge Forschungszweig wird als Experience Design bezeichnet (Hassenzahl, 2010). Im Bereich des Experience Designs wurden zunächst schwerpunktmäßig Websites erlebnisorientiert gestaltet. Doch schon bald sprang der Funke auch auf alltägliche Produkte über, wie beispielsweise Don Norman in seiner Publikation „Emotional Design: Why we love (or hate) everyday things“ (Norman, 2004) beschreibt.

Eine reizvolle Herausforderung besteht darin, den Experience Design Prozess auf elektrifizierte Antriebe zu übertragen, um das Fahren von Elektrofahrzeugen (E-Fahrzeuge) erlebnisorientiert zu gestalten. Da das Experience Design den Fokus auf das positive und bedeutsame Erleben eines Produktes legt, wurde folgendes Vorgehen gewählt:

1. Holistische Untersuchung zu Erlebnissen in verschiedenen Kontexten im Vergleich zu Fahrzeugerlebnissen mit dem Ziel einen breit gefächerten Erlebnisraum aufzuspannen.
2. Bestandsaufnahme von Erlebnissen, die durch Fahrzeugantriebe ausgelöst werden und Vergleich mit den bedeutsamen Erlebnissen aus Punkt (1). Durchführung der Bestandsaufnahme in Realfahrzeugen.
3. Identifikation von maßgeblichen physikalischen Einflussgrößen aus Punkt (2) und Untersuchung dieser in weiteren Studien mit Realfahrzeugen.

Dieser Artikel bietet einen Überblick über subjektive Ergebnisse aus drei verschiedenen Studien aus den drei oben beschriebenen Vorgehenspunkten. Die erste der drei einfließenden Studien tritt eher holistisch an das Phänomen Erlebnisse heran und vergleicht Freizeit- mit Fahrerlebnissen, siehe Punkt (1). Die zweite Studie erfasst das Erleben und Erlebnisse, die sportliche Fahrzeuge auslösen, siehe Punkt (2). Die dritte Studie widmet sich sehr konkret dem Zusammenspiel von Sound und Längsbeschleunigung, da dies in der zweiten Studie als eine bedeutsame Erlebnisstellgröße identifiziert wurde. Die dritte Studie entspricht hierbei dem dritten oberen Punkt.

Zunächst werden die Begriffe „Erleben“ und „Erlebnis“ voneinander abgegrenzt und dann die einfließenden Studien und deren Ergebnisse vorgestellt und kurz diskutiert.

## Vom Erleben zum Erlebnis

In der Psychologie wird das Erleben meist als die Wahrnehmung von Objekten beschrieben (vgl. Singer, 2002). So beschreibt es Dorsch (1987) als „jegliches Innewerden von etwas, jedes Haben mehr oder weniger bewusster subjektiver, seelischer Inhalte, jeder Vorgang im Bewusstsein“ (zitiert nach Schenz, 2006). Das Erleben an sich beinhaltet somit keinen ausgeprägt emotionalen Zustand des Erlebenden und kann daher auch als fortlaufender Bewusstseinsstrom beschrieben werden. Ein Erlebnis hebt sich durch seinen stark emotionalen Charakter vom Erleben ab. Das Bertelsmann Lexikon Psychologie definiert ein Erlebnis dementsprechend als „gefühlbetontes und unmittelbares Ergriffenwerden anlässlich eines Ereignisses“ (Leszczynski, 1995). In der vielfältigen Literatur zum Thema werden Erlebnisse immer wieder wie folgend charakterisiert.

Erlebnisse...	Quellen:
... heben sich vom alltäglichen Erleben durch das Auftreten von ausgeprägten Emotionen und Aufregung (engl. „arousal“) ab.	Dietrich & Walter (1972); Leszczynski (1995); Vaitl (1993).
... haben einen Beginn und ein Ende.	Roto et al. (2011); Wright et al. (2005).
... sind subjektiv.	Hassenzahl (2010); Prechtl & Burkard (1999); Roto et al. (2011).
... haben eine emotionale Tönung: sie sind positiv oder negativ.	Schenz (2006); Schott (2003).
... werden im episodischen Gedächtnis als Geschichten gespeichert und können somit erzählt werden.	Forlizzi & Battarbee (2004); Hassenzahl (2010).

## Einfließende Studien

Nachfolgend werden die drei verschiedenen Studien, die den später folgenden Ergebnissen zu Grunde liegen, kurz beschrieben.

Die erste Studie beschreibt ein **Card-Sorting** Verfahren nach Miller (1969) und Miller & Glucksberg (1988), welches explorativ 54 unterschiedliche Alltags- oder Freizeiterlebnisse sowie 24 ausgesuchte Fahrerlebnisse vergleicht. Die teilnehmenden Probanden mussten vier bis acht Stapel ähnlicher Erlebnisse sortieren, wobei in jedem Stapel mindestens ein Fahrzeugerlebnis enthalten

sein musste. Anschließend wurden die sortierten Stapel näher untersucht und kategorisiert. Ausgewählte, besonders präferierte Erlebnisse der einzelnen Stapel wurden mit dem PANAS-Fragebogen nach Watson et al. (1988) untersucht. Hierfür kam die deutsche Übersetzung des PANAS von Krohne et al. (1996) zum Einsatz. Am Versuch nahmen insgesamt 30 Personen (darunter zwölf Frauen) teil. Davon waren zehn beruflich im automobilen Sektor angesiedelt und zwanzig unabhängig von der Automobilwirtschaft beschäftigt. Das Durchschnittsalter betrug 42 Jahre.

Der zweite einfließende Versuch war ein **Vergleich eines sportlichen Fahrzeuges mit Verbrennungsmotor und eines sportlichen Fahrzeuges mit elektrifiziertem Antrieb**. Die beiden Fahrzeuge haben eine Leistung von mehr als 200kW und liegen, was die Beschleunigung betrifft, bis 120km/h auf einem vergleichbaren Niveau. Dies macht die gewählten Sportfahrzeuge sehr interessant für einen Vergleichstest. Unterschiede bestanden jedoch in der Art und Weise wie die Fahrzeuge ihre Leistung auf die Straße bringen. Das E-Fahrzeug profitiert von seiner spezifischen Motorcharakteristik, die es ermöglicht die maximale Leistung extrem schnell abzurufen, was einem sehr starken Beschleunigungsanstieg entspricht. Außerdem kann es seine Maximalbeschleunigung über einen Zeitraum von fast zwei Sekunden halten, bevor die Leistung prinzipbedingt aufgrund der Charakteristik des Drehstrom-Elektromotors mit festem Gang degressiv abfällt. Das sportliche Fahrzeug mit Verbrennungsmotor besitzt im Gegensatz zum Eingangsgetriebe des E-Fahrzeuges ein 8-Gang-Automatikgetriebe. Dementsprechend treten beim Beschleunigen häufigere Beschleunigungswechsel beim Gangschalten auf, wohingegen das Beschleunigungsverhalten des E-Fahrzeuges als „gummibandartig“ beschrieben werden kann. Der sportliche Verbrenner besitzt darüber hinaus eine Sportabgasanlage, welche klassisch sportlichen Motorsound garantiert. Das Sport-E-Fahrzeug besitzt keinen speziellen (synthetisch erzeugten) Motorsound. Der Motorsound des E-Fahrzeugs wurde von einigen Probanden als „strassenbahnartig“ beschrieben und kann durch ein konstant mit der Drehzahl der E-Maschine ansteigendes, hochfrequentes Pfeifen beschrieben werden.

Die Versuchsfahrzeuge wurden in permutierter Reihenfolge auf einer festgelegten Strecke (Stadt, Landstraße und Autobahn) im realen Straßenverkehr gefahren. Ziel der Fahrt war neben dem möglichst unbeeinflussten Kennenlernen der

Fahrzeuge das Absolvieren verschiedener Fahrmanöver. Zu jeder Fahrt wurde den Probanden ein Fragebogen zu den absolvierten Manövern mitgegeben. Der Fragebogen enthält ein gekürztes fünfstufiges semantisches Differenzial aus Hamm und Vaitl (1993), das die Konstrukte Valenz und Aufregung erfasst. Darüber hinaus wurde das emotionale Befinden der gesamten Fahrt mit Hilfe der PANAS-Kurzform von Mackinnon et al. (1999) erhoben. Am Versuch nahmen 26 Personen (darunter sieben Frauen) mit einem Durchschnittsalter von 33 Jahren teil. Elf Probanden fuhren bereits meist kurz (im Mittel unter einer Stunde) ein elektrifiziertes Fahrzeug, dreizehn Personen haben keinerlei Erfahrung mit E-Fahrzeugen.

Die dritte einfließende Studie befasst sich mit dem **Motorsound im Elektrofahrzeug als eine wichtige Fahrerlebniskomponente**. Dabei standen vor allem das subjektive Beschleunigungsempfinden des Fahrers, die Auswirkung auf dessen Emotionen sowie der Einfluss auf den wahrgenommenen Fahrzeugcharakter im Vordergrund. Hierfür wurden im Versuchsfahrzeug Mini E zwei verschiedene Motorsoundqualitäten implementiert: der Standardmotorsound des Mini E und ein im Innenraum des Fahrzeuges synthetisch erzeugter Motorenklang. Während der Motorsound des Serienstands als ein sehr leises, elektrisches Surren beschrieben werden kann, lässt sich der künstlich hinzugefügte Motorenklang als äußerst kräftig und dynamisch charakterisieren. Der dynamische Sound wurde applikativ an die Gaspedalstellung des Fahrzeuges gekoppelt. Zur Untersuchung der Auswirkung des Motorsounds auf das subjektive Beschleunigungsempfinden des Fahrers wurde auch die Beschleunigung durch Begrenzung des maximalen Drehmoments in drei Stufen (niedrig, mittel, hoch) variiert. Als Fahrmanöver wurde eine Vollastbeschleunigung aus dem Stand auf 70 km/h gewählt. Jeder der drei Beschleunigungsverläufe wurde jeweils einmal mit dem originalen Mini E-Sound und einmal mit einem dynamischen Sound gefahren. Vor jedem der sechs Durchläufe erfolgte das Durchfahren einer Referenzbeschleunigung (entspricht der mittleren Motorleistung) mit Originalmotorsound. Um Reihenfolgeeffekte auszublenden, wurde die Sequenz der Darbietung nach Zufallsprinzip permutiert. Um die gewünschten Daten zu erheben, wurden den Probanden vor und nach dem fahrpraktischen Teil und jeweils nach den einzelnen Fahrdurchläufen Fragebögen vorgelegt. Mittels dieser wurden die Probanden zu Emotionen, zu ihrem Beschleunigungsempfinden und ihrer Einschätzung zum Motorsound befragt.



Abermals kamen sowohl das leicht abgewandelte semantische Differenzial nach Hamm und Vaitl (1993) als auch die PANAS-Kurzversion zum Einsatz. Am Versuch nahmen insgesamt 27 Personen (darunter eine Frau) teil. Das Durchschnittsalter lag bei 29 Jahren.

## Ergebnisse

Der **Card-Sorting-Versuch** enthielt eine Karte zum Elektrischen Fahren, siehe Abbildung 1.



Abb. 1: Erlebniskarte zum elektrischen Fahren

Im Rahmen einer Multidimensionalen Skalierung (MDS) wurde ein Erlebnisraum aller Erlebnisse aufgespannt. Mit einer Clusteranalyse und Auswertung der Stapelbeschreibungen wurden die Erlebnisse kategorisiert. Das Erlebnis „Elektrisch Fahren“ findet sich im Cluster „Zielsetzung, Ausdauer, Nachhaltigkeit“ wieder. Die ähnlichsten Erlebnisse in dieser kognitiven Landkarte der MDS waren Rudern, Fischen, Verbrauchsorientiert Fahren, Kino – Animationsfilm, Mitfahren (Gefahren werden und entspannen) und ACC Regelung auf der Autobahn. In der fahrzeugaffinen Stichprobe waren die ähnlichsten Erlebnisse Wandern, Fischen, Schnorcheln, Segelfliegen. In der unabhängigen Stichprobe waren es Rudern, Fischen, Prüfung bestehen und Gehaltserhöhung. Diese Erlebnisse lassen sich entweder demselben Cluster wie „Elektrisch Fahren“ zuordnen („Zielsetzung, Ausdauer, Nachhaltigkeit“) oder sind im Cluster „Entspannung, Flow, Genuss“ wieder zu finden. Die beiden Erlebnisse „Prüfung bestehen“ und „Gehaltserhöhung“ sind im Cluster „Belohnung, Erfolgserlebnisse“ zu finden. Diese Ergebnisse spiegeln sich auch in der qualitativen Auswertung der Stapel und der in diesem Rahmen geführten Interviews wieder. Mit elektrischem Fahren wird Entspannung und Naturerleben aber auch Langeweile und Risiko verbunden. Das Attribut Risiko kommt durch die noch geringen Reich-

weiten zustande. Darüber hinaus wird dem elektrischen Fahren Nachhaltigkeit bescheinigt, da es als „sparsam und umweltfreundlich“ beschrieben wird.

Zur Einschätzung des emotionalen Erlebens wurde der PANAS (Positive and Negative Affect Schedule) verwendet. Dieser besteht aus den beiden Dimensionen „positiver Affekt“ (PA) und „negativer Affekt“ (NA), wobei die Skalen von 1 (entspricht „ganz wenig oder gar nicht“) bis 5 (entspricht „äußerst“) reicht. Ein niedriger Wert des positiven Affekts steht für Müdigkeit und Traurigkeit, ein hoher Wert für freudige Erregung. Auf der Dimension des negativen Affekts bedeutet ein niedriger Wert Ausgeglichenheit und Ruhe, ein hoher Wert Angst und Nervosität. Auffallend bei der Auswertung der PANAS zum elektrischen Fahren ist die sehr niedrige negative Aktivierung (PA: 2,82 NA: 1,09).

Weitere Informationen zum Card-Sorting-Versuch können in den Studienarbeiten von Kristian Hristov (2012) und Claire Rolshoven (2012) gefunden werden.

Nachfolgend werden einige Ergebnisse zum **Vergleich zweier sportlicher Fahrzeuge mit E-Antrieb und konventionellem Motor** vorgestellt. In einem Fragebogen, der einige Wochen nach dem Versuch verteilt wurde, wurden die Probanden nach den beiden Erlebnissen gefragt, die für sie subjektiv prägend waren. Dabei gab es keine Vorgabe von welchem Fahrzeug das Erlebnis stammen muss. Einen Überblick über die erinnerten Erlebnisse aus der Fahrt mit dem sportlichen E-Fahrzeug gibt Abbildung 2.

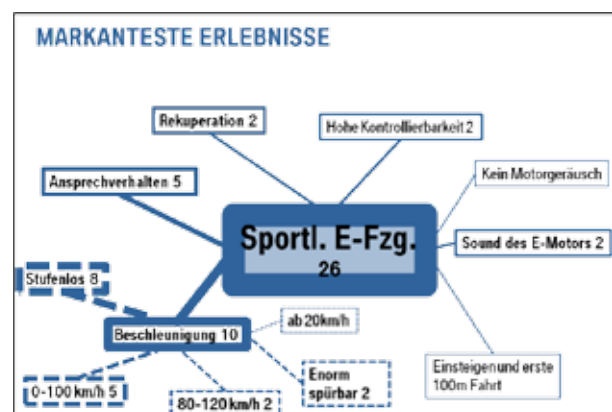


Abb. 2: Erinnerte Erlebnisse aus der zweiten Studie (die Zahlen geben die jeweilige Häufigkeit an)

Dementsprechend beschrieben 16 Personen ein Erlebnis im sportlichen E-Fahrzeug als besonders einprägend und sechs Personen ein Erlebnis, das durch den sportlichen Verbrenner ausgelöst wur-

de. Wenn man die Ergebnisse um die zweiten erinnerten Erlebnisse ergänzt, wurde das sportliche Elektrofahrzeug insgesamt 26mal erinnert. Beim sportlichen Verbrenner wurde hauptsächlich der Motorsound als erlebniswirksam beschrieben. Beim sportlichen Elektrofahrzeug wurde zehnmal die Beschleunigungsleistung als bedeutsam beschrieben. Diese wurde in der Erklärung zum Erlebnis achtmal „stufenlos“, fünfmal explizit das im Versuch absolvierte „Manöver 0-100km/h“, zweimal das Manöver „80-120km/h“ und zweimal „spürbar“ sowie einmal „Beschleunigung ab 20km/h“ genannt. Darüber hinaus wurde das Ansprechverhalten, also die Reaktion auf das Fahrpedal, fünfmal als besonders prägend beschrieben. Je zweimal wurde die Rekuperation, die hohe Kontrollierbarkeit und der Sound des E-Motors als erlebnisbildend genannt. Eine Person bezeichnete die Abwesenheit des Motorengeräuschs als Erlebnis und eine Person war vom „Einsteigen in das Fahrzeug und den ersten hundert Metern Fahrt“ beeindruckt. Allerdings wurden auch einige negative Anmerkungen zum sportlichen E-Fahrzeug in der Erlebniserinnerung genannt: die starke Qualitätseinschränkung, aufgrund des Fahrzeugkonzepts; dass nur eine „0/1 Fahrweise möglich sei“ – womit der Proband eine schlechte Kontrollierbarkeit aufgrund der extremen längsdynamischen Ausprägung des Fahrzeugs meinte. Eine Person empfand die Beschleunigung „fast schon zu extrem – vor allem für Beifahrer“, eine andere bezeichnete die Beschleunigung als „sehr brutal“. Eine weitere Person bemängelte, dass die Beschleunigung ab 80 km/h abnehme. Die Akustik wurde einmal als gewohnungsbedürftig bezeichnet, eine andere Person stellte „komische Geräusche“ fest.

Nach der Fahrt wurde von den Probanden die gekürzte Version des PANAS ausgefüllt nach Mackinnon et al. (1999). Diese ergab für das sportliche Elektrofahrzeug ein  $PA=3,68$  und  $NA=1,32$ ; für den sportlichen Verbrenner ergaben sich Werte von  $PA=3,80$  und  $NA=1,19$ . Die negative Aktivierung unterscheidet sich signifikant im t-Test;  $t(104)=2,147$ ;  $p=0,034$ .

Die Ergebnisse zum Versuch in Bezug auf den **Einfluss von Motorsound in Elektrofahrzeugen auf das Beschleunigungsempfinden und die Emotionen** des Fahrers werden nachfolgend beschrieben. In Hinblick auf die Emotionen des Fahrers konnte während der Fahrmanöver durch den intensiveren, dynamischen Motorsound im Vergleich zum Originalmotorsound eine höhere positive Emotionalität und ein stärkerer Erre-

gungszustand der Fahrer nachgewiesen werden. Auch nach der Fahrt blieb die Einschätzung der Emotionen bei dynamischem Motorsound signifikant positiver. Insbesondere der PANAS lieferte unter Berücksichtigung der von den Probanden im Anschluss favorisierten Soundbedingung interessante Ergebnisse. Sowohl die Versuchsteilnehmer, welche den dynamischen Sound bevorzugten, als auch die Probanden, welche den Originalmotorsound befürworteten, zeigten kaum negative Affekte und neigen daher zu Ausgeglichenheit und Ruhe. Betrachtet man die Dimension des positiven Affekts, so wird deutlich, dass die Probanden, welche den dynamischen Sound favorisierten, durch diesen freudige Erregung verspüren aber kaum positive Emotionen beim Originalmotorsound zeigen. Im Gegensatz dazu unterschieden sich die Werte des positiven Affekts hinsichtlich der beiden Klangqualitäten bei den Fahrern, welche den Motorsound des Serienstands bevorzugten, nicht signifikant.

Auch auf das subjektive Beschleunigungsempfinden nimmt der Motorsound ebenfalls Einfluss. In zwei der drei Beschleunigungsverläufe wurde der Leistungseindruck durch den dynamischen Motorsound verstärkt. Außerdem wurde die Beschleunigung über alle Beschleunigungsstufen hinweg durch den kräftigen Motorsound als kontrollierbarer, spektakulärer, sportlicher und aufregender empfunden. Insbesondere der Fahrzeugcharakter wurde maßgeblich durch die vorhandene Klangqualität geprägt. Während die Probanden den Originalmotorsound mit Attributen wie Zurückhaltung, Entspannung und Harmlosigkeit assoziierten, änderte sich die Charakterisierung des gleichen Fahrzeuges mit dynamischem Motorsound zum Gegenteil (Aufmerksamkeit, Sportlichkeit und Potenz). Aus der Studie geht weiterhin hervor, dass ein kräftiger Motorsound für das bewusste Erleben von Fahrspaß und die Rückmeldefunktion des Motorsounds für die Umsetzung der Fahrpedaleingabe durch das Fahrzeug unerlässlich sind.

Weitere Informationen zum Versuch können in der Studienarbeit von Annegret Franzl (2013) gefunden werden.

## Diskussion

Wie in der Einleitung beschrieben, lassen sich die drei exemplarisch herausgegriffenen Studien je einem Punkt des Vorgehensmodells zuordnen. Abbildung 3 verdeutlicht dies und zeigt maßgebliche Ergebnisse der einzelnen Studien auf, die in dann

in den folgenden Studien genauer untersucht wurden. Die Ergebnisse der Card-Sorting-Studie zeigen, dass mit E-Fahrzeugen vor allem Attribute wie Nachhaltigkeit, Umweltbewusstsein aber auch Langeweile oder Risiko aufgrund der noch geringen Reichweite in Verbindung gebracht werden. Diese Attribute charakterisieren E-Fahrzeuge für Personen, die wie die Stichprobe zeigt, hauptsächlich noch nie ein E-Fahrzeug gefahren sind. Dementsprechend kann davon ausgegangen werden, dass diese Eigenschaften ein mentales Konstrukt in den Probanden formen, welches einer Erwartung an E-Fahrzeuge entspricht. Ausgehend von dieser holistischen Einschätzung und Erwartung an E-Fahrzeugen, zeigt die zweite Studie das Potenzial, das sportliche E-Fahrzeuge bieten. Es werden hohe positive Emotionen und hohe Aufregung ausgelöst. Dies geschieht prinzipbedingt aufgrund der Eigenschaften der E-Maschine, die bei genügend hoher Leistungsfähigkeit sehr schnell eine hohe Beschleunigung aufbauen kann. Somit werden die Erwartungen an E-Fahrzeuge, welche die Card-Sorting Studie beschrieb sogar weit übertroffen.



Abb. 3: Maßgebliche Ergebnisse der einzelnen Studien und Einordnung in das Vorgehensmodell

Die Card-Sorting-Studie zeigte darüber hinaus, dass die dem E-Fahren ähnlichsten sortierten Erlebnisse sehr häufig als überaus ruhig, ausdauernd und als im Ablauf harmonisch oder gar fließend beschrieben werden können. Als Beispiele seien hier genannt „Wandern“, „Fischen“, „Schnorcheln“ und „Segelfliegen“. Außerdem wurde in der zweiten Studie der Motorsound als eine Stellgröße identifiziert, um die Erlebnisqualität sportlicher E-Antriebe noch weiter zu steigern. Der Versuch zum Einfluss des Motorsounds zeigt klar, dass im Bereich des Sounds von E-Fahrzeugen ebenfalls viel Potenzial liegt, um Fahrer zu überraschen. Die Ergebnisse zeigen einen positiven Einfluss auf das

dynamische Fahren eines E-Fahrzeuges, da im Versuch eine Vollastbeschleunigung untersucht wurde. Es stellt sich jedoch die Frage, ob im Bereich des komfortablen Fahrens von E-Fahrzeugen ebenfalls Motorsound gewünscht wird oder nicht. Der Motorsound für komfortables E-Fahren sollte sich vom Sound bei dynamischer Fahrweise abheben und könnte Charaktereigenschaften der beschriebenen ähnlichen Erlebnisse in abstrahierter Weise widerspiegeln: dieser sollte eher ruhig, ausdauernd und im Ablauf fließend klingen.

## Danksagung

Die beschriebenen Versuche wurden im Rahmen meiner Doktorandentätigkeit im Bereich Entwicklung Antrieb der BMW Group durchgeführt. Dabei wurden mir neben finanziellen Mitteln zur Versuchsdurchführung auch Messtechnik und die verwendeten Fahrzeuge zur Verfügung gestellt. Ohne diese Unterstützung wäre die Durchführung der Versuche in der beschriebenen Form nicht möglich gewesen. Die Studienarbeiten von Claire Rolshoven und Kristian Hristov wurden in Kooperation des Lehrstuhls für Ergonomie und der LMU München und die Studienarbeit von Annegret Franzl in Kooperation mit der Hochschule Zittau-Görlitz bearbeitet.

## Literatur

- Dietrich, G. & Walter, H. (1972). Grundbegriffe der psychologischen Fachsprache. München.
- Franzl, A. (2013). Untersuchung der Auswirkung von Motorengeräuschen bei Elektrofahrzeugen auf die Emotionen und das Beschleunigungsempfinden des Fahrers. Unveröffentlichte Diplomarbeit am Lehrstuhl für Ergonomie der Technischen Universität München.
- Forlizzi, Jodi and Battarbee, Katja, „Understanding Experience in Interactive Systems“ (2004). Human-Computer Interaction Institute. Paper 46. <http://repository.cmu.edu/hcii/46>
- Hamm, A., Vaitl, D. (1993). Emotionsinduktion durch visuelle Reize: Validierung einer Stimulationsmethode auf drei Reaktionsebenen. Psychologische Rundschau, Ausgabe 44, Seite 143-161.
- Hassenzahl, M. (2010). Experience Design: Technology for All the Right Reasons. Morgan & Claypool.
- Hristov, K. (2012). Autofahren als emotionales Erleben. Eine Card-Sorting-Studie. Unveröffentlichte Bachelorarbeit an der Ludwigs-Maximilians-Universität München.

Krohne, H.W., Egloff, B., Kohlmann, C.-W., Tausch, A. (1996). Untersuchungen mit einer deutschen Version der „Positive and Negative Affect Schedule“ (PANAS). *Diagnostica* 42, 139-156.

Leszczynski, C. (1995). Bertelsmann Lexikon Psychologie; Bertelsmann Lexikon Institut, Gütersloh.

Norman, D. (2004). Emotional Design: Why we love (or hate) everyday things.

Mackinnon, A. F., Christensen, H., Korten, A. E., Jacomb, P. A. & Rodgers, B. (1999). A short form of the Positive and Negative Affect Schedule: evaluation of factorial validity and invariance across demographic variable in a community sample. *Personal and Individual Differences*, 27, 405-416.

Miller, G.A. (1969). A Psychological Method to Investigate Verbal Concepts. *Journal of Mathematical Psychology*, 6, 169-191.

Miller, G.-A. & Glucksberg, S. (1988). Psycholinguistic Aspects of Pragmatics and Semantics. In Atkinson R.-C., Herrnstein R.-J., Lindzey G. & Luce R.-D. (eds.), *Steven's Handbook of Experimental Psychology Vol. 2* (pp. 419-466). New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore: Wiley.

Precht, P. & Burkhard, F.-P. (1999). Metzler Philosophie Lexikon. Begriffe und Definitionen. Stuttgart / Weimar.

Rolshoven, C. (2012). Motive und Bedürfnisse beim Autofahren. Eine qualitative Untersuchung zu ausgewählten Fahrerlebnisse. Unveröffentlichte Bachelorarbeit an der Ludwigs-Maximilians-Universität München.

Roto, V., et al. (2011). User Experience White Paper. Dagstuhl Seminar on Demarcating User Experience.

Singer, W. (2002). Der Beobachter im Gehirn: Essays zur Hirnforschung. Suhrkamp Verlag; Auflage: 8 Frankfurt am Main.

Schenz, A. (2006). Erlebnis und Bildung. Die Bedeutung des Erlebens und des Erlebnisses in Unterrichts- und Erziehungsprozessen, Dissertation, Karlsruhe.

Schott, T. (2003). Kritik der Erlebnispädagogik. Würzburg.

Ulich, D. (2000): Emotion. in: Wenninger, G. (Hrsg.): *Lexikon der Psychologie: in fünf Bänden. Band 1*. Berlin/ Heidelberg.

Watson, D., Clark, L. A. & Tellegen, A. (1988). Development and validation of brief measures of Positive and Negative Affect: The PANAS scales. *Journal of Personality and Social Psychology*, 54, 1063-1070.

Wright, P., et al. (2005). Making Sense of Experience in Funology - From Usability to Enjoyment, Dordrecht.



# Der kleine Unterschied: Methodenentwicklung zur Bestimmung von Wahrnehmungsschwellen im Bereich Fahrzeug-Längsbeschleunigung

Thomas Müller

## Projektbeschreibung

Die folgende Vorhabensbeschreibung entstand im Verlauf des Projekts Energiemanagement III im Rahmen der CAR@TUM Kooperation der TU München und der BMW Group. Das interdisziplinäre Projekt Energiemanagement III hat zum Ziel das Thema Energiemanagement im Kraftfahrzeug aus verschiedenen Blickwinkeln zu beleuchten. Die direkte Umsetzung der zur Verfügung stehenden Energie in erlebbare Dynamik des Fahrzeugs und deren subjektive Wahrnehmung durch den Fahrer steht für den Lehrstuhl für Ergonomie im Betrachtungsmittelpunkt. Insbesondere aufgrund des dominierenden Einflusses der Fahrzeug-Längsdynamik auf das Fahrerlebnis, sollten die Auswirkungen von Veränderungen bzw. die menschliche Fähigkeiten bei Verarbeitung dieses Faktors für eine kundenorientierte (Weiter-)Entwicklung zukünftiger Fahrzeugkonzepte dringend berücksichtigt werden.

## 1 Einleitung

### 1.1 Motivation

Die Entwicklung moderner Fahrzeugantriebe hat technisch ein hohes Niveau erreicht. In Abhängigkeit der angestrebten Positionierung des Fahrzeugs im Produktportfolio des Herstellers, hat das Fahrzeug bestimmte Anforderungen zu erfüllen. Abgesehen von offensichtlich extremen Fahrzeugkonzepten, wie hocheffizienten Spritspar-Varianten oder Super-Sport Fahrzeugen, ist der Charakter eines Fahrzeugs oft zerrissen zwischen Anforderungen an Sportlichkeit, Verbrauchsreduktion und Fahrkomfort.

Ein Haupteinflussfaktor, der sowohl den Kraftstoffverbrauch als auch die wahrgenommene Leistung des Fahrzeugs beeinflusst ist das Beschleunigungsvermögen (Müller, 2012). Je nach Positionierung des Fahrzeugs kann das Entwicklungsziel die Kraftstoffeinsparung oder die Verbesserung der Fahr-Performance sein. Beide Fälle stehen in direktem Zusammenhang mit dem Energieverbrauch des Fahrzeugs: das Spritspar-Fahrzeug soll bei geringerem Energieeinsatz möglichst wenig spürbare Leistungseinbußen vermitteln. Bei sportlicheren Fahrzeugen soll das durch erhöhten Energieeinsatz verbesserte Beschleunigungsvermögen für den Fahrer dagegen möglichst deutlich spürbar und in dessen Wahrnehmung möglichst präsent sein.

Im Sinne beider Entwicklungsziele ist ein tiefergehendes Wissen über die menschliche Wahrnehmungsleistung von Fahrzeuglängsbeschleunigung essentiell für eine effiziente und effektive Weiterentwicklung zukünftiger Fahrzeugantriebe bzw. Fahrzeugkonzepte.

Ziel der anstehenden Studie ist es daher, eine Methode zu entwickeln um die menschliche Wahrnehmungsleistung im Bereich Längsbeschleunigung zu quantifizieren und im Probandenversuch anzuwenden. Ein zentraler Punkt für Aussagen hinsichtlich der Wahrnehmungsleistung bzgl. eines bestimmten Reizes sind Unterschiedsschwellen, also derjenige Reizunterschied der notwendig ist, um zwei unterschiedliche Ausprägungen eines Reizes gerade noch voneinander unterscheiden zu können. Hierfür sollen Methoden aus dem Forschungszweig der Psychophysik adaptiert und auf ihre Anwendbarkeit in einem Feldversuch außerhalb des Labors überprüft werden.

### 1.2 Bisherige Studien

Grundlegende Studien zum Thema Beschleunigungswahrnehmung wurden in den 1960er Jahren von Rockwell und Snider durchgeführt. Deren experimentell ermittelte Ergebnisse für Absolutschwellen im Bereich Fahrzeuglängsbeschleunigung liegen zwischen 0.01g ( $\sim 0.1\text{m/s}^2$ ) und 0.02g ( $\sim 0.2\text{m/s}^2$ ). Die hierfür angewendete Methodik stammt aus dem Bereich der klassischen Psychophysik (Herstellungsmethode und Konstanzmethode) (Rockwell, 1965). Das Driver Performance Data Book (Henderson, 1987) zitiert ebenfalls eine Studie von Rockwell und Snider, die sich mit der Abhängigkeit der Wahrnehmungsleistung im Bereich Längsbeschleunigung von der Ausgangsgeschwindigkeit beschäftigt: Beschleunigung auf 35mph ( $\sim 55\text{km/h}$ ): 0.012g ( $\sim 0.12\text{m/s}^2$ ); Beschleunigung auf 50mph ( $\sim 90\text{km/h}$ ): 0.0115g ( $\sim 0.11\text{m/s}^2$ ) (Ernst and Rockwell (1966) zitiert in Henderson (1987)).

Abgesehen von Rockwells Studien, wurden in den meistens Fällen Wahrnehmungsschwellen im Bereich Längsbeschleunigung unter Laborbedingungen untersucht. Die Ergebnisse liegen hierbei im Bereich von  $0.06\text{m/s}^2$  bis  $0.1\text{m/s}^2$ . Howard (1986) gibt einen Überblick über die Untersuchungsbedingungen und Ergebnisse in Boff (1986).

## 2 Methodik

### 2.1 Theoretische Hintergründe

Die Beschleunigung eines Fahrzeugs kann als ein objektiver physikalischer Reiz betrachtet werden. Dieser Reiz wird in erster Linie durch visuelle (optischer Fluss, Tacho), akustische (Motor, Wind, Rollgeräusche) und kinästhetische Informationen vermittelt. Die Verarbeitung dieser Signale mündet in der subjektiven Wahrnehmung einer Fahrzeugbeschleunigung.

Das Forschungsgebiet, welches sich mit dem Zusammenhang von objektivem physikalischem Reiz und der entsprechenden subjektiven Wahrnehmung beschäftigt, ist die Psychophysik. Die grundlegenden Untersuchungen in diesem Bereich gehen auf den deutschen Physiker und Philosophen G. Fechner aus dem Jahr 1860 zurück. Dieser entwickelte wissenschaftliche Methoden zur Messung der menschlichen Wahrnehmungsleistung in Bezug auf bestimmte Sinneswahrnehmungen. Eine typische Fragestellung psychophysischer Untersuchungen ist folgende: Wie groß ist bei gegebener Reizintensität  $a$ , der kleinste Reizunterschied  $\Delta(a)$ , so dass eine Steigerung der Reizintensität von  $a + \Delta(a)$  gerade noch wahrnehmbar ist (Boff, 1986)? Das  $\Delta(a)$  wird als Unterschiedsschwelle bezeichnet.

Die psychophysische Forschung ist in erster Linie unterteilt in die innere und die äußere Psychophysik. Während sich die innere Psychophysik mit dem Zusammenhang zwischen Reiz und den daraus resultierenden neurobiologischen Vorgängen beschäftigt, werden in der äußeren Psychophysik die Einflüsse von Reizmerkmalen, wie Reizstärke oder -dauer, auf die Wahrnehmung untersucht (Hagendorf & Müller, 2010). Die Fragestellung dieser Arbeit ist im Bereich der äußeren Psychophysik angesiedelt. Eine weitere Unterteilung der äußeren Psychophysik lässt die Unterscheidung nach klassischen Methoden (Grenzmethode, Konstanzmethode, Herstellungsmethode) und den moderneren adaptiven Methoden zu (Gescheider, 1997).

Für die vorliegende Studie wird als methodische Grundlage ein adaptives Verfahren gewählt, da der Fokus auf der Ermittlung spezifischer Schwellwerte liegt und nicht auf der Ermittlung einer vollständigen psychometrischen Funktion (wofür wesentlich mehr Daten auch abseits des Schwellwertes gesammelt werden müssen).

Insgesamt liegt die Herausforderung bei der vorliegenden Problemstellung in der Auswahl einer geeigneten Methode aus dem Bereich der Psychophysik und den entsprechenden Anpassung-

en und notwendigen Vorstudien für den Einsatz außerhalb konstanter Laborbedingungen in einer Real-Fahrzeugstudie. Ein wichtiger Faktor betrifft eben diese sonst üblichen Laborbedingungen: ein wesentliches Element psychophysischer Untersuchungen ist die Fokussierung auf einen bestimmten Reiz bei möglichst guter Ausblendung anderer Reize, welche zu Stör- und Quereinflüssen auf die untersuchte Wahrnehmungsleistung führen könnten.

Zusammenfassend ergeben sich die folgenden im weiteren Verlauf zu behandelnden Aufgabenstellungen:

1. Auswahl und Anpassung einer geeigneten Methode zur effizienten und effektiven Ermittlung von Unterschiedsschwellen im Bereich Fahrzeug-Längsbeschleunigung
2. Analyse und Einteilung des Beschleunigungsvorgangs
3. Fokussierung auf einen oder mehrere konkrete Phasen des Beschleunigungsverlaufs bei gleichzeitigem Konstanthalten der anderen Einflussgrößen
4. Technische Umsetzung im Versuchsfahrzeug
5. Planung des Versuchsablaufs

### 2.2 Methodische Vorarbeiten

Die methodische Grundlage für diese Studie bildet das Simple Staircase Verfahren. Als methodische Anpassung wurde in das Staircase Verfahren ein Konstantreiz (ein Element aus der klassischen Konstanzmethode, im Folgenden Standardreiz genannt) integriert. Der folgende Abschnitt behandelt die Erläuterung der verwendeten Methode.

Ein Hauptmerkmal bei der Ermittlung der Unterschiedsschwelle ist die Darbietung eines Reizpaares an die Versuchsperson. Der erste Reiz ist der oben erwähnte Standardreiz, welcher über die gesamte Versuchsdauer hinweg konstant bleibt. Der zweite Reiz ist der modifizierte Reiz, welcher der verwendeten Methodik folgend systematisch variiert wird. Beide Reize werden der Versuchsperson in der kürzest möglichen zeitlichen Abfolge präsentiert. Danach muss die Versuchsperson entscheiden, ob zwischen den beiden Reizen ein wahrnehmbarer Unterschied bestanden hat und ggf. wie dieser Unterschied beschaffen ist (z.B. größer/kleiner) (Gescheider, 1997).

Zu Beginn des Staircase Verfahrens ist der modifizierte Reiz von deutlich größerer Intensität als der Standardreiz, so dass der Unterschied leicht zu

entdecken ist. Abbildung 1 veranschaulicht beispielhaft den Ablauf einer Simple Staircase Prozedur. Falls die Versuchsperson die richtige Antwort gibt (ein Unterschied der beiden Reize wird erkannt und ist auch vorhanden), wird die Reizintensität des modifizierten Reizes solange verringert (und damit dem Standardreiz angeglichen), bis die Versuchsperson eine falsche Antwort gibt. An dieser Stelle wird die Intensität des Reizunterschiedes erhöht bis die Versuchsperson wieder korrekt antwortet und im Versuchsablauf entsteht ein sogenannter Umkehrpunkt (siehe Abbildung 1).

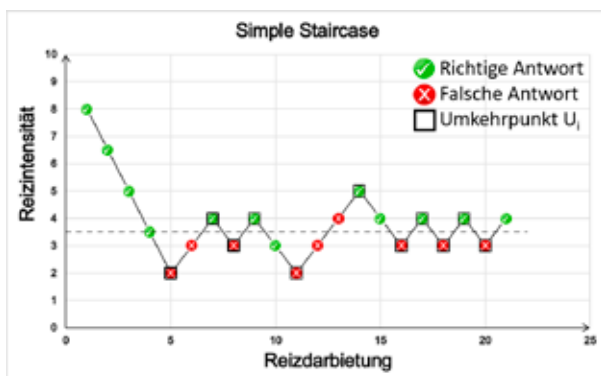


Abb. 1: Auszug eines Simple Staircase Versuchsablaufs

Das arithmetische Mittel aller Umkehrpunkte bildet letztendlich die Unterschiedsschwelle für die jeweilige Versuchsperson. Es wird die Ermittlung von 6 bis 8 Umkehrpunkten pro Versuchsdurchlauf empfohlen (Wetherill und Levitt (1965) zitiert in Levitt (1971)).

Bei einem Versuchsablauf dem Vorgehen in Abbildung 1 folgend sind Beeinträchtigungen der Ergebnisqualität durch Fehler aufgrund von Gewöhnung und Antizipation möglich (Levine, 1994). Im Verlauf des Experiments kann die Versuchsperson den Ablauf relativ schnell durchschauen, was zu den oben genannten negativen Effekten führen kann. Durch methodische Anpassungen sollen diese Effekte verhindert oder soweit wie möglich abgeschwächt werden. Die angepasste Methode ist ein verschachteltes Staircase-Verfahren. Der Ablauf an sich ist ähnlich zum Simple Staircase Verfahren, es wird lediglich ein zweiter Staircase-Verlauf (Staircase B) in den gleichen Versuchsablauf integriert, der sich bezüglich Schrittweiten, Startpunkt und/oder Annäherungsrichtung an den Standardreiz vom ersten Verlauf (Staircase A) unterscheiden kann. Ein beispielhafter Verlauf ist in Abbildung 2 abgebildet.

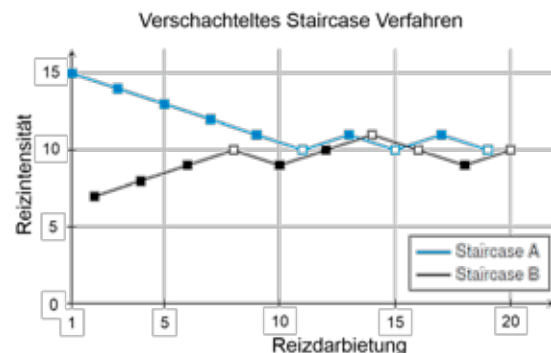


Abb. 2: Verschachteltes Staircase Verfahren

Durch die statistisch notwendige Anzahl an Wiederholungen und die Konfrontation mit sehr kleinen Reizunterschieden, sind Versuchsreihen aus dem psychophysischen Bereich für die Probanden oftmals ermüdend und eintönig. Um Beeinträchtigungen des Ergebnisses dadurch ebenfalls vorzubeugen, wurde ein leistungsabhängiges Bonus-/Malus-System eingeführt. Dies soll die Motivation für eine disziplinierte Versuchsdurchführung steigern und diese auch für den gesamten Verlauf des Versuchs aufrechterhalten. Für den Probanden wird ein Punktekonto angelegt, welches bei einem richtig erkannten Reizunterschied um einen Zähler erweitert wird, bei einem falsch erkannten Reizunterschied um einen Zähler verringert wird. Die am Ende des Versuchs verbleibende Gesamtpunktzahl wird dem Probanden in Form von Schokoriegeln „ausbezahlt“.

Somit steht der methodische Rahmen für die Studie fest. Im Folgenden soll die Vorgehensweise bei der Festlegung der zu untersuchenden Variationsparameter dargestellt werden.

### 2.3 Analyse des Beschleunigungsvorgangs

Zu Beginn der Versuchsplanung wurde der Beschleunigungsverlauf betrachtet und in die für die Studie relevanten Phasen 1 bis 3 unterteilt. Abbildung 3 zeigt das Ergebnis einer Vollastbeschleunigung im zweiten Gang aus einer Konstantfahrt mit 20km/h.

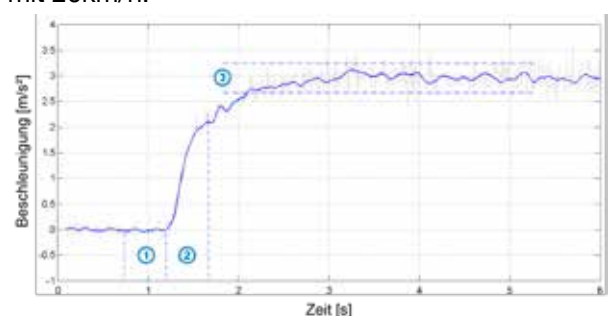


Abb. 3: Unterteilung des Beschleunigungsvorgangs in relevante Phasen

Der Beschleunigungsvorgang wurde in die folgenden drei Phasen unterteilt:

Phase 1: Ansprechverhalten. Die Zeit zwischen Betätigung des Gaspedals und der ersten messbaren Reaktion des Fahrzeugs.

Phase 2: Beschleunigungsgradient. Der Anstieg der Beschleunigung über der Zeit. Je nach Leistung des Fahrzeugs kann dieser Anstieg flacher oder steiler ausfallen. Die Messung beginnt nach der ersten messbaren Reaktion des Fahrzeugs und endet nach Erreichen eines bestimmten Prozentsatzes der Maximalbeschleunigung.

Phase 3: Maximalbeschleunigung. Das Fahrzeug pendelt sich je nach Leistung für eine gewisse Zeit auf einem bestimmten Niveau der maximalen Beschleunigung ein. Je nach Motorkennlinie, spätestens aber mit dem Erreichen der Maximaldrehzahl geht diese Phase in einen Abfall der Beschleunigung über (in Abbildung 3 nicht dargestellt).

Die jeweiligen Phasen werden nur für eine Gangstufe betrachtet. Der gesamte Versuch enthält keine Schaltvorgänge. Das Ansprechverhalten (Phase 1) und der Beschleunigungsabfall werden in dieser Studie nicht weiter betrachtet. Als Ergebnis des Analyseprozesses bleibt festzuhalten, dass die Ermittlung von Unterschiedsschwellen im weiteren Verlauf der Studie separat für die Bereiche Beschleunigungsgradient (Phase 2) und Maximalbeschleunigung (Phase 3) erfolgen wird.

Das folgende Unterkapitel geht nun auf die notwendige Fokussierung auf diese beiden Reizarten und die entsprechende technische Umsetzung im Versuchsträger ein.

## 2.4 Fokussierung

Folgende Parameter, die die Fokussierung auf den untersuchten Reiz behindern könnten, sollten so gut wie möglich konstant gehalten werden:

**Fahrzeug.** Um Einflüsse verschiedener Fahrzeuge auszuschließen, wird ein Versuchsfahrzeug verwendet, bei dem die Möglichkeit besteht über ein Applikationssteuergerät während der Fahrt in das Motorkennfeld einzugreifen. Somit muss über die Versuchsdauer hinweg das Fahrzeug nicht gewechselt werden.

**Strecke.** Der Einfluss der Straßenbreite, der Anzahl der Spuren und der Bebauung des Straßenrandes (z.B. dichter Wald oder freies Feld) auf den optischen Fluss des Fahrers kann leicht bei der eigenen Privatfahrt nachvollzogen werden, ist aber

ebenso Untersuchungsgegenstand verschiedener Studien (z.B. Edquist, 2009). Um Effekte auf die Wahrnehmung von Beschleunigung und Geschwindigkeit aufgrund von Umwelteinflüssen auszuschließen, wird das Experiment stets auf der gleichen, geraden, flachen und kaum befahrenen Straße durchgeführt.

**Motorgeräusch.** Das Motorgeräusch wird dadurch möglichst konstant gehalten, dass während des gesamten Versuchs immer das gleiche Fahrmanöver absolviert werden muss: Vollastbeschleunigung von 1500 U/min bis 5000 U/min.

## 2.5 Technische Umsetzung

**Versuchsfahrzeug.** Das Fahrzeug ist ein 3,0 Liter Sechszylinder mit Automatikgetriebe und Allradantrieb. Im Fond des Fahrzeugs befinden sich der Versuchsleiter und ein Versuchsingenieur zur Bedienung des Mess- und Kalibrierrechners, mit dem das Motorkennfeld während der Versuchsfahrt manipuliert wird. Der Versuchsleiter führt den Probanden durch den Versuch und gibt dem Versuchsingenieur die Anweisung für die durchzuführenden Parametervariationen in Abhängigkeit der vorangegangenen Antworten der Versuchsperson.

**Unabhängige Parametervariation.** Die größte technische Herausforderung besteht darin, den Beschleunigungsverlauf so gezielt zu variieren, dass der Beschleunigungsgradient konstant bleibt, das Maximalbeschleunigungsniveau allerdings systematisch und in definierten Schrittweiten verändert werden kann (und umgekehrt). Abbildung 4 zeigt schematisch das in verschiedenen Schrittweiten variierte Maximalbeschleunigungsniveau bei konstantem Beschleunigungsgradienten.

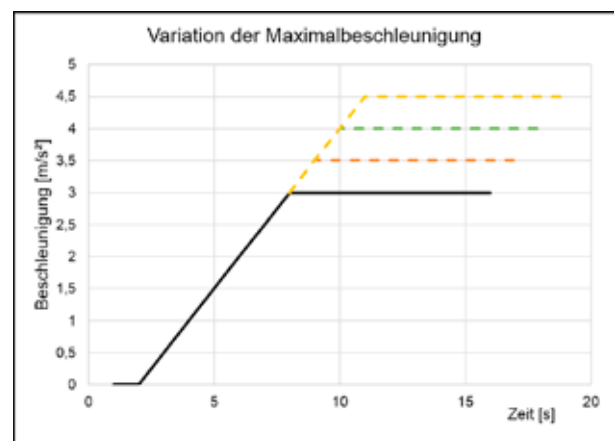


Abb. 4: Schrittweise Variation des Maximalbeschleunigungsniveaus (gestrichelte Linien) bei gleichbleibendem Gradienten



Sowohl die technische Umsetzung als auch die Definition sinnvoller Schrittweiten machten zahlreiche Vorversuche notwendig. Hierfür stand ein Versuchsträgerfahrzeug zur Verfügung, bei welchem per Laptop mit Mess- und Kalibriersoftware das Motorsteuergerät angesteuert werden konnte. Der gewünschte Beschleunigungsverlauf des Fahrzeugs wurde auf diese Weise über die Manipulation des Drehmomentverlaufs über der Drehzahl realisiert. Da eine einheitliche Veränderung des Drehmoments über den gesamten Drehzahlbereich sowohl den Gradienten als auch das Maximalbeschleunigungsniveau beeinflusst, wurden diese getrennt voneinander systematisch verändert. In den Vorversuchen mit anschließender Auswertung der Messplots hat sich folgendes Vorgehen als zielführend erwiesen:

Standardreiz: 60% Motorleistung über gesamten Drehzahlbereich. Vorteil: Eine Variation der Motorleistung nach oben und nach unten ist möglich.

Modifizierter Reiz 1 (Maximalbeschleunigung): Das Fahrzeug verfügt bis 2000 U/min über 60% der Motorleistung, was gleichbedeutend mit dem Gradienten des Standardreizes ist. Für den Bereich von 2000 U/min bis 5000 U/min wird das Drehmoment erhöht oder verringert, was zu einer gezielten Variation der Maximalbeschleunigung führt.

Modifizierter Reiz 2 (Gradient): Das Drehmoment des Fahrzeugs wird bis 2500 U/min erhöht oder verringert um den Beschleunigungsgradienten zu variieren. Von 2500 U/min bis 5000 U/min verfügt das Fahrzeug dann wieder über 60% des Drehmoments, wodurch sich das Maximalbeschleunigungsniveau des Standardreizes ergibt.

Der endgültigen Festlegung von Schrittweiten für die anstehende Probandenstudie gingen zahlreiche Messfahrten zur Bestimmung der Auswirkungen von Drehmomentveränderungen auf den Beschleunigungsverlauf voraus. Die gezielte Variation von Gradient und Maximalbeschleunigung kann nun innerhalb weniger Sekunden während des Experiments durchgeführt werden. Eine der Hauptanforderungen eines psychophysischen Experiment nach dieser Methode ist somit erfüllt: die zu vergleichenden Reize können der Versuchsperson in der kürzest möglichen zeitlichen Aufeinanderfolge präsentiert werden.

Zum Abschluss soll nun noch der genau Versuchsablauf und das zu durchfahrende Fahrmanöver beschrieben werden.

Der Versuchsablauf und das Fahrmanöver in 8 Schritten:

1. Zweiter Gang, manuelle Gasse, einige Sekunden Konstantfahrt bei 20km/h.
2. Der Versuchsleiter gibt das Startzeichen für die Präsentation des Standardreizes.
3. Die Versuchsperson führt eine Vollastbeschleunigung bis 5000 U/min durch. Dies geschieht ohne Kick-down (mechanisch blockiert) und ohne Schaltvorgang.
4. Die Versuchsperson verringert die Geschwindigkeit wieder auf 20km/h. Während dieser Verzögerungsphase bereitet der Versuchingenieur das Fahrzeug auf den modifizierten Reiz vor.
5. Konstantfahrt bei 20km/h für einige Sekunden.
6. Der Versuchsleiter gibt das Startzeichen für die Präsentation des modifizierten Reizes.
7. Die Versuchsperson führt eine Vollastbeschleunigung bis 5000 U/min durch. Dies geschieht ohne Kick-down (mechanisch blockiert) und ohne Schaltvorgang.
8. Die Versuchsperson wird nach ihrer Einschätzung bzgl. des Unterschiedes der beiden gerade präsentierten Reize befragt (z.B. war der Beschleunigungsanstieg des zweiten Beschleunigungsvorgangs steiler oder flacher als der des Ersten?)

Von der Präsentation des Standardreizes (1) bis zur Befragung der Versuchsperson (8) vergehen auf diese Weise nur etwa 20 Sekunden.

Mit Hilfe der hier beschriebenen Methodik, welche bereits in Vorversuchen erfolgreich getestet worden ist, kann nun eine Probandenstudie zur Bestimmung der Unterschiedsschwellen für die Parameter Beschleunigungsgradient und Maximalbeschleunigung durchgeführt werden. Im Verlauf der Auswertung der erhobenen Daten sollen außerdem die folgenden zwei Hypothesen überprüft werden:

1. Mit steigender Fahrerfahrung der Versuchsperson sinkt die Unterschiedsschwelle.
2. Die Annäherungsrichtung an die Unterschiedsschwelle hat einen Einfluss auf die Höhe der Unterschiedsschwelle (d.h. Leistungssteigerung bzw. Leistungsreduktion hat einen nachweisbaren Einfluss auf die Entdeckungsleistung eines Beschleunigungsunterschiedes.)

### 3. Literaturverzeichnis

Boff, K., Kaufman, I., Thomas, J. (1986). Handbook of Perception and Human Performance, Volume I: Sensory Processes and Perception, Wiley, New York, USA.

Edquist, J., Rudin-Brown, C., Lenné, M. (2009). Road design factors and their interaction with speed and speed limits, Monash University, Accident Research Centre.

Gescheider, G. (1997). Psychophysics: The Fundamentals, 3rd ed., Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey, USA.

Hagendorf, H., & Müller, H. J. (2010). Wahrnehmung und Aufmerksamkeit (1st ed.). Berlin: Springer.

Henderson, R. (1987). Driver Performance Data Book, Prepared for National Highway Traffic Safety Administration, Washington, DC, USA.

Howard, I. (1986). The vestibular system. In Boff, K., Kaufman, I., Thomas, J. (1986) Handbook of Perception and Human Performance, Volume I: Sensory Processes and Perception, Wiley, New York, USA.

Levine, G., Parkinson, S. (1994). Experimental Methods in Psychology, Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey, USA.

Levitt, H. (1971). Transformed up-down methods in psychoacoustics. Journal of the Acoustical Society of America, 49, Nr. 2, S. 467–477.

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

Rockwell, T., Snider, J. (1965). An investigation of Variability in Driving Performance on the Highway, Ohio State Universit.

# Fahrerassistenzsysteme – Sicherheitspotential und Marktdurchdringung

Nicole Trübswetter, Frank Maier

## 1. Einleitung

Aktuelle Unfallstatistiken zeigen, dass in den letzten Jahren die Anzahl der im Straßenverkehr getöteten Personen in Deutschland und in Europa, trotz einer signifikanten Zunahme der jährlichen Kraftfahrzeug-Fahrleistung, deutlich reduziert werden konnte (vgl. Abbildung 1).

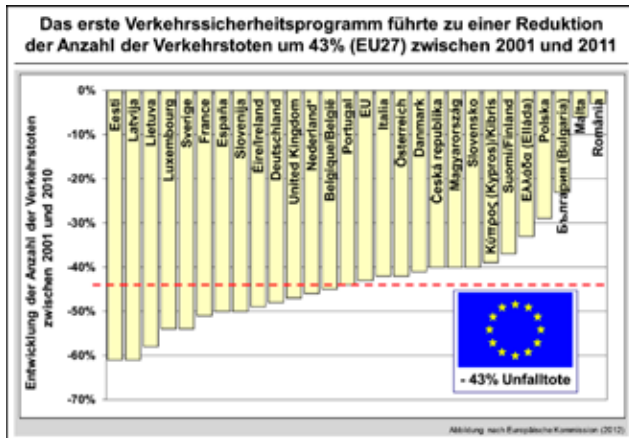


Abb. 1: Europäische Ziele zur Reduktion der Verkehrstoten.  
Quelle: Europäische Kommission (2012)

Der Rückgang der Anzahl der Verkehrstoten lässt sich unter anderem auf umfangreiche Maßnahmen zur nachhaltigen Optimierung der Sicherheit im Straßenverkehr, verkehrsrechtliche Regelungen sowie technische Weiterentwicklungen im Bereich der aktiven und passiven Sicherheit zurückführen. Speziell im Bereich der aktiven Sicherheit stellen die Fahrerassistenzsysteme (FAS) einen wichtigen Baustein zur Erhöhung der Verkehrssicherheit dar. Daher sieht auch die Europäische Kommission im Rahmen ihrer Leitlinien für die Politik im Bereich der Straßenverkehrssicherheit 2011-2020 die Umsetzung von ausgewählten Fahrerassistenzsystemen in ihren sieben strategischen Zielen vor (Europäische Kommission, 2010-1; Europäische Kommission, 2010-2). Inwiefern die aktuell am Markt verfügbaren Fahrerassistenzsysteme bereits zur Erhöhung der Verkehrssicherheit beitragen können, hängt von ihrem im realen Straßenverkehr zu erwartenden Sicherheitspotential sowie ihrer Marktdurchdringung und Nutzungsrate ab. Daher soll im Rahmen einer Forschungsarbeit am Lehrstuhl für Ergonomie herausgearbeitet werden, in welcher Weise heutige Fahrerassistenzsysteme bereits einen signifikanten Beitrag zur Verkehrssicherheit leisten, um Handlungsempfehlungen für Automobilhersteller, verkehrspolitische Institute, Gesetzgeber, Wissenschaft und beteiligte Interessengruppen zur Optimierung des Nutzens der

Fahrerassistenzsysteme im Hinblick auf die Verkehrssicherheit zu konkretisieren.

Neben der Nutzung der Fahrerassistenzsysteme durch alle Fahrer und damit einer generellen Reduktion des Unfallrisikos, rücken junge Fahranfänger und junge Fahrer (Altersgruppe 18-20 Jahre / Altersgruppe 21-25 Jahre) als mögliche Anwender von Fahrerassistenzsystemen immer mehr in den Fokus der verkehrspolitischen Diskussion, da diese Gruppen das höchste relative Unfallrisiko (Altersgruppe 18-20 Jahre) aller Verkehrsteilnehmer aufweisen bzw. ein deutlich erhöhtes Unfallrisiko haben (Langwieder, 1999; Langwieder, 1999-1; Krüger, 2010; DESTATIS, 2011-1; DESTATIS, 2011-2).

Eine weitere Anwendergruppe, für die eine spezielle Betrachtung und Bewertung der Fahrerassistenzsysteme erforderlich ist, stellt die Gruppe der älteren Autofahrer dar. Im Zuge der demografischen Entwicklung wächst der Anteil älterer Autofahrer stetig. Bereits im Jahr 2011 war in Deutschland ein Viertel aller Fahrzeughalter über 60 Jahre alt (Kraftfahrtbundesamt 2011a). Ein ähnliches Bild zeigt sich in den meisten anderen Industrienationen (OECD, 2001). Der Grund hierfür ist neben einem steigenden Durchschnittsalter ein wachsendes Bedürfnis nach Mobilität, welches sich wiederum auf eine höhere Lebenserwartung verbunden mit längeren Lebensarbeitszeiten, höheren Durchschnittseinkommen sowie einem stärkeren Bewusstsein für Selbstbestimmtheit und Flexibilität begründen lässt (Schulz et al., 2008). Dies hat zur Folge, dass der Anteil älterer (65+) und hochbetagter (75+) Kraftfahrzeugführer am Straßenverkehr steigt.

Ein Blick in die Unfallstatistiken zeigt, dass Autofahrer im Alter zwischen 50-70 Jahren deutlich weniger Unfälle verursachen, als jüngere Fahrer. Im hohen Erwachsenenalter (75+) jedoch steigt das Unfallrisiko, insbesondere als Hauptunfallverursacher, wieder deutlich an. Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes tragen Autofahrer der Altersgruppe 75+ in drei von vier Unfällen, bei denen PKW-Fahrer mit einem Alter über 75 Jahren beteiligt waren, die Hauptschuld (76%) (DESTATIS, 2011). Dies ist in erster Linie auf altersbedingte sensorische, motorische und kognitive Leistungseinschränkungen zurückzuführen. Vor diesem Hintergrund könnte die Nutzung von Fahrerassistenzsystemen einen entscheidenden Beitrag zur Erhöhung der Verkehrssicherheit leisten.

Aufgrund dieser Randbedingungen ergeben sich im Bereich der Verkehrssicherheit neue Herausforderungen für die Zukunft. Dazu gehören infrastrukturelle, technologische und verhaltensorientierte Maßnahmen. Im vorliegenden Beitrag stehen technologische Maßnahmen in Form von Fahrerassistenzsystemen (FAS) im Fokus.

## 2. Fahrerassistenzsysteme – Ergebnisse aus der Unfallforschung

Zur Darstellung des Sicherheitspotentials eines FAS ist

- die Einteilung und Kategorisierung der Unfälle,
- die Ermittlung der Unfallursachen und Ableitung der systemrelevanten Krisensituationen für das jeweilige FAS,
- und die Bewertung der Wirksamkeit eines Fahrerassistenzsystems auf seine systemrelevanten Unfälle

erforderlich, um daraus die **Wirkerwartung** eines Systems, d.h. der Anteil der Fahrzeugunfälle mit Personenschaden, die durch das System bei einer 100%-Marktdurchdringung vermeidbar wären, abzuleiten (Langwieder, 2005; Langwieder, 2012) (vgl. Abbildung 2). Dazu werden zuerst aus der Gesamtheit aller Unfälle die, für das zu untersuchende Fahrerassistenzsystem, systemrelevanten Unfälle definiert. Als systemrelevante Unfälle gelten diejenigen Unfälle, die durch das Fahrerassistenzsystem positiv beeinflusst werden können, durch Unfallvermeidung oder Reduktion der Unfallfolgen. Die Summe der systemrelevanten Unfälle stellt das **Wirkpotential** eines Fahrerassistenzsystems dar. Bei dem in Abbildung 2 dargestellten Beispiel für das System Electronic-Stability-Control (ESC) ergeben sich als ESC-relevante Unfälle, abgeleitet aus der Wirkweise des Systems, Unfälle mit einem Schleudervorgang in der Pre-Crash-Phase sowie Fahrmanöver, bei denen der Fahrer die Kontrolle über das Fahrzeug verloren hat.

Als nächstes werden die **Effektivitätsraten**  $\eta$ , bezogen auf die jeweilige Unfallursache ermittelt. Unter der **Effektivitätsrate**  $\eta$  versteht man dabei das Verhältnis zwischen der Anzahl der, durch das FAS vermeidbaren Unfälle und der Gesamtzahl an Unfällen einer speziellen Unfallursache. Die Ableitung der Effektivitätsraten erfolgt u.a. über Unfalldatenanalyse, Simulatorversuche oder

Expertenabschätzungen. Durch die Multiplikation der unfallspezifischen Effektivitätsraten  $\eta$  mit dem Anteil der systemrelevanten Unfälle ergibt sich anschließend die **Wirkerwartung** des Fahrerassistenzsystems. Die eindeutige Angabe der Bezugsgrößen bei der Ermittlung der Kennzahlen ist von besonderer Bedeutung, um die Ergebnisse unterschiedlicher Studien für weiterführende Analysen zu nutzen. Eine Angabe der Wirkerwartung auf alle Unfälle mit Personenschaden wird hierbei empfohlen. Ergänzend ist eine Darstellung der Kennzahlen in Bezug auf Unfälle mit Todesfolge sinnvoll.

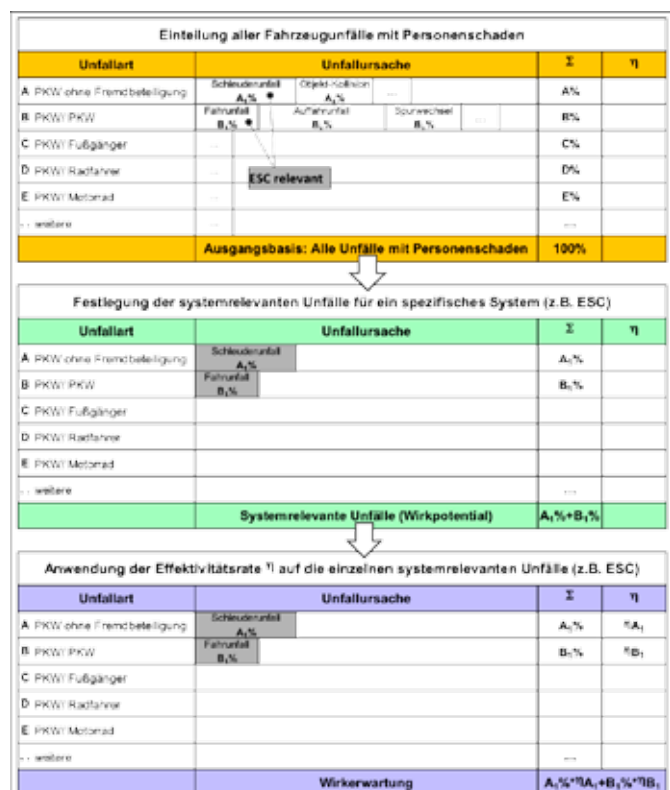


Abb. 2: Ermittlung der systemrelevanten Unfälle und der Wirkerwartung am Beispiel ESC. Quelle: nach Langwieder (2012)

Ausgehend von einer umfassenden nationalen und internationalen Literaturrecherche wurden im Rahmen dieser Forschungsarbeit vorhandene Studien zum Thema Einfluss von Fahrerassistenzsystemen auf die Verkehrssicherheit analysiert, mit Unfallstatistiken abgeglichen und die Wirkerwartung für einzelne am Markt befindliche Fahrerassistenzsysteme ermittelt. Die vorliegenden Studien zeigen auf, dass moderne Fahrerassistenzsysteme ein deutliches Potential zur Erhöhung der Sicherheit im Straßenverkehr haben. Bezogen auf alle Unfälle mit Personenschaden zeigen vor allem die Systeme ESC, Spurhalteassistent und der Notbremsassistent (BAS/ AEBS)



im Ranking die höchsten Wirkerwartungen von bis zu 20% auf.

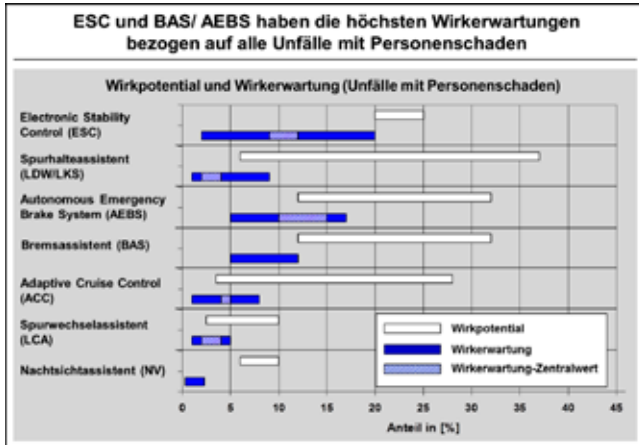


Abb. 3: Fahrerassistenzsysteme - Wirkpotential und Wirkerwartung (Unfälle mit Personenschaden)

Betrachtet man den Anteil und die Art der vorhandenen Studien für die einzelnen Systeme zeigt sich, dass speziell für das ESC-System und den unterstützenden Notbremsassistenten (BAS) bereits umfangreiche Ergebnisse aus der Unfallforschung inklusive retrospektive Unfalldatenanalysen vorliegen. Speziell die retrospektive Unfallanalyse stellt einen wichtigen Baustein bei der Verifizierung der möglichen Wirkerwartung eines FAS dar, da hier das reale Unfallgeschehen mit möglichen Anwendungseinflüssen abgebildet wird. Für die dargestellten Systeme Spurhalteassistent, Spurwechselassistent, autonomer Notbremsassistent, Adaptive Cruise Control und Nachsichtassistent fehlen diese retrospektiven Analysen fast gänzlich, so dass die weitestgehend aus Simulationen abgeleiteten Wirkerwartungen noch nicht über reale Unfallzahlen verifiziert werden können. Eine Ausweitung der Studien auf die Gesamtheit der Fahrerassistenzsysteme sollte daher durch die internationale Unfallforschung forciert werden, um die Entwicklung dieser Systeme mit aktuellen Ergebnissen aus der Unfallforschung zu begleiten.

### 3. Fahrerassistenzsysteme – Marktdurchdringung und Akzeptanz

Wie in den vorherigen Abschnitten dargestellt, können Fahrerassistenzsysteme einen enormen Beitrag zur Steigerung der Verkehrssicherheit leisten. Diese Potentiale lassen sich aber im realen Straßenverkehr nur dann umsetzen, wenn die Assistenzsysteme eine entsprechend hohe Marktdurchdringungsrate aufweisen. Da viele Fahrerassistenzsysteme Teil der kostenpflichtigen Sonderausstattung sind, liegt die Kauf- und Nut-

zungsentscheidung beim Fahrzeugkäufer. Aktuell ist die Marktdurchdringung vieler Fahrerassistenzsysteme noch sehr gering. Aus den Ergebnissen der ARAL Studie „Trends beim Autokauf 2011“ wird deutlich, dass FAS nicht im Fokus deutscher Autofahrer liegen. Ein Abstandsregeltempomat steht demnach bei 15% der Befragten auf der Wunschliste, der Spurhalteassistent nur bei 13% (Aral, 2011). Auch die Prognosen für die Entwicklung der Marktdurchdringung ausgesuchter Fahrerassistenzsysteme zeigen, dass sich diese Situation in den nächsten Jahren nicht signifikant verbessern wird und die Marktdurchdringung der sicherheitsrelevanten Fahrerassistenzsysteme, bis auf das Electronic-Stability Control-System (ESC), als obere Prognosegrenze bei ca. 10% im Jahr 2020 liegen wird (Wilmink, 2008) (vgl. Abbildung 4).

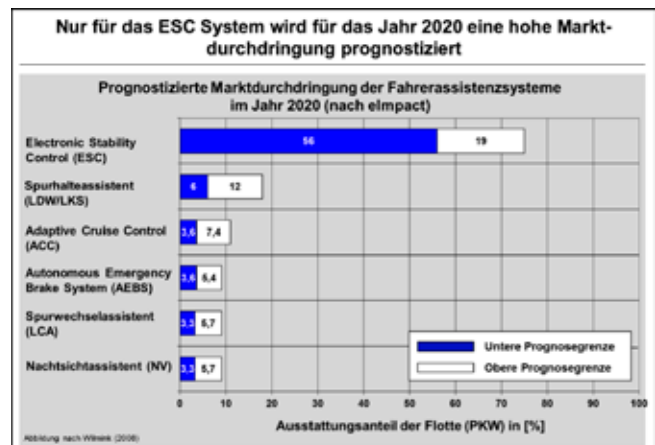


Abb. 4: Prognostizierte Marktdurchdringung der Fahrerassistenzsysteme. Quelle: nach Wilmink (2008)

Komfortsystemen so wenig angenommen wird und welches Wissen Autofahrer unterschiedlicher Altersklassen über Fahrerassistenzsysteme haben, führte der Lehrstuhl für Ergonomie im Rahmen zweier Forschungsarbeiten verschiedene Nutzerstudien durch. Ziel war es, die Akzeptanz und Kaufbereitschaft bei jungen Fahranfängern – die Gruppe der Fahrer mit dem höchsten Unfallrisiko – sowie bei älteren Fahrern – welche aufgrund altersbedingter Leistungseinschränkungen besonders von der Unterstützung durch Fahrerassistenzsysteme profitieren könnten - zu untersuchen.

Hierzu wurde in einer Forschungsarbeit mittels einer computerbasierten Fahrzeugkonfigurator-Studie das Kaufverhalten von jüngeren Personen, die kurz vor Beginn der Fahrausbildung stehen, untersucht, um mögliche Ursachen für eine eventuell geringe Kaufbereitschaft von Fahrerassistenzsystemen zu erörtern. Zusätzlich wurde eine

Vergleichsgruppe von erfahrenen Fahrern, im Alter zwischen 21 und 60 Jahren befragt, um mögliche Unterschiede im Kaufverhalten zu analysieren. Bei der Auswertung wurden die Teilnehmer in die Gruppen „bis 19 Jahre“ (82 Teilnehmer) und „über 21 Jahre“ (50 Teilnehmer) geclustert. Zusätzlich erfolgte zur Ergänzung der Fahrzeugkonfigurator-Studie eine Befragung der Teilnehmer, anhand eines strukturierten Fragebogens, um detailliertere Informationen zum Bekanntheitsgrad von Fahrerassistenzsystemen und möglichen Kriterien beim Autokauf zu erhalten.

Bei dem Fahrzeugkonfigurator hatte jeder Proband ein vorgegebenes Budget, das er für unterschiedliche Fahrzeugmodelle und Ausstattungsmerkmale einsetzen konnte. Die Gestaltung und Abfolge der Auswahl erfolgte (in Anlehnung an im Internet verfügbarer Fahrzeugkonfiguratoren von bekannten Automobilherstellern) in den drei Ebenen:

- Auswahl des Fahrzeugmodells
- Auswahl unterschiedlicher Basisausstattungen
- Auswahl optionaler Sonderausstattungen.

Im Anschluss an die Konfiguration des Fahrzeuges wurden die Probanden, falls die angebotenen Fahrerassistenzsysteme nicht gekauft wurden, nach dem Grund für die fehlende Kaufentscheidung befragt.

Die Auswertung der gewählten Ausstattungsmerkmale in der Gruppe bis 21 Jahre zeigte, dass die Fahrerassistenzsysteme nur eine untergeordnete Rolle bei der Fahrzeugkonfiguration spielen. Das ESC-System als das wichtigste Fahrerassistenzsystem zur Erhöhung der Fahrzeugsicherheit bei jungen Fahranfängern lag mit einer Ausstattungsquote von 14% auf Rang sieben der 12 angebotenen Sonderausstattungen. Die weiteren angebotenen sicherheitsrelevanten Assistenzsysteme spielten bei der Auswahl der Sonderausstattungen keine entscheidende Rolle. Bei der Analyse, warum die Fahrerassistenzsysteme nicht als Ausstattungsmerkmal gewählt wurden, zeigte sich, dass speziell die Themen „mangelnder Kenntnisstand“ und „geringe Einschätzung der Sicherheitsrelevanz der Assistenzsysteme“ mit einer geringen Kaufbereitschaft korrelieren. Für die Personengruppe über 21 Jahre ergaben sich vergleichbare Ergebnisse.

In einer weiteren Forschungsarbeit am Lehrstuhl für Ergonomie wurde im Rahmen einer Interview-

studie die Bekanntheit und Nutzungserfahrung älterer Autofahrer im Umgang mit FAS sowie die Vorgehensweise beim Fahrzeugkauf diskutiert. Dazu wurden 32 Autofahrern im Alter zwischen 60-80 Jahren (MW=67,4), welche in Besitz eines Fahrzeugs der oberen Mittelklasse oder Oberklasse mit diversen Sonderausstattungen waren, anhand halbstrukturierter Einzelinterviews zu folgenden Fahrerassistenzsystemen (vgl. Tab. 1) befragt.

Tabelle 1: Im Interview besprochene Fahrerassistenzsysteme

Tempomat	Abstandsregeltempomat	Notbremsassistent
Spurhalteassistent	Spurwechselassistent	Verkehrszeichenerkennung
Fernlichtassistent	Nachtsichtassistent	Müdigkeitserkennung
Akustische Einparkhilfe	Parkassistent	Head-up Display

Die Ergebnisse zeigen, dass ein Großteil der Assistenzsysteme etwa der Hälfte der Befragten namentlich bekannt ist (vgl. Abbildung 5). Einen besonders hohen Bekanntheitsgrad besitzen Tempomat und akustische Einparkhilfe (je 100%), der Parkassistent (94%) und der Abstandsregeltempomat (66%). Die restlichen Systeme kennen etwa die Hälfte der Probanden. Eine Ausnahme stellt der Fernlichtassistent dar, dieser ist weniger als einem Drittel (28%) bekannt.

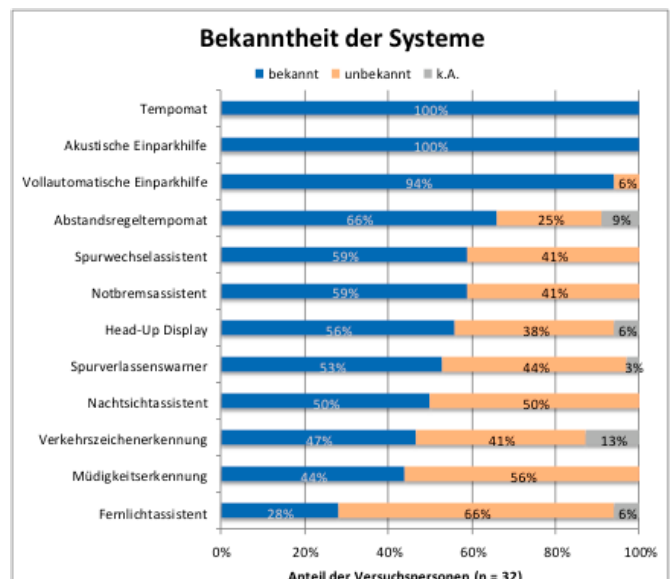


Abb. 5: Fahrerassistenzsysteme – Bekanntheit

Als primäre Informationsquellen für FAS wurden der Bekanntenkreis (31%) und die Printmedien (23%) genannt, wohingegen der Autohändler eine

eher untergeordnete Rolle spielt (11%). Der Großteil der Probanden gibt an, dass das Thema Fahrerassistenz im Verkaufsgespräch nicht behandelt wurde.

Die Nutzungserfahrung der Probanden mit FAS fällt, mit Ausnahme des Tempomat und der akustischen Einparkhilfe, äußerst gering aus. Abbildung 6 zeigt die systemspezifische Verteilung der Nutzungserfahrung nach den Kategorien „in Besitz“, „Ausprobiert“ und „keine Erfahrung“. Insgesamt ist festzuhalten, dass nur wenige FAS von den Befragten gekauft oder ausprobiert wurden. Zudem stellte sich heraus, dass viele Probanden nur unzureichend über die Funktion und den Nutzen der Assistenzsysteme informiert sind. Dennoch wurden die einzelnen Systeme nach einer Videopräsentation größtenteils positiv bewertet und als nützlich eingestuft (Trübswetter & Bengler, 2012). Als Ursache für die geringe Kaufbereitschaft konnte eine Reihe unterschiedlicher Nutzungsbarrieren identifiziert werden. Diese lassen sich in rationale (z.B. Preis), emotionale (z.B. mangelndes Systemvertrauen) und funktionale (z.B. Systemgrenzen) Barrieren unterteilen, wobei das Fehlen eines „subjektiv wahrgenommenen Nutzen“ am häufigsten genannt wurde. Es ist allerdings davon auszugehen, dass ein Großteil dieser Barrieren mit Hilfe edukativer Maßnahmen in Form eines Systemtrainings überwunden werden könnte (Trübswetter & Bengler, 2013).

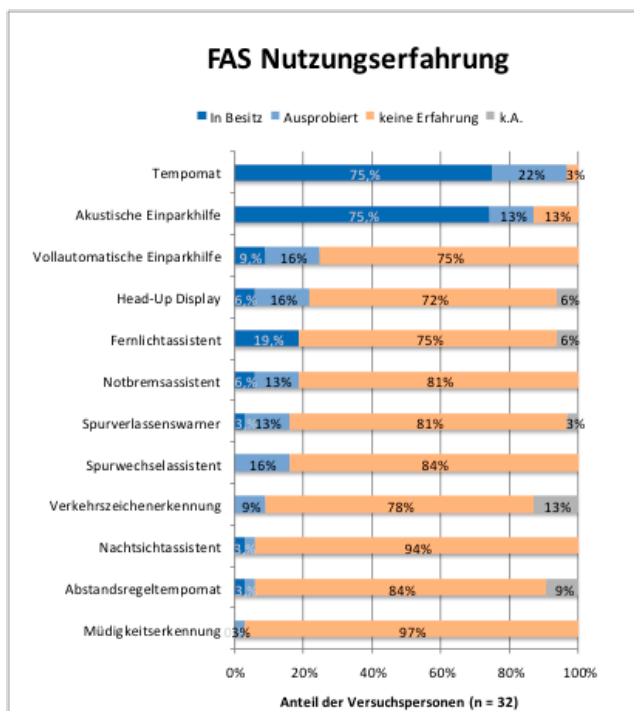


Abb. 6: Fahrerassistenzsysteme – Nutzungserfahrung

## 4. Fahrerassistenzsysteme – Zusammenfassung

Fahrerassistenzsysteme haben ein deutliches Potenzial zur Erhöhung der Verkehrssicherheit mit systembezogenen Wirkerwartungen von bis zu 20 Prozent Unfallvermeidung bei Unfällen mit Personenschaden, wobei die Systeme Electronic-Stability-Control, Notbremsassistent und Spurhalteassistent im Vergleich die höchsten Wirkerwartungen aufweisen. Diese Potentiale lassen sich aber im realen Straßenverkehr nur zum Teil umsetzen. Insbesondere die geringe Marktdurchdringung der sicherheitsrelevanten Fahrerassistenzsysteme stellt dabei ein großes Problem dar. Mittels einer vorgenommenen computerbasierten Fahrzeugkonfigurator-Studie wurden daher mögliche Ursachen für eine geringe Kaufmotivation untersucht, mit dem Ergebnis, dass neben den Themen verfügbares Budget besonders der „geringe Bekanntheitsgrad“ und „Unkenntnis über die Sicherheitsrelevanz“ der einzelnen Fahrerassistenzsysteme für eine negative Kaufmotivation eine wesentliche Rolle spielen.

In einer Interviewstudie mit älteren Fahrern stellte sich heraus, dass diese zwar über einen hohen Bekanntheitsgrad, jedoch kaum über Nutzungserfahrung im Umgang mit Fahrerassistenzsystemen verfügen. Aus diesem Grund konnten viele Probanden den Nutzen und das Sicherheitspotential einzelner Systeme nicht einschätzen. Als zentrale Nutzungshürde konnte die rationale Barriere Fehlende Nützlichkeit identifiziert werden, ergänzt durch eine Reihe weiterer rationaler, emotionaler und funktionaler Nutzungshürden.

Aufbauend auf diesen Ergebnissen können im weiteren Verlauf der Forschungsarbeit Handlungsempfehlungen für verkehrspolitische Institute, Gesetzgeber, Automobilhersteller und -händler, Wissenschaft und beteiligte Interessengruppen zur Optimierung des Nutzens im Hinblick auf die Verkehrssicherheit herausgearbeitet werden. Als ein Baustein wird dabei die Integration der Fahrerassistenzsysteme in die Fahrausbildung bewertet, da neben der theoretischen Wissensvermittlung - zur Steigerung des Bekanntheitsgrades der Fahrerassistenzsysteme - die praktischen Erfahrungen und das Erleben der Systeme eine wichtige Voraussetzung für die Akzeptanz darstellt.

Auch für erfahrene Autofahrer aller Altersgruppen stellt die Nutzungserfahrung mit Fahrerassistenzsystemen eine wichtige Basis für die Akzeptanz dar. Daher sollten die Möglichkeiten zum Ausprobieren neuer Assistenzsysteme verbessert und älteren Fahrer zudem eine Unterstützung in Form eines Bedientrainings angeboten werden. Im Rahmen weiterer Forschungsarbeiten soll untersucht

werden, welchen Einfluss eine erste Nutzungserfahrung auf die Akzeptanz von Fahrerassistenzsystemen hat und nach welchen Kriterien ein FAS-Training gestaltet werden sollte.

## 5. Literaturverzeichnis

Aral (2011). Aral Studie - Trends beim Autokauf 2011. (Hrsg.) Aral Aktiengesellschaft, Bochum.

Bubb, H. (2003). Fahrerassistenz primär ein Beitrag zum Komfort oder für die Sicherheit? VDI-Bericht Nr. 1768, Düsseldorf, VDI-Verlag, S.257–268.

DESTATIS (2011). Unfallentwicklung auf deutschen Straßen 2010 – Statistisches Bundesamt Wiesbaden. Wiesbaden.

DESTATIS (2011-1). Verkehr – Verkehrsunfälle 2010 – Fachserie 8 Reihe 7 – Statistisches Bundesamt Wiesbaden, 06.07..2011. Wiesbaden.

DESTATIS (2011-2). Statistisches Jahrbuch 2011 – Für die Bundesrepublik Deutschland mit >>Internationalen Übersichten << - Statistisches Bundesamt Wiesbaden, 09/2011. Wiesbaden.

Europäische Kommission (2010-1). Straßenverkehrssicherheit: Kommission stellt Maßnahmen zur Halbierung der Zahl der Verkehrstoten bis 2020 vor. Europäische Kommission (Hrsg.), IP/10/970, Brüssel (Internetquelle abgerufen am 17.12.2011).

Europäische Kommission (2010-2). Programm für die Straßenverkehrssicherheit 2011-2020: Einzelmaßnahmen. Europäische Kommission (Hrsg.), MEMO/10/343, 20.07.2010, Brüssel (Internetquelle abgerufen am 17.12.2011: <http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=MEMO/10/343&format=HTML&aged=0&language=DE&guiLanguage=en>).

Europäische Kommission (2012). European Commission 2012, Fatal Road Accidents in 27 EU Member Countries. Brüssel (Internetquelle abgerufen am 14.4.2012: <http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=IP/12/326&format=HTML&aged=0&language=DE&guiLanguage=en>).

Kraftfahrtbundesamt, Hrsg. (2011a). Anteil der Fahrer über 60 Jahre im Jahr 2011. Zugriff am 08.02.2013. Verfügbar unter [http://www.kba.de/cIn\\_030/nn\\_125398/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/2011\\_\\_b\\_\\_jahresbilanz.html#rechts](http://www.kba.de/cIn_030/nn_125398/DE/Statistik/Fahrzeuge/Bestand/2011__b__jahresbilanz.html#rechts).

Krüger, H.P. (2010). AK VII Unfallrisiko „Junge Fahrer“ - „Ursachenanalyse“. In Deutsche Akademie für Verkehrswissenschaft e.V. (Hrsg.), 48. Deutscher Verkehrsgerichtstag - Langfassung-Vortrag Prof. Dr. Hans-Peter Krüger. Goslar.

Kunert, U., Horn, M., Kalinowska, D., Kloas, J., Ochmann, R., Schulz, E. (2008). Mobilität 2025. Der Einfluss von Einkommen, Mobilitätskosten und Demografie. ifmo-studien, Berlin.

Langwieder, K. (1999). Characteristics of Car Accidents in the Pre-Crash Phase. In JSAE (Hrsg.), Proceedings of the JSAE Spring Convention (No25-99, Paper Number 9932539). Yokohama.

Langwieder, K. (1999-1). Unfallumstände bei PKW-Kollisionen junger Fahrer – Erkenntnisse der Unfallforschung in Zusammenarbeit mit der Polizei. Gesamtverband der deutschen Versicherungswirtschaft e.V. (Hrsg.). München.

Langwieder, K. (2005). Wissenschaftlicher Erkenntnisstand zu ESP. Beitrag zu Konferenz 10 Jahre ESP, 23.02.2005. Berlin.

Langwieder, K., Bengler, K., Maier, F. (2012). Effectiveness of Driver Assistance Systems and the Need of Promotion Regarding the Aim Vision Zero. Tagungsbeitrag ICrash 2012. Mailand.

OECD (2001). Aging and Transport. Mobility Needs and Safety Issues. Paris: OECD.

Statistisches Bundesamt (2009). Verkehrsunfälle 2008, Wiesbaden.

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

Trübswetter, N. & Benlger, K. (2013). Advanced Driver Assistance Systems and the Elderly: Knowledge, Experience and Usage Barriers. Proceedings of the 7th International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training and Vehicle Design. Bolton Landing, New York, June 17-20, 2013.

Wilmink, I., Janssen, W., Jonkers, E., Malone, K., van Noort, M., Klunder, G., Pirkko, R., Sihvola, N., Kulmala, R., Schirokoff, A., Lind, G., Benz, T., Petes, H., Schönebeck, S. (2008). Impact assessment of Intelligent Vehicle Safety Systems. elmpact, Socio-economic Impact Assessment of Stand-alone and Co-operative Intelligent Vehicle Safety Systems (IVSS) in Europe (Deliverable D4).



# Entscheidungsverhalten von Experten in Kernkraftwerken

Johannes Beck

## Ziel des Forschungsvorhabens

Kernkraftwerke (KKW) sind hoch komplexe Organisationen mit hohen Sicherheitsanforderungen. Zur Optimierung des Sicherheitspotentials solcher Anlagen sind die Mitarbeiter eines KKW sehr gut ausgebildet und haben eine hohe Expertise auf ihrem Fachgebiet (RS-Handbuch, 2012).

Um die Entscheidungskompetenz der Schichtteams weiter zu verbessern, ist es Ziel dieses Forschungsvorhabens, zu untersuchen, ob die in Laborstudien gefundenen Erkenntnisse zu Entscheidungsprozessen auf Schichtteams von KKW übertragen werden können. Als Grundlage zur Untersuchung und Verbesserung des Entscheidungsverhaltens der Experten sollen Erkenntnisse zur Theorie des regulatorischen Fokus (Higgins, 1997) sowie Erkenntnisse aus der Forschung zum Urteilsvermögen unter Unsicherheit (z.B. Tversky & Kahneman, 1974; Kahneman, 2011) verwendet werden.

Das Forschungsvorhaben wird in Kooperation mit der Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH durchgeführt.

## Forschungsgrundlagen und Befunde

Die *Theorie des regulatorischen Fokus* (RFT; Higgins, 1997) besagt, dass Menschen das Grundbedürfnis nach Sicherheit sowie das Grundbedürfnis nach Selbstverwirklichung haben. Deswegen nutzen Personen zwei Systeme um ihre Ziele zu erreichen und diese positiven Endzustände zu repräsentieren: den Prevention-Fokus und den Promotion-Fokus.

Personen, die mit einem Prevention-Fokus an ihre Zielerreichung herangehen, konzentrieren sich auf ihre Pflichten um ihr Grundbedürfnis der Sicherheit zu erfüllen (Fokus auf An- und Abwesenheit negativer Folgen). Dies führt zu einer genauen, jedoch zeitintensiven Bearbeitung von Aufgaben (Förster, Higgins, & Taylor Bianco, 2003).

Personen mit einem Promotion-Fokus fokussieren sich auf ihre Idealziele, um ihr Bedürfnis nach Selbstverwirklichung zu erreichen (Fokus auf An- und Abwesenheit positiver Folgen). Dies führt zu einer zielgerichteten, schnellen Erledigung von Tätigkeiten; manchmal jedoch auch zu einer erhöhten Fehlerrate (Förster et al., 2003).

Übertragen auf die Arbeitswelt bewirken diese Einflüsse, dass Personen mit einem Prevention-Fokus versuchen werden, sich an die ihnen gestellten Arbeitsaufträge zu halten, genau zu ar-

beiten und Fehler zu vermeiden. Mitarbeiter mit einem Promotions-Fokus entwickeln die Einstellung, Tätigkeiten schnell und erfolgreich abzuschließen, um sich z.B. mit weiteren spannenden Aufgaben beschäftigen zu können.

Welcher regulatorische Fokus (RF) innerhalb einer Person am stärksten wirkt, kann situativ durch bestimmte Aufgabenstellungen ausgelöst werden und vom chronischen RF der Person abhängen (z.B. Förster & Denzler, 2009). Daraus folgt, dass sich der RF von Mitarbeitern an die jeweilige Arbeitssituation anpassen lässt. Die situative Anpassung des RF in einem KKW könnte zum Beispiel durch die Art und Weise entstehen, in welcher der Schichtleiter gegenüber dem Schichtpersonal kommuniziert.

**Prevention-Fokus:** der Schichtleiter weist immer auf die Tätigkeiten hin, die nicht vergessen werden dürfen;

**Promotion-Fokus:** der Schichtleiter weist immer darauf hin, dass die Aufgaben schnell ausgeführt werden müssen.

In einer Vielzahl von Laborstudien konnten die beiden Fokussierungen, die dazugehörigen vorhergesagten Arbeitsstrategien sowie die situative Anpassung nachgewiesen werden (z.B. Crowe & Higgins, 1997; Neubert, Kacmar, Carlson, Chonko, & Roberts, 2008).

Je nach Anforderung an eine Arbeitssituation kann der eine oder andere RF, bzw. die richtige Mischung beider Fokusse in Teams, besser geeignet sein, um Tätigkeiten auszuführen (Faddegon, 2009). Der Prevention-Fokus könnte für das genaue Abarbeiten von Arbeitsaufträgen eingesetzt werden und der Promotion-Fokus für das erfolgreiche, zielgerichtete Analysieren von Fehlermeldungen bzw. unerwarteten Situationen, in denen Schnelligkeit wichtig ist.

Weitere Befunde zeigen dass ein RF Einfluss auf die Verwendung von Heuristiken<sup>1</sup> in Entscheidungssituationen unter Unsicherheit hat, in der beispielsweise nicht alle Informationen vorhanden sind (Kluger, Stephan, Ganzach, & HersHKovitz, 2004). Diesen Einfluss des RF auf das Entscheidungsverhalten kann man sich zu Nutze machen, indem die Experten Ihren RF situativ so anpassen, dass sie die „bestmögliche Entscheidungskompetenz“ besitzen und nur dann Heuristiken anwenden, wenn es sinnvoll ist. Mit „bestmöglicher Entscheidungskompetenz“ sind die Befunde aus dem Forschungsfeld Urteilsvermögen unter Unsicherheit gemeint, die belegen, dass je nach

<sup>1</sup> „Eine Heuristik ist eine Regel, die den Prozess – nicht nur das Ergebnis – einer Problemlösung beschreibt. Sie ist einfach, weil sie auf evolvierte und erlernte Fähigkeiten zugreifen kann, und sie ist intelligent, weil sie Umweltstrukturen nutzen kann“ (Gigerenzer & Gaissmaier, 2006; S. 333).

Entscheidungssituation die Verwendung von Heuristiken besser oder weniger gut geeignet ist. Mit der situativen Anpassung des RF ist somit eine Einflussmöglichkeit gegeben Entscheidungsfehler zu minimieren.

Die Forschung zu Urteilsvermögen unter Unsicherheit (z. B. Kahneman, 2011) reicht bis in die 1970er Jahre zurück. Damals beschäftigte sich die Entscheidungsforschung vorwiegend mit der Frage, wie sich Personen zwischen zwei Optionen idealer Weise entscheiden sollten, wenn ihnen alle Informationen über die beiden Wahlmöglichkeiten zur Verfügung stehen. Während dieser Forschungsarbeit zeigte sich, dass in vielen realen Entscheidungssituationen nicht immer alle Informationen zur Verfügung stehen und dass bestimmte Handlungen Ergebnisse hervorrufen, deren Ausgang in der Zukunft liegen und deshalb zu einem gewissen Anteil unsicher sind. Die Forschung beschäftigte sich daraufhin vermehrt mit der Frage, wie Menschen unter solchen Bedingungen zu Entscheidungen gelangen. Welche Entscheidungshilfen wie „Daumenregeln“ und Heuristiken sie verwenden (z.B. Gigerenzer & Todd, 1999), um Erfahrungswerte und das Übertragen von Wissen aus anderen Bereichen zu nutzen. In Laborversuchen zeigte sich, dass die Verwendung von Heuristiken für Entscheidungssituationen in denen Personen relevante Erfahrung haben besser geeignet sind als für Situationen mit komplexen Fragestellungen (z.B. Kahneman, 2011).

Da in Laborstudien gezeigt werden konnte, dass der RF von Personen die Anwendung von Heuristiken in Entscheidungsprozessen beeinflusst, kann anhand der situativen Anpassung des RF das Entscheidungsverhalten verbessert werden. Durch den angepassten RF der Personen kann die Verwendung von Heuristiken in Entscheidungssituationen gezielt beeinflusst werden. Da die Studien zur RFT sowie zur Forschung über Heuristiken und Biases bisher nur in Laborstudien mit Testpersonen durchgeführt wurden, ist es Ziel dieses Forschungsvorhabens zu überprüfen, ob die Erkenntnisse dieser Forschung auf Experten in Entscheidungssituationen im KKW übertragbar sind. Zeigen die Experten des KKW, dass der situative RF die Verwendung von Heuristiken in Entscheidungssituationen beeinflusst, dann können die Erkenntnisse aus den Laborstudien zur Gestaltung des situativen RF auf die Experten der KKW übertragen werden. Dann könnte der RF der Personen, je nach Situation (z.B. durch den Kommunikationsstil des Schichtleiters), so angepasst werden, dass eine sinnvolle Verwendung von Heuristiken bei der Entscheidungsfindung geschieht. In Abbildung 1 ist das Forschungsdesign grafisch dargestellt.

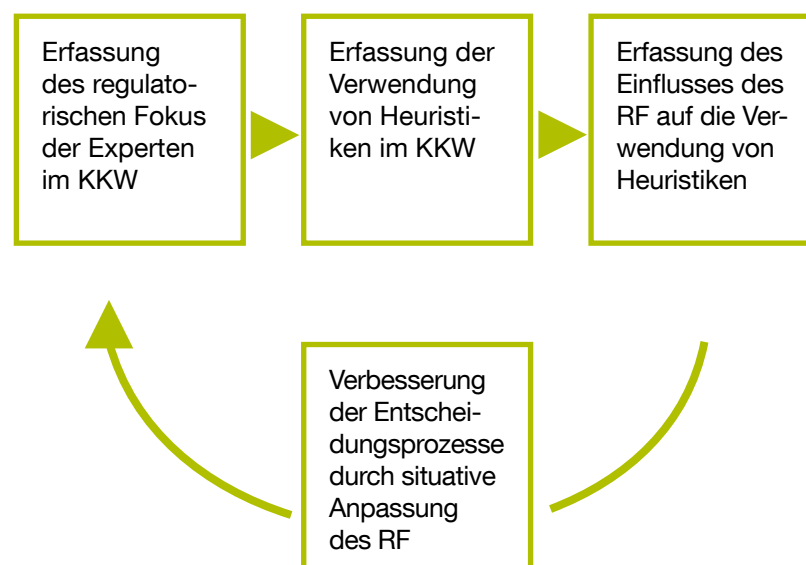


Abb. 1: Forschungsdesign

## Literatur

- Crowe, E., & Higgins, E. T. (1997). Regulatory focus and strategic inclinations: Promotion and prevention in decision-making. *Organizational Behavior & Human Decision Processes*, 69, 117-132.
- Faddegon, K.J. (2009). Regulatory focus in group contexts. Abgerufen February 16, 2012, von Leiden University, Social and Organisational psychology, Faculty of Social and Behavioural Sciences Website: <https://openaccess.leidenuniv.nl/handle/1887/13410>.
- Förster, J., Higgins, E.T., & Taylor Bianco, A. (2003). Speed/accuracy in task performance: Build-in trade-off or separate strategic concerns? *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 90 (1), 148-164.
- Förster, J., & Denzler, M. (2009). Die Theorie des regulatorischen Fokus. In V. Brandstätter & J. Otto (Ed.), *Handbuch der Psychologie: Motivation und Emotion* (S. 189-196). Göttingen: Hogrefe.
- Gigerenzer, G., & Gaissmaier, W. (2006). Denken und Urteilen unter Unsicherheit: Kognitive Heuristiken [Thinking and deciding under uncertainty: Cognitive heuristics]. In J. Funke (Hrsg.), *Enzyklopädie der Psychologie: Vol. C, II, 8. Denken und Problemlösen* (S. 329-374). Göttingen: Hogrefe.
- Gigerenzer G., & Todd P. M. (1999): *Simple heuristics that make us smart*. New York: Oxford University Press.
- Higgins, E. T. (1997). Beyond pleasure and pain. *American Psychologist*, 52, 1280-1300.
- Kahneman, D. (2011). *Thinking, Fast and Slow*. Farrar, Straus and Giroux: New York.
- Kluger, A. N., Stephan, E., Ganzach, Y., & HersHKovitz, M. (2004). The effect of regulatory focus on the shape of probability-weighting function: Evidence from a cross-modality matching method. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 95(1), 20-39.
- Neubert, M. J., Kacmar, K. M., Carlson, D. S., Chonko, L. B., & Roberts, J. A. (2008). Regulatory focus as a mediator of the influence of initiating structure and servant leadership on employee behavior. *Journal of Applied Psychology*, 93, 1220-1233.
- Pham, M.T., & Avnet, T. (2009). Contingent reliance on the affect heuristic as a function of regulatory focus. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 108, 267-278.
- RS-Handbuch (2012). Richtlinie für den Fachkundenachweis von Kernkraftwerkspersonal vom 24. Mai 2012 (GMBI. 2012, Nr. 34, S. 611). Abgerufen September 20, 2012 von Bundesamt für Strahlenschutz, Handbuch Reaktorsicherheit und Strahlenschutz (BFS) Website: [http://www.bfs.de/de/bfs/recht/rsh/volltext/3\\_BMU/3\\_2\\_0712.pdf](http://www.bfs.de/de/bfs/recht/rsh/volltext/3_BMU/3_2_0712.pdf).
- Tversky, A., & Kahneman, D. (1974). Judgment under uncertainty: Heuristics and biases. *Science*, 185, 1124-1131.

Im April 2011 startete das von der Bayerischen Forschungsstiftung geförderte Zweijahres-Projekt KOLIBRI, mit dem Ziel durch die Optimierung der Schaltzeiten von Lichtsignalanlagen (LSA; umgangssprachlich Ampeln) auf Landstraßen und die Information des Fahrers über Ampelzustände verkehrstechnische Verbesserungen zu erreichen. KOLIBRI stand und steht für Kooperative Lichtsignaloptimierung - Bayerisches Pilotprojekt. Eine zentrale Idee in KOLIBRI ist die Information des Fahrers über sein Smartphone. Anders als vorhergehende Projekte wird dabei nicht auf dedizierte Kurzreichweiten-Funkverbindungen (dedicated short range communication; DSRC) zwischen Fahrzeug und Infrastruktur gesetzt. Stattdessen werden die Schaltzeiten von einem Server bereitgestellt und über eine Internetverbindung mittels der bereits installierten Kommunikationsinfrastruktur der zweiten und dritten Generation (GSM, UMTS) abrufbar sein. Diese Lösung verursacht einen minimalen Mehraufwand für die Ertüchtigung der Lichtsignalanlagen. Die Datenverbindung zum Smartphone besteht meist schon. Eine Migration auf zukünftige Lösungen (zum Beispiel LTE) erfolgt automatisch über einen Neukauf der Geräte durch die Nutzer. Durch die Information der Fahrer mittels Smartphone ist die Ausrüstung nicht auf Neuwagen oder Fahrzeugmarken beschränkt. Die kürzeren Produktzyklen der Unterhaltungsindustrie gegenüber der Fahrzeugindustrie fallen so weniger ins Gewicht, oder können sogar positiv genutzt werden.

Im Projektkonsortium kooperieren vier Partner: Die TRANSVER GmbH übernimmt neben der Projektleitung die Planung der verkehrstechnischen Methoden und Verfahren. Die Konzeption, Modellierung und Qualitätssicherung der Steuerungsverfahren, sowie der Prognose und Bereitstellung der Schaltzeiten erfordern eine enge Zusammenarbeit mit der Obersten Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Inneren (OBB), die im Projekt durch die Zentralstelle Verkehrsmanagement (ZVM) vertreten ist. Die ZVM koordiniert die Zusammenarbeit mit den Straßenbauämtern und Signalbaufirmen, und steuert den Informationsaustausch zu Dienststellen der Polizei. Die Anbindung und der Zugriff auf die Verkehrsinfrastruktur sind für die Projektpartner dadurch sichergestellt. Mit Sensoren zur Erhebung der Verkehrsbelastungen in den Testfeldern und Befahrungen liefert die ZVM die Bewertungskriterien als Grundlage für das Qualitätsmanagement der durchgeführten Maßnahmen. Die BMW AG stellt innerhalb

des Projektes ein Demonstrationsfahrzeug, das den Fahrer mit einem Onboard-Ampelassistenten unterstützt.

Der Lehrstuhl für Ergonomie fokussiert im Projekt die Information des Fahrers über Smartphones als aussichtsreiche Variante. In Experimenten und Studien erfolgt die ablenkungsarme, ergonomische Auslegung der Fahrerinformation. Die zwei Hauptziele sind die Mensch-Maschine-Schnittstelle (Human Machine Interface; HMI) einerseits so ablenkungsarm und sicher wie möglich zu gestalten, andererseits aber auch ein HMI zu finden, dass Gefallen und Zuspruch findet, um von Nutzern verwendet zu werden.

Für das Projekt sind zwei Teststrecken vorgesehen: Ein etwa 7 Kilometer langer Abschnitt der B13 zwischen Garching-Hochbrück und der Landkreisgrenze Dachau mit sieben lichtsignalgeregelten Kreuzungen sowie ein Abschnitt von etwa 5 Kilometern Länge der St2145 in der Nähe von Regensburg zwischen Obertraubling und Barbing mit acht Kreuzungsampeln.

Nachfolgend wird der erfolgte Projektverlauf beschrieben. Hauptaugenmerk liegt dabei auf den Arbeiten die am Lehrstuhl für Ergonomie geleistet wurden. Eine frühe Publikation mit dem zu Beginn am Lehrstuhl geplanten Projektverlauf, sowie dem Stand der Technik ist in (Krause et al. 2012) zu finden.

Die erste Arbeitsphase am Lehrstuhl erfolgte im statischen Fahrsimulator. Der Teilabschnitt der B13 wurde für den Fahrsimulator nachgebildet. Für das Smartphone wurden fünf Anzeigevarianten beschrieben, die prototypisch umgesetzt und in einem Probandenversuch im Simulator hinsichtlich ihres objektiven Einflusses auf Blick- und Fahrverhalten sowie dem subjektiven Gefallen erprobt wurden. Die objektiven Fahrdaten wurden im Rahmen des Human Factors Workshops des IEEE Intelligent Vehicles Symposium 2012, Madrid präsentiert und veröffentlicht (Krause et al. 2012). Die Blickdaten, sowie subjektive Werte wurden auf der 4th AHFE Conference 2012, San Francisco vorgestellt (Krause et al. 2012).

Mittels der objektiven Fahrdaten konnte kein HMI selektiert werden. Die Fahrdaten mit Ampelassistenten zeigten für das Simulatorsetup aber im Mittel eine Verbrauchsreduktion um 20% gegenüber einer Vergleichsbedingung, sowie eine Abnahme geschwindigkeitsbedingter Verkehrsverstöße.



Auch aufgrund der gemessenen Blickdaten musste kein HMI direkt ausgeschlossen werden. Mittels der subjektiven Urteile der Probanden war es möglich zwei HMIs aus der engeren Auswahl zu nehmen. Aus den drei verbleibenden Konzepten konnte mit Berücksichtigung der Rangreihenfolge der Verkehrsblindzeit die Wahl näher auf zwei Varianten eingrenzt werden. Bei einer dieser Varianten handelte es sich um eine Tachodarstellung auf dem Mobiltelefon. Ein mit der fahrzeugfesten (verbindlichen) Anzeige konkurrierender Tachometer auf dem Smartphone scheint aber wenig erstrebenswert. Zusätzlich lässt sich die favorisierte Alternative (Abbildung 1) ohne Ziffern realisieren und unterstützt so die Darstellung auf verschiedenen Displaygrößen und bei verschiedenen Modi (Landscape/Portrait), wobei die Ablesbarkeit aus ergonomischer Sicht gewährleistet bleibt. Aus diesen Gründen wurde die Anzeige aus Abbildung 1 für den weiteren Projektverlauf als HMI der Smartphoneapplikation ausgewählt. Für die Implementierung in ein Onboardsystem wurde BMW die Integration in den Tachometer nahegelegt. Das gute Abschneiden der Tachovariante ist wenig überraschend, bereits in der Dissertation von Thoma (Thoma, 2010) zeigte dieses Konzept die besten Ergebnisse.

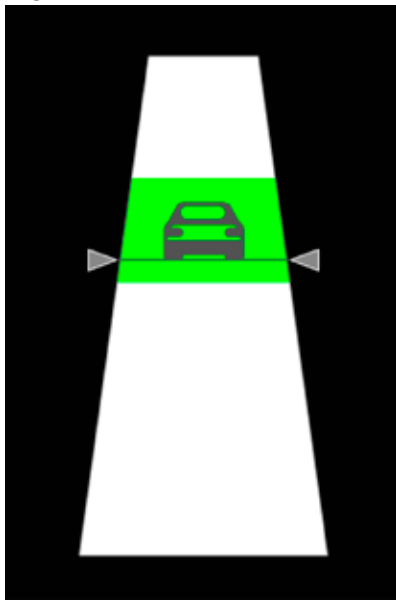


Abb. 1: HMI-Variante „Geschwindigkeitsteppich“

In einem zweiten Fahrsimulatorexperiment konnten die Versuchsteilnehmer das aus dem ersten Versuch hervorgegangene HMI (Abbildung 1) in mehreren Parametern an ihre persönlichen Vorstellungen anpassen. Im selben Experiment wurde erneut das Blickverhalten erfasst und mit einer

Unterart eines Detection Response Tasks (DRT), dem Tactile Detection Task (TDT), wurden objektive Werte für die mentale Beanspruchung des Fahrers ermittelt. Bei DRTs wird den Probanden wiederkehrend in zufälligen Abständen ein Signal gegeben, das durch einen möglichst zügigen Tastendruck zu quittieren ist. Bei einem TDT erfolgt das Signal taktil durch einen Vibrationsmotor. Bei mental beanspruchenden Aufgaben verlangsamt sich die Detektion und Reaktion der Probanden, oder bleibt eventuell sogar ganz aus.

Parallel zum ersten und zweiten Fahrsimulatorexperiment wurde online und papierbasiert eine Umfrage zur aktuellen Nutzung von Mobiltelefonen und Apps im Zusammenhang mit der Fahrzeugnutzung durchgeführt (Krause et al. 2013). Dabei wurden auch die generelle Akzeptanz und Bedenken für einen Ampelassistenten auf einem Smartphone abgefragt. Eine Grundvoraussetzung für die sichere Nutzung des Ampelassistenten auf einem Smartphone im Fahrzeug ist das Vorhandensein und die regelmäßige Nutzung einer Fahrzeughalterung für das Smartphone. An der Umfrage nahmen etwa 800 Personen teil. Von denen etwa 700 vollständige Fragebögen ausgewertet werden konnten. Während gut 80% der Männer eine „Ampelapp“ nutzen würden, sind dies bei den Frauen nur etwas mehr als 50%. Die Grundvoraussetzung (regelmäßige Nutzung einer Halterung) ist derzeit nur bei weniger als 4% gegeben.

Im März 2012 wurde der für KOLIBRI nutzbare Abschnitt der B13 wochentags in einem definierten Zeitfenster auf eine durch TRANSVER geplante koordinierte Festzeitsteuerung umgestellt (auch bekannt als Grüne Welle). Diese Konfiguration wurde genutzt, um die determinierten Schaltzeiten in einem Smartphone zu speichern und den Ampelassistenten auf der realen Strecke zu erproben. Der geplante Zeitraum der Ampelschaltung konnte durch die freundliche Unterstützung der ZVM für den Sommer beibehalten werden, sodass der Ampelassistent real auf der Strecke in drei Experimenten getestet werden konnte.

Zwanzig Versuchspersonen fuhren in einem Within-Experimentdesign sowohl im Simulator als auch Feld den Ampelassistenten. Die Auswertungen und Ergebnisse konzentrieren sich dabei nicht nur speziell auf die KOLIBRI-Fragestellungen, sondern beleuchten auch, wie das individuelle Fahrverhalten in Simulator und Realität übereinstimmt. Die Versuche werden noch weitergehend ausgewertet.

In zwei weiteren Experimenten wurde der KOLIBRI-Ampelassistent ebenfalls auf der B13 erprobt: Eine Versuchsreihe wandte dabei den bereits im Fahrsimulator verwendeten TDT an, um objektive Werte für die kognitive Beanspruchung zu erhalten. Die Ergebnisse zeigen keine kognitive Mehrbelastung durch den Ampelassistenten (Knott et al. 2013).

Eine weitere Versuchsreihe widmete sich dem Blickverhalten unter Nutzung des Ampelassistenten im Realverkehr. Dabei wurde die Displaygröße des mobilen Endgerätes variiert und ein zusätzlicher akustischer Hinweis erprobt.

Ein Vergleich von subjektiven Werten zwischen den unterschiedlichen Experimenten, findet sich in (Krause et al. 2013).

In den zuvor beschriebenen Experimenten kamen zügig entwickelte Demonstratoren (Rapid Prototyping) zum Einsatz. Dabei wurde auf die Adobe Integrated Runtime (AIR) zurückgegriffen. Viele Funktionen, wie die Synchronisierung des Smartphones auf die Zeitbasis der Ampeln, erforderten zusätzliche Programme, manuelle Eingriffe des Versuchsleiters und gerootete (manipulierte) mobile Endgeräte. Somit handelt es sich bei den Demonstratoren keinesfalls um eigenständige Apps, mit einer dem Nutzungskontext angepassten Erscheinung, wie zum Beispiel Begrüßungsbildschirm, Erklärungen, Fehlermeldungen und Automatisierung von Handlungsschritten.

Mit den Ergebnissen aus den Versuchen wurde am Lehrstuhl nun eine Android-App erstellt (siehe Abbildung 2 bis Abbildung 6). Diese dient zunächst zu Demonstrations- und Forschungszwecken, ist aber der nächste konsequente Schritt hin zu einer potentiellen breiten Verfügbarkeit. Der Abschnitt der B13 wurde im Frühjahr 2013, wieder durch die Projektierung TRANSVERs, in einem definierten Zeitfenster auf eine koordinierte verkehrsabhängige Ampelsteuerung umgestellt. Somit reagieren die Ampeln auf den Verkehrsfluss und die Schaltzeiten sind nicht mehr vollständig determiniert. Die Schaltanlagen wurden aber entsprechend ertüchtigt ihre Zustände an einen Server zu übertragen. Dieser von TRANSVER implementierte Server prognostiziert basierend auf historischen Daten, wie sich die Ampeln voraussichtlich verhalten werden. Im letzten Projektschritt werden diese Schaltzeitprognosen an ein BMW-Demonstrationsfahrzeug und die Smartphone-App übertragen.



Abb. 2: Ankunftshinweis im Portraitmode. Die „Heuerampel“ in der rechten oberen Ecke zeigt den aktuellen Zustand der nächsten Ampel. Die Vorausberechnung hat ergeben, dass mit einer verkehrssicheren Fahrweise die nächste Ampel nur noch bei Rot zu erreichen ist. Dem Fahrer wird daher „Halt in 1400m“ angezeigt.

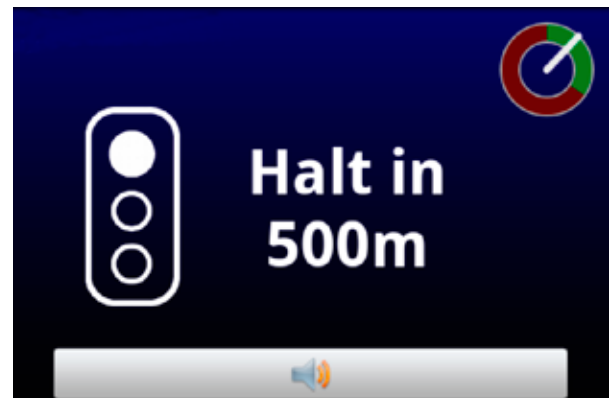


Abb. 3: Ankunftshinweis im Landscapemode.

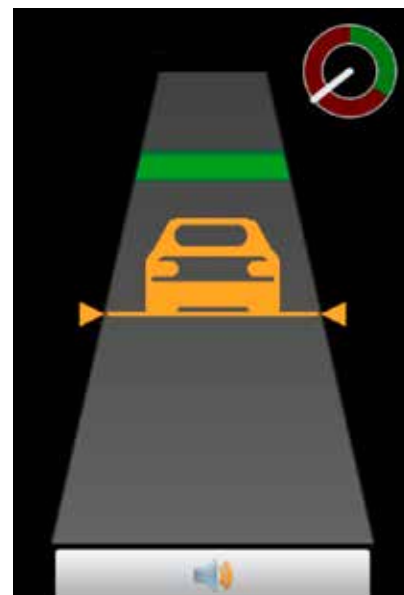


Abb. 4: Portraitmode: Es ist möglich mit einer verkehrssicheren Fahrweise die nächste Ampel bei grün zu erreichen (grüner Bereich). Der Fahrer fährt aber aktuell zu langsam.

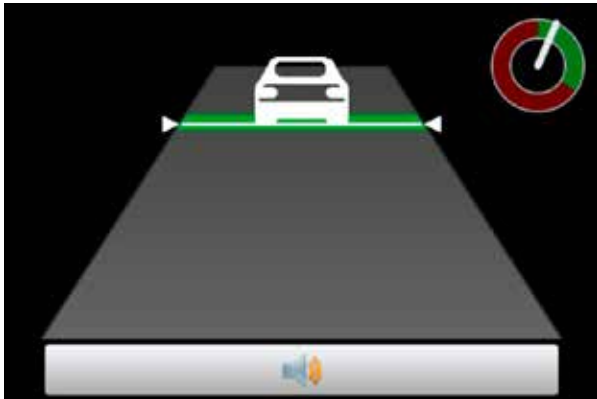


Abb. 5: Landscapemode: Der Fahrer hat seine Geschwindigkeit angepasst und wird die Ampel voraussichtlich bei Grün erreichen.



Abb. 6: Hinweis im Portraitmode. Der Fahrer hat die erlaubte Geschwindigkeit mehr als geringfügig überschritten

In einem letzten Versuch soll untersucht werden, ob es auch basierend auf unsicheren Daten möglich ist, den Fahrer zu informieren.

Fragestellungen, die in KOLIBRI ausgeklammert wurden, oder bei der Bearbeitung auftauchten, sind unter anderem die Sicherheit der Informationsübertragung und die Berücksichtigung von LKWs und anderen „Nicht-PKWs“. Die Kopplung mit Navigationsinformationen sowie die Verknüpfung mit Informationen über den Straßenzustand und dem Wetter, eine Rückstauschätzung, die Nutzbarkeit abhängig von der Verkehrsdichte (Morgenspitze), Anreizsysteme zur Nutzung des Systems, die Langzeitnutzung des Systems sowie das Verhalten bei langen Anfahrten zur nächsten Ampel auf Landstraßen (> 6 km) stellen weitere Fragestellungen dar.

Die in KOLIBRI erarbeitete und installierte Architektur soll weiterhin betrieben werden und so für potentielle Nachfolgeprojekte zur Verfügung stehen.

## Literatur

Knott, V., Krause, M., & Bengler, K. (2013). Einsatz des KOLIBRI-Ampelassistenten im realen Straßenverkehr – Eine kognitive Belastung für den Fahrer?. 59. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft. Dortmund: GfA Press.

Krause, M., & Bengler, K. (2013). My Phone, My Car and I - And Maybe a Traffic Light Assistant. In R. Ege & L. Koszalka (Eds.), *ICONS 2013, The Eighth International Conference on Systems* (pp. 33–39), 27th January-1st February Seville. IARIA XPS Press.

Krause, M. & Bengler, K. (2012). Traffic Light Assistant Evaluation of Information Presentation. In *Advances in Human Factors and Ergonomics 2012. Proceedings of the 4th Ahfe Conference* (pp. 6786-6795). CRC Press.

Krause, M. & Bengler, K. (2012). Traffic Light Assistant – Driven in a Simulator. In *Proceedings of the 2012 International IEEE Intelligent Vehicles Symposium Workshops*.

Krause, M., & Bengler, K. (2013). Subjective Ratings in an Ergonomic Engineering Process at the Example of an In-Vehicle Information System. In *Proceedings of the HCI 2013* (in press).

Krause, M., Rommerskirchen, C., & Bengler, K. (2012). Ampelassistent – Entwurf und Evaluation der Informationspräsentation. In *Gestaltung nachhaltiger Arbeitssysteme*; 58. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (pp. 627–630). Dortmund: GfA Press.

Thoma, S. (2010). *Mensch-Maschine-Interaktionskonzepte für Fahrerassistenzsysteme im Kreuzungsbereich* (Dissertation). TU München, München.

# Mobile Messplattform

Michael Krause

Am Lehrstuhl entsteht im Rahmen des Projektes UR:BAN (<http://www.urban-online.org>) eine mobile Messplattform. Dabei sollen Smartphones oder vergleichbare Geräte zur Messdatenerfassung herangezogen werden. Die Motivation stammt aus dem bisherigen Vorgehen bei der Durchführung von Feldtests, dabei tauchen im Entwicklungsprozess interessante Fragestellungen auf: Wie nutzen Personen ein neues System? Vor einigen Jahren zum Beispiel Navigationsgeräte. Kommt es zu Veränderungen in der Fahrzeugnutzung, im Fahrverhalten usw.?

Beim bisherigen Vorgehen kann nach der Projektbeantragung und -planung mit der Bearbeitung begonnen werden, beispielsweise mit dem Aufbau einer Flotte. Je nach Fragestellung und System werden dazu Vorserien- oder Serienfahrzeuge ausgewählt, die entsprechenden Fachabteilungen werden einbezogen und die Datenaufzeichnung spezifiziert. Nachdem die Fahrzeuge in eine Werkstatt gebracht und entsprechend umgerüstet wurden, kann der Feldversuch beginnen. Wurden Daten über einen entsprechenden Zeitraum gesammelt, wird typischerweise mit der Auswertung begonnen; durch die großen Datenmengen kommt eine versuchsbegleitende, zeitnahe Übertragung auf einen Server meist nicht in Betracht. Wenn alles funktionierte, kann frühestens nach einigen Jahren die anfängliche Fragestellung beantwortet werden. Der späte Informationsgehalt könnte recht gering sein und die Daten beziehen sich auf eine Systemausprägung und ein Probandenkollektiv, die sich wahrscheinlich schon weiterentwickelt haben.

Ähnlich der Metapher einer Supernova: Eine gerade beobachtbare Sternenexplosion hat sich womöglich vor einigen Millionen Jahren ereignet.

Die Motivation für die mobile Messplattform ist es somit, ein zügiges und preiswertes Vorgehen zu ermöglichen. Hierzu bieten sich die weitverbreiteten und als Massenartikel kostengünstig verfügbaren Smartphones an. Ein modernes Smartphone verfügt heute typischerweise über ein Touchdisplay, auf dem einem Probanden beispielsweise Fragen gestellt werden können. Die Geräte verfügen praktisch alle über eine schnelle Internetverbindung, mit der Daten problemlos bidirektional ausgetauscht werden können. Über Bluetooth und WLAN bestehen weitere Kommunikationsmöglichkeiten. Die Sensorik besteht meist aus einer, manchmal zwei Kameras. Die Ausrüstung der Geräte mit GPS-Empfängern ist auch sehr verbreitet. Je nach Preis, Plattform und Hersteller sind Gyroskop, Magnetometer, Beschleunigungssensoren, Helligkeitssensor, Temperaturfühler, Feuchtigkeitsmesser und weitere Sensorik verbaut. Des Weiteren sind die Geräte mit diversen internen Speichervolumina und Speicherkarten erhältlich.

Das Vorgehen Bewegungsdaten und Messwerte zu übertragen ist nicht neu und kann in den Bereich M2M (Machine-to-Machine) eingeordnet werden. Neben diversen proprietären Lösungen im professionellen Bereich (zum Beispiel zum Flottenmanagement) haben auch Forschungseinrichtungen Smartphones als Messplattform im Einsatz. So verfügt der Lehrstuhl für Maschinen- und Fahrzeugtechnik der TU München ebenfalls über eine entsprechende Plattform und unterstützt den Lehrstuhl für Ergonomie mit einer iPhone-basierenden mobilen Messplattform bei der Durchführung des Projektes eMUC (Flotten-Feldtest zur Elektromobilität).

Im Nachfolgenden sollen die Anforderungen, das Systemdesign und die gewählte Umsetzung, aber auch Systemgrenzen beschrieben werden, die für die mobile Messplattform des LfE gelten.

## Betriebssystem

Aufgrund vorheriger positiver Erfahrungen, Stabilität und Verfügbarkeit wurde als Softwareplattform für den Einsatz am LfE Android gewählt. Android wird von vielen Herstellern (z.B. Samsung, HTC, Sony, LG, Motorola) verwendet. Es besteht somit Zugriff auf eine breite Palette von verschiedenen Hardwareplattformen.

## Stromversorgung

Je nach Nutzungsszenario und Programmierung ist der Smartphoneakku beispielsweise bei fortwährendem Tracking, gegebenenfalls schnell erschöpft. Für die verschiedenen Einsatzszenarien wurden entsprechende Lösungen am Lehrstuhl evaluiert (beispielsweise Powerbanks, Bleigelakkuversorgungen, selbstbootende Geräte).

## Datenerhebung

Die zu protokollierenden Daten (zum Beispiel Position und Beschleunigung) werden im Arbeitsspeicher gesammelt. In einem festzulegenden Intervall (typ. mehrere Minuten) werden die Daten je nach Gerät und Konfiguration auf den internen oder externen Speicher geschrieben. Bei externem Speicherungswunsch wird der interne Speicher als Fallbackebene genutzt (zum Beispiel im Fall einer entnommenen oder losgerüttelten Spei-



cherkarte). Das Speicherintervall bestimmt auch den maximalen Datenverlust beim Versagen des Gerätes.

## Datenübertragung

Die durch die Erhebung gespeicherten Daten werden mit Statusinformationen des Smartphones ergänzt. Um den aktuellen Zustand des Gerätes einschätzen zu können, werden über 40 Parameter abgefragt und protokolliert. Nach dem Speichern werden die Daten direkt übertragen. Dem Speicherzyklus zur Datenerhebung ist ein schnell getakteter Zyklus zur retrospektiven Synchronisation überlagert. Sollte es nicht möglich sein, die Daten direkt nach der Speicherung zu übertragen (kein Netz, Verbindungsabbruch, etc.), werden die Daten auf dem Gerät gesammelt und zyklisch versucht, die Daten chronologisch rückwärts mit dem Server zu synchronisieren. Je nach Einsatzzweck können die Daten nach der Übertragung auf dem Gerät automatisch gelöscht werden, oder dort auch als Backup bleiben. Die Daten werden automatisch durch Zeitstempel benannt und tageweise in Ordner abgelegt. Je nach Einsatzzweck ist für einige Versuche die Übertragung auch überhaupt nicht notwendig.

## Datensicherheit

Bei den erhobenen Daten kann es sich mitunter um sensible personenbezogene Daten wie Bewegungsprofile handeln. Daher werden die Daten, sofern notwendig oder gewünscht, verschlüsselt abgelegt. Um dies performant durchführen zu können, kommt eine Kombination aus asymmetrischer und symmetrischer Kryptographie zum Einsatz. Das Gerät erhält vor seinem Einsatz den öffentlichen Schlüssel des Servers (RSA), erzeugt für jede Datenspeicherung einen zufälligen symmetrischen Schlüssel (AES) und verschlüsselt diesen mit dem öffentlichen Schlüssel. Die Verschlüsselung der Daten erfolgt dann symmetrisch. Der Server kann mit seinem privaten Schlüssel den zufälligen symmetrischen Schlüssel wiedergewinnen und die Nachricht dekodieren. Mit diesem Mechanismus wird insbesondere die Datenablage auf dem Gerät gesichert. Die Datenübertragung kann unabhängig davon über SSL/TLS erfolgen. Dazu werden die Geräte vor dem Einsatz mit dem Serverzertifikat ausgerüstet.

## Serverseitige Datenspeicherung

Der Server befindet sich in den Räumen des Lehrstuhls. Je nach Einsatzzweck kann es ausreichend sein, die von den mobilen Messplatt-

formen empfangenen Daten in einer einfachen Ordnerstruktur abzulegen. Diese können aber auch in eine Datenbank eingepflegt werden. Dazu wird eine MySQL-Konfiguration mit Master- und Slaverechner betrieben. Die empfangenen Daten werden dem MySQL-Master übergeben; der replizierte Slaverechner dient sowohl zur Abarbeitung der lesenden Auswertungsanfragen als auch für Backupzwecke. Liegen die Daten in der Form der Datenbank vor, besteht die Hauptaufgabe bei der Auswertung in der Formulierung geeigneter SQL-Statements.

## Diverses

Für einige Zwecke kann es vorteilhaft oder gar erforderlich sein, die Software auf den Geräten zügig auszutauschen oder zu aktualisieren. Diese Option wurde berücksichtigt und implementiert. Sind die Geräte – wie am Lehrstuhl üblich – „gerootet“, kann dies ohne Nutzereingriff erfolgen und wurde bereits erfolgreich getestet.

Trotz sorgfältiger Programmierung kann es zu Fehlern oder Problemen kommen. So kann das Betriebssystem bei Ressourcenknappheit beliebige Applikationen und Prozesse, wie auch die Datenerfassung, beenden. Eine zweite leichtgewichtige Applikation überwacht als Softwarewatchdog die Funktion der Datenerfassungssapp und startet das Gerät bei Fehlfunktion neu. Beide Applikationen starten nach Systemstart automatisch. Diese getestete Lösung erreicht zwar nicht die Sicherheit von Hardwarewatchdogs, kann aber bei entfernten und schwer zugänglichen Systemen einen zusätzlichen Beitrag zur Funktionssicherheit liefern. So verfügt der Softwarewatchdog ebenfalls über eine getrennte Updatefunktion, falls es zu Fehlern bei der Aktualisierung in der Datenerfassungssapp kommt.

## Erweiterungen

Die Datenerfassungssapp kann neben der Abfrage der internen Sensorik weitere Daten mit aufzeichnen. Die Erweiterungen können dabei sowohl in die App integriert werden, als auch als eigenständige App implementiert werden, die die zu protokollierenden Daten an die Datenerfassungssapp übergibt.

Zwei getestete Beispiele:

- Verändert man eine virtuelle Bildschirmstastatur so, dass die Eingaben und Aktionen als Nachrichten an die Datenerfassungssapp übergeben werden, entsteht ein Keylogger der die Tastatureingaben protokolliert und überträgt.

- Durch die Android-Java-Klassen ist es möglich, ein Bluetooth OBD-Interface (On-Board-Diagnose) in der Datenerfassungssapp anzusprechen. Mit dem Interface können Daten eines Fahrzeugs abgefragt werden und zusätzlich zur internen Sensorik des Smartphones geloggt werden.

## Beschränkungen

Die graphische Aufbereitung der Datenerfassung wurde bisher nur prototypisch umgesetzt. Das Hauptaugenmerk liegt in der Erfassung, Übertragung und Speicherung der Daten. Dennoch liegt eine Demonstration vor, die einen GPS-Track in Google Maps sowie Messkurven anzeigen kann. Darauf aufbauend kann in Studienarbeiten oder Projekten eine Visualisierung implementiert werden.

Für die Messwertabfrage ist problematisch, dass die hardwarenahe, geräteinterne Algorithmik bei der Messwertabfrage (wie Sampleraten, aktivierte Filter in ICs, Softwareglättungen, eventuelle Bereichsumschaltungen, etc.) als Blackbox gekapselt ist.

Die große Bandbreite an verfügbaren Hardwareplattformen und die von den Herstellern getroffenen Designentscheidungen sind nicht nur ein Vorteil, sondern können auch nachteilig sein. So ist beispielsweise bei einigen Smartphones die Funktionalität der Beschleunigungssensorik an die Hintergrundbeleuchtung gekoppelt. Eine stromsparende Beschleunigungsdatenerfassung mit ausgeschaltetem Display ist mit diesen Plattformen nicht möglich.

Auch sollte berücksichtigt werden, dass die Sensorik in den Smartphones vorgesehen wurde, um beispielsweise den Bildschirm entsprechend der Lage zu drehen oder Spiele zu steuern und nicht um Messdaten zu erfassen. Dennoch hat sich bereits in einigen Versuchen am Lehrstuhl gezeigt, dass mit den preiswert und schnell aufzuzeichnenden Daten Unterschiede in Fahrweisen detektiert oder Bewegungsprofile erstellt werden können.

Dies bedeutet aber auch, dass die Plattformen und die Datenerfassungssoftware für den jeweiligen Zweck auszuwählen, anzupassen und vor Allem zu testen sind. Je nach Kritikalität der Anwendung muss die gewählte Lösung gegebenenfalls gegen eine bestehende etablierte Messdatenerfassung validiert werden.

## Zukünftige Entwicklung

Derzeit wird für die Messplattform noch ein Arduino (Mikrocontrollerplattform) über WLAN angebunden. Das Arduino-Board ist auch von elektronisch Unerfahrenen schnell zu programmieren. An das Board lassen sich diverse weitere Sensoren ankoppeln.

Im Rahmen von UR:BAN sollen grundlegende Funktionalitäten der Messplattform mindestens in einem Versuch validiert werden. Gegebenenfalls wird bei diesem Versuch ein bestehendes Datenerfassungssystem als Referenz verwendet.

Der Lehrstuhl sieht die Eigenimplementierung durch den direkten Zugriff auf die Quelltexte und Daten als wichtig an. In weiteren Versuchen soll erprobt werden, wie sich die Datenerfassung auch über die reine Bewegungserfassung mit GPS- und Beschleunigungswerten hinaus für Experimente am Lehrstuhl einsetzen lässt.

Applikationen wie Drivea und iOnRoad (Spurverlassens- und Auffahrwarnung für Android) zeigen, dass die Rechenkapazität der Smartphones prinzipiell ausreichend ist, um Echtzeitbildverarbeitung auf den Geräten auszuführen. Mit Bibliotheken wie openCV für Android könnte geprüft werden, ob die erzielbaren Ergebnisse für Versuche am LfE bereits ausreichend sind.

Die Aufzeichnung von Videos ist mit wenigen Zeilen Java möglich. Für Versuche ist es aber gegebenenfalls wünschenswert, lediglich die Videoereignisse kurz vor und nach einem auslösenden Ereignis (zum Beispiel einer starken Bremsung) zu erfassen. Hier könnte mit Bibliotheken wie ffmpeg eine Lösung geschaffen werden, die in einem Puffer Videodaten vorhält und erst bei Auftreten eines Ereignisses speichert.

Um die mobilen Geräte für die Abfrage von Meinungen und das Ausfüllen von Fragebögen zu nutzen, wird gerade im Rahmen einer studentischen Arbeit geprüft, welches der verfügbaren Templates des Open-Source-Projektes LimeSurvey dafür am geeignetsten ist, und welche Änderungen eventuell notwendig sind.

Von zukünftigen technischen Entwicklungen wie LTE, höherer Rechenleistung, größerem Speichervolumen und besserer Sensorik kann vergleichsweise einfach durch den preiswerten Neukauf eines Smartphones profitiert werden.

# HFE- Der neue Studiengang Aus der Sicht der Studenten

Lisi Wasmer

Seit dem Herbst vergangenen Jahres hat die TU ihr Studienangebot um den Master „Human Factors Engineering“ erweitert. 20 Studenten haben das Angebot genutzt und inzwischen ihr erstes Semester in diesem Studiengang absolviert, Erfahrungen gesammelt, sich eingefunden.

Als sich die Gruppe zu Beginn des Wintersemesters das erste Mal trifft, wird schnell klar: Der Studiengang ist trotz seiner Verortung im Maschinenbau-Gebäude in Garching keineswegs nur dieser Disziplin vorbehalten. Tatsächlich findet sich unter den 20 HFE-Studenten nur ein einziger Maschinenbauer. Der Großteil der Gruppe kommt hingegen aus anderen Fachrichtungen wie etwa der Sportwissenschaft, der Psychologie oder vom Industrial Design. Diese Vermischung unterschiedlicher Wissenschaften ist nicht nur im Sinne des seit jeher interdisziplinär ausgelegten Lehrstuhls für Ergonomie, an dem der HFE-Master beheimatet ist. Sie wird auch dem Aufbau des Studiengangs gerecht: Aus einem breiten Angebot an technischen, sportwissenschaftlichen oder etwa psychologischen Lehrveranstaltungen lässt sich ein individueller Stundenplan zusammenstellen, ganz nach persönlichen Vorlieben und Interessen. Wie das so ist, wenn viele Wege offen stehen, fällt auch zu Beginn des HFE-Studiums die Orientierung nicht immer leicht. Das kann wörtlich verstanden werden, denn auch wenn sich die Architekten des Maschinenbau-Gebäudes bei der Gestaltung gemäß der Fakultät an einer Schraube orientiert haben, wodurch Räume angeblich ganz leicht zu finden sind – für Nichtmaschinenbauer ist die Kaffeebar im Hof 3 noch der beste Anhaltspunkt für die Suche nach Vorlesungssälen. Und auch im Internet, sei es auf TUMonline oder Moodle, kann man sich schon mal verirren.

Nachdem mit der Stundenplanerstellung die erste Hürde auf dem Weg durch den Master jedoch gemeistert ist, heißt es für uns Studenten, sich an die Vorlesungen gewöhnen. Wie die Gallier sitzen wir in den Hörsälen, umzingelt von Maschinenbau-Divisionen, für die die meisten Veranstaltungen eigentlich konzipiert sind. Da kann es auch mal vorkommen, dass man sich zurückwünscht in vergangene Bachelorzeiten, wo noch nicht jedes zweite Beispiel aus der Mechanik, alle anderen aus der Fahrzeugindustrie stammten.

Und trotzdem: Wir fühlen uns nicht fremd. Schon allein deshalb, weil man zu diesem kleinen Kreis der HFE-Studenten gehört. Auch das ist der Reiz dieses Masters: Nicht unterzugehen in einer anonymen Masse, sondern gemeinsam mit den Kommilitonen durch das Semester zu steuern. Es erinnert ein wenig an eine Schulklasse, wenn in den Pausen gemeinsam Kaffee getrunken wird, Karten gespielt oder gelernt. Ein Zusammengehörigkeitsgefühl, das gerade durch die Heterogenität

des wissenschaftlichen Hintergrunds eines jeden immens gewinnt. Und wie könnte man sich auch unwohl fühlen an einer Universität, an der man schon am ersten Studientag drei jungen Herren im Innenhof begegnet, jeder mit einem Weißbier bewaffnet und im Begriff, einen immensen Grill fürs Abendessen anzufeuern? Man hat schnell verstanden: Neben der akademischen Expertise ist auch das soziale Miteinander ein wichtiger Teil dieser Hochschule.

So wird es uns von Anfang an leicht gemacht, uns als Teil der TU zu fühlen. Dazu trägt nicht zuletzt die hervorragende Betreuung durch die Mitarbeiter des Ergonomie-Lehrstuhls bei. Man merkt: Es kümmert sich jemand um uns. Fragen werden schnell und hilfreich beantwortet (eine Qualität, die man, kommt man von anderen Universitäten, vielleicht erst an der TU richtig zu schätzen lernt), an Probleme wird herangegangen. Das ist wichtig, denn wie jeder neue Studiengang leidet auch der HFE-Master an Kinderkrankheiten. Da gibt es Pflichtmodule, denen wir nicht gewachsen zu sein scheinen, da gibt es fünf Klausuren in einer Woche, wo der Prüfungszeitraum doch eigentlich zwei Monate umfasst. Da gibt es einfach so manches Sandkorn im Getriebe, das die Maschine noch nicht rundlaufen lässt.

Dass man sich als HFE-Student trotzdem wohl fühlt, ist nicht zuletzt Andreas Haslbeck zu verdanken, der regelmäßig Rücksprache mit uns hält, ein offenes Ohr für unsere Anregungen hat und uns hilfsbereit zur Seite steht. Und auch die Lehrstuhlleitung zeigt sich nahbarer als das an so manch anderer großen Universität die Regel ist, sei es bei der Weihnachtsfeier oder durch das Tragen des eigens entworfenen HFE-Pullovers.

So ist uns also trotz kleiner Stolperfallen ein gelungener Start in den Master gelungen, mit vielen neuen Einblicken und einer Fülle an neuen Herausforderungen. Voller Zuversicht, dass wir auch diese gemeinsam in den Griff bekommen werden freuen wir uns auf das kommende Semester, auf den Sommer, spannende Vorlesungen – und wer weiß, vielleicht können ja auch wir noch irgendwo einen Grill aufreiben.



## Das Motiv

Der Alptraum für jeden Freerider oder Tourengerher: Der Hang beginnt sich plötzlich zu bewegen, die tragfähige Oberfläche scheint sich in einen fließenden Strom zu verwandeln, und die Schussflucht aus den abgleitenden Schneemassen misslingt. Oder sie ist, weil sich die Bindung im Aufstiegmodus befindet, nicht möglich. Der bekannte Bergjournalist Edi Koblmüller analysiert detailliert in der Ausgabe 1/2006 der Zeitschrift bergundsteigen eine selbst erlebte Lawinenverschüttung, die er Dank der schnellen Hilfe seiner 6 Begleiter, LVS-Gerät und ABS überlebt hat. Nachdem es ihm gelungen war, seinen ABS auszulösen spürt er einen „...starken Zug an den Beinen“. Trotz seines Airbags wird er vollständig verschüttet in einer Lage, die er so beschreibt: „Körperposition relativ aufrecht, mit stark ausgedrehten, an die tief begrabenen Ski regelrecht angenagelten Beinen“ (bergundsteigen 1/2006, S.23).

Wintersportler, die das Trauma eines Lawinenabgangs schon erleben mussten, berichten von der Ankerwirkung des Skis oder Snowboards. In vielen Lehrplänen und im Repertoire von nicht wenigen Freeridern, Tourengern und Winterbergsteigern findet sich die Verhaltensmaßnahme, sich im Lawinenfall von der Ausrüstung zu trennen, um der vorab beschriebenen Ankerwirkung zu entgehen. Welch' unsinnige Empfehlung, wenn man sich vor Augen hält, wie wenig Zeit im Fall eines Lawinenabgangs bleibt!



Lawine am Hörtlahner (Sarntal) 31.12.2012, 20 Minuten nach Bergung des Verunfallten. Oben: Anriss. Unten: Lawinenkegel mit Fundstelle: Quelle: Autor



## Der Ankereffekt und andere Phänomene fließenden Schnees

Schnee, der in Form einer Lawine abgeht, weist Eigenschaften von sog. Granulaten auf. Wir kommen oft mit Granulaten in Berührung: Zucker, Sand, unsere Müslimischung. Eine besondere Eigenschaft von Granulaten ist, dass großvolumige Partikel sich allmählich in Richtung Oberfläche bewegen. Dieser Vorgang wird als inverse Segregation bezeichnet und auch diesen Entmischungseffekt kennen wir aus dem Alltag: Wenn wir unsere Müslipackung öffnen, finden wir die Nüsse und großen Rosinen oft obenliegend. Da der inverse Segregationseffekt in Schüttgütern in vielen technischen Prozessen ganz bewusst ausgenutzt wird (z.B. um Partikel unterschiedlicher Größe zu sortieren), andererseits durch das spezielle Verhalten von Granulaten auch erhebliche Schäden entstehen, versucht die Forschung valide Modelle für das Bewegungsverhalten von Granulaten zu entwickeln und mit immer leistungsfähigeren Computern das Verhalten unter verschiedensten Randbedingungen zu simulieren. Den inversen Segregationseffekt bei Lawinen hat der deutsche Physiker Martin Kern im Rahmen seiner Dissertation eingehend untersucht (Kern, 2000). Seine Arbeit konnte insgesamt das Vorhandensein des inversen Segregationseffekts in Lawinen nachweisen und lieferte – neben vielen anderen – die Erkenntnis, dass die Oberflächenreibung zwischen den Partikeln ein zentraler Einflussparameter für das Auftreten dieses Effekts ist. Auch andere Autoren stellen fest, dass es in einem fließenden Granulat besonders darauf ankommt, dass die Partikel eine gut gleitfähige große Oberfläche aufweisen und es keine, das Aufschwimmen beeinflussende störende Objekte gibt. Einfacher ausgedrückt: Es ist sehr wahrscheinlich, dass die Ski oder das Snowboard das Aufschwimmen behindern und ohne die Ankerwirkung der Geräte könnte es sogar möglich sein, dass ein Mensch bei Einnahme einer kugelähnlichen „Embryoposition“ sogar ohne Lawinenairbag an der Oberfläche bleibt. Die Embryoposition hätte im Übrigen weitere Vorteile: Weniger Verletzungsgefahr für die Extremitäten, Möglichkeit der Schaffung einer Atemhöhle, geringere Wärmeabstrahlung.

## Die patentierte Lösung: PYRO POWER SAFE – mehr Sicherheit durch die Kraft der Pille

Bei der im November 2012 stattgefundenen Alpinmesse in Innsbruck stellte das Fachgebiet für Sportgeräte und -materialien der Öffentlichkeit erstmals ein international patentiertes<sup>1</sup> Notauslöse-

<sup>1</sup> Patentnummern WO 2009/092596 A2 und DE 10 2008 006 070.4



system für Wintersportgeräte vor, welches nicht nur zu den meisten Touren- und Alpinski-bindungen kompatibel ist, sondern auch eine Trennung von den Skistöcken ermöglicht. Auch die Variante für Snowboards ist bereits in Entwicklung. Das Funktionsprinzip des unter der Bezeichnung PYRO POWER SAFE (PPS) geführten Systems ist einfach: Tritt der Notfall ein und der Skifahrer / Snowboarder sieht keine Möglichkeit mehr, den Schneemassen zu entkommen, betätigt er den am Tragegurt des Rucksacks befindlichen Auslöseknopf. Es ist möglich (aber nicht zwingend notwendig), PPS mit dem Lawinen-Airbag zu kombinieren. Durch den Knopfdruck wird per Funk der Trennbefehl an die beiden Ski bzw. Snowboardbindungen sowie die Stockgriffe gesendet. Nachdem bei der Entwicklung des Systems Forderungen wie geringes Gewicht, äußerst kompakte Bauweise, niedrige Kosten und natürlich Zuverlässigkeit im Vordergrund standen, musste eine geeignete Technologie gefunden werden, die diese Eigenschaften in sich vereint.

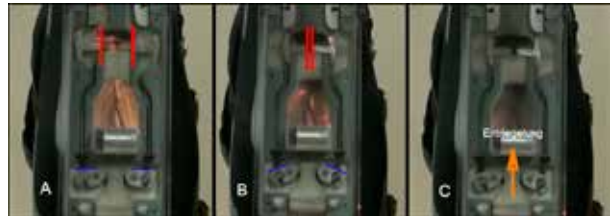
Wenn es darauf ankommt zuverlässig und in äußerst kurzer Zeit sehr viel Kraft zu erzeugen, dann ist chemische Energie in Form von Sprengstoff oft die beste Lösung. Die Airbags und Gurtstraffer in unseren Autos funktionieren auf diese Weise und hierzu genügt eine winzige Menge Sprengstoff, der sich in Form einer Minipille in einem geschlossenen Volumen befindet. Diese technische Lösung wurde auch für das PPS-System gewählt (damit erklärt sich der Name). Auch die konstruktive Umsetzung ist recht simpel: Zwischen Ski bzw. Board und der Bindung ist eine etwa 5 mm dicke Grundplatte montiert, in welcher die gesamte Vorrichtung einschließlich der Stromversorgung untergebracht ist. In dieser Grundplatte befinden sich wiederum zwei mechanisch fest verriegelte Bindungsträgerplatten, auf denen über die passenden Inserts die Skibindung montiert wird.



PPS-Grundplatte mit bereits ausgelösten Bindungsträgerplatten. In der Mitte befindet sich die (orangefarbene) Auslöseeinheit, in welcher das Empfangsmodul, die Stromversorgung und die Pyropille gekapselt sind.

Damit ist das System für unterschiedlichste Bindungen anwendbar und die Bindung muss nicht angepasst werden. Sollte man das PPS-System versehentlich ausgelöst haben, so kann es durch einfaches Austauschen der Auslöseeinheit („Re-fill-Kit“) wieder einsatzbereit gemacht werden. Hat man diese nicht parat, so reicht auch ein kleiner Schraubenzieher am Taschenmesser um die gelösten Bindungsträgerplatten wieder mechanisch zu fixieren. Für den technisch interessierten Leser liefert die nachstehende Bildfolge einen Einblick in das Innenleben des Systems.

Zur Trennung vom Skistock wurde in Zusammenarbeit mit einem namhaften Skistockhersteller ein Funktionsprototyp entwickelt und gebaut, bei welchem sich der Stockriemen vom Griff löst. Die ersten Praxistests damit verliefen vielversprechend.



PPS-Funktionsprinzip: Durch die in Bild A sichtbare Explosion wird der Abstandshalter zwischen den beiden Spannelementen entfernt, so dass sich diese zusammenschieben (Bild B). Dadurch wird das Spannseil gelockert und die Bindungsmontageplatte entriegelt (Bild C).

## Kann man das System schon kaufen?

Der aktuelle Entwicklungsstand erfüllt zwar schon alle wichtigen an das System gestellten Anforderungen, aber nun muss daraus ein Serienprodukt entstehen, welches hohe Qualitätsstandards erfüllen muss. Dies kann und will eine Universität nicht leisten. Daher steht nun die Entscheidung an, ob eine Firmenausgründung erfolgen oder ob das System durch einen Bindungshersteller oder einen Hersteller von Lawinenairbags lizenziert und zur Marktreife gebracht werden soll. Wir als potentielle Anwender müssen uns daher noch etwas gedulden. Natürlich wird auch der Preis darüber entscheiden, ob das PPS-System Erfolg auf dem Markt haben könnte. Nach einer kleinen Umfrage unter dem Fachpublikum (Skilehrer, Bergführer, Tourengerer) bei der Innsbrucker Alpinmesse (n=64) waren 30% bereit bis zu 75 EUR, 47% bis zu 100 EUR und 23% bis zu 150 EUR für das System zu investieren. Bei entsprechenden Stückzahlen dürfte ein Preis von unter 150 EUR durchaus realistisch sein.

## Fazit

Im eingangs zitierten Artikel von Edi Koblmüller hatte dieser die Frage an den Schluss gestellt, warum die Ingenieure und Techniker nicht eine Tourenbindung entwickeln, die das Prädikat Sicherheit auch beim Aufstieg verdiene. Mit dem PPS-System, welches sowohl beim Aufstieg als auch bei der Abfahrt die Nottrennung von den Geräten ermöglicht, haben die Ingenieure inzwischen ihre Hausaufgaben gemacht. Nun liegt es im Bereich der Industrie oder eines Start-Up Unternehmens ein marktfähiges Produkt anzubieten.

## Literatur

Fromme, B. Feuerräder, Zebrastreifen und Lawinen - Experimente mit granularer Materie. Manuskript an der Universität Bielefeld. Online Zugriff am 27.01.2013 über <http://www.physik.uni-bielefeld.de/didaktik/Experimente/>.

Meyer, D. (2012). Entwicklung einer Notauslösvorrichtung für Tourenskibindungen. Unveröffentlichte Diplomarbeit an der Fakultät für Maschinenwesen der Technischen Universität München, Fachgebiet Sportgeräte und -materialien.

Kern, MA. (2000). Inverse Grading in Granular Flow. Dissertation an der École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL). Thèse No 2287.

Schlichting, H.J., Nordmeier, V., Jungmann, D. Die Großen landen immer oben. Manuskript an der Universität Münster. Online Zugriff am 27.01.2013 über [http://www.uni-muenster.de/imperia/md/content/fachbereich\\_physik/didaktik\\_physik/publikationen](http://www.uni-muenster.de/imperia/md/content/fachbereich_physik/didaktik_physik/publikationen).

Schott, W., Senner, V. (2010). Emergency Release for Winter Sports Equipment. Journal of ASTM International, Volume 7, Issue 9, DOI: 10.1520/JAI102824.

# Entwicklung und Anwendung eines biomechanischen Knieprüfstandes zur Ermittlung der auftretenden Kräfte im Knie unter skitypischen Belastungssituationen

Michaela Nusser, FG Sportgeräte und -materialien



**Sturz bei Ski-WM: Lindsey Vonn erlitt Kreuzbandriss (2013)** (<http://www.spiegel.de/sport/wintersport/sturz-bei-ski-wm-lindsey-vonn-erleidet-kreuzbandriss-a-881681.html>),

**WM für Norweger Jansrud nach Sturz im Super-G vorbei (2013)** ([http://www.t-online.de/sport/wintersport/ski-alpin/id\\_62058684/ski-wm-schladming-jansrud-reisst-sich-wie-vonn-das-kreuzband.html](http://www.t-online.de/sport/wintersport/ski-alpin/id_62058684/ski-wm-schladming-jansrud-reisst-sich-wie-vonn-das-kreuzband.html)),

**Kreuzbandverletzung bei Keppler 2013** ([http://www.sport1.de/de/wintersport/win\\_ski\\_wm/newspage\\_673628.html](http://www.sport1.de/de/wintersport/win_ski_wm/newspage_673628.html)),

**Skifahrer Justin Murisier erneut mit Kreuzbandriss (2012)** (<http://www.tagblatt.ch/aktuell/sport/ski-alpin/skialpin/art619,3087855>),

**Raich im Pech Kreuzbandriss im Team-Wettbewerb (2011)** ([http://www.focus.de/sport/wintersport/ski-wm-2011/raich-im-pech-kreuzbandriss-im-team-wettbewerb\\_aid\\_600604.html](http://www.focus.de/sport/wintersport/ski-wm-2011/raich-im-pech-kreuzbandriss-im-team-wettbewerb_aid_600604.html))

**Susanne Riesch erfolgreich am Kreuzband operiert (2011)** ([http://www.focus.de/sport/wintersport/ski-alpin-susanne-riesch-erfolgreich-am-kreuzband-operiert\\_aid\\_682950.html](http://www.focus.de/sport/wintersport/ski-alpin-susanne-riesch-erfolgreich-am-kreuzband-operiert_aid_682950.html)),

**Deutsche erleidet Kreuzbandriss (2011)** (<http://www.laola1.at/de/wintersport/ski-alpin/news/deutsche-erleidet-kreuzbandriss/page/7951-303-193---704.html>),

**Didier Défago fällt mit Kreuzbandriss für WM Saison 2010/11 aus (2010)** (<http://skiweltcup.tv/index.php/didier-defago-fallt-mit-kreuzbandriss-fur-wm-saison-201011-aus/>),

**Tina Weirather: Wieder Kreuzbandriss (2010)** (<http://www.skionline.ch/index.php?section=news&cmd=details&newsid=15447>),

**Ski alpin: Auch Martina Schild fällt mit Kreuzbandriss aus (2010)** ([http://www.livewintersport.com/details\\_14240/Ski\\_alpin\\_Auch\\_Martina\\_Schild\\_faellt\\_mit\\_Kreuzbandriss\\_aus.html](http://www.livewintersport.com/details_14240/Ski_alpin_Auch_Martina_Schild_faellt_mit_Kreuzbandriss_aus.html)),

**Aufdenblatten fällt mit Kreuzbandriss für Olympia aus (2010)** ([http://www.krone.at/Olympia/Aufdenblatten\\_faellt\\_mit\\_Kreuzbandriss\\_fuer\\_Olympia\\_aus-Hiobsbotschaft-Story-182196](http://www.krone.at/Olympia/Aufdenblatten_faellt_mit_Kreuzbandriss_fuer_Olympia_aus-Hiobsbotschaft-Story-182196)),

**„Die Saison ist zu Ende“: Hosp erlitt Kreuzbandriss (2009)** ([http://diepresse.com/home/sport/wintersport/517324/Die-Saison-ist-zu-Ende\\_Hosp-erleidet-Kreuzbandriss](http://diepresse.com/home/sport/wintersport/517324/Die-Saison-ist-zu-Ende_Hosp-erleidet-Kreuzbandriss)),

**Hudec erleidet erneuten Kreuzbandriss (2009)** ([http://www.focus.de/sport/wintersport/ski-alpin-hudec-erleidet-erneuten-kreuzbandriss\\_aid\\_370250.html](http://www.focus.de/sport/wintersport/ski-alpin-hudec-erleidet-erneuten-kreuzbandriss_aid_370250.html)),

**Dominik Stehle erleidet Kreuzbandriss (2009)** ([http://www.focus.de/sport/wintersport/ski-alpin-dominik-stehle-erleidet-kreuzbandriss\\_aid\\_362880.html](http://www.focus.de/sport/wintersport/ski-alpin-dominik-stehle-erleidet-kreuzbandriss_aid_362880.html))

Wie die Zeitungsartikel vergangener Jahre verdeutlichen, sind schwere Knieverletzungen im alpinen Skirennsport persistierend. Bei den Verletzungen handelt es sich meistens um Bandläsionen, die von Schädigungen der Menisken oder Knorpeln begleitet sein können. Diese Verletzungsmuster treten nicht nur bei Rennläufern auf, sie stellen auch im freizeit- und Breitensportlichen Skifahren eine ernst zu nehmende Problematik dar.

Jais konnte in seiner epidemiologischen Studie (Jais, 2001) zeigen, dass das Knie mit 37.5 % das häufigste verletzte Körperteil war. Diese hohe Inzidenzrate benannter Verletzungen bestätigten auch Gerland (2005), Gläser (2005), Donner (2007) und Ruedl et al. (2009) in ihren Untersuchungen. Weitere Forschungsanstrengungen konnten darlegen, dass insbesondere Frauen ein erhöhtes Risiko tragen, sich eine Knieverletzung zuzuziehen (Ekeland, 1995; Ekeland et al. 2005; Stevenson et al. 1998; Burtscher et al. 1999).

Obwohl das Problem der Knieverletzungen beim Alpinen Skisport schon lange besteht, gibt es bis heute noch keine Skibindung, die das Knie vor Überlastungen wirksam schützen kann. Im Alpinen Skirennsport werden die Auslösewerte für die Skibindungen auf ein Mehrfaches der Grenzwerte für Freizeitsportler eingestellt, denn aufgrund der hohen Fahrdynamik und der wirkenden hohen Kraftstöße fürchten sich die Rennläufer vor Fehlauslösungen. Damit ist klar, dass bei Rennläufern das Risiko für Knieverletzungen im Fall eines Sturzes besonders groß ist.

Als eine der wenigen Möglichkeiten ausrüstungsseitig Abhilfe zu schaffen, wird die Verwendung von am Knie getragenen Schutzsystemen diskutiert. Aus dem Bereich der Rehabilitation sind sogenannte Knieorthesen bekannt, die dort eingesetzt werden, um nach Knieoperationen schädliche Bewegungen zu vermeiden bzw. Belastungen auf das noch instabile Knie zu verringern.



Abb. 1: Knieorthese für den Alpinen Skisport von der Orthema GmbH, Markgröningen, Deutschland

Das aktuelle Forschungsprojekt soll im Auftrag des Bundesinstituts für Sportwissenschaft (BISp), im engen Schulterschluss mit dem Deutschen Skiverband (DSV) und dem Olympiastützpunkt Bayern, die Entwicklung einer präventiven Knieorthese („Präventhese“) für den alpinen Skisport verfolgen. Gegenstand des Vorhabens ist herauszufinden, ob und eine solche Schutzausrüstung die Belastungen auf das Knie maßgeblich reduzieren und somit die Verletzungsrate oder den Schweregrad der Verletzungen minimieren kann.

An diesem Verbundprojekt beteiligen sich drei Einrichtungen der TUM. Das Fachgebiet Sportgeräte und -materialien hat im Rahmen des Projekts den Auftrag, die entstehenden Prototypen in Bezug auf ihre mechanische Entlastungswirkung zu bewerten.

Das Evaluationsverfahren wird an dem nachfolgend beschriebenen biomechanischen Knieprüfstand durchgeführt. Dieser ist in seiner Form bislang einzigartig und bietet nicht nur neue Möglichkeiten für die Entwicklung von Knieorthesen, sondern insbesondere auch für die Erforschung mechatronischer Skibindungen.

## Knieprüfstand

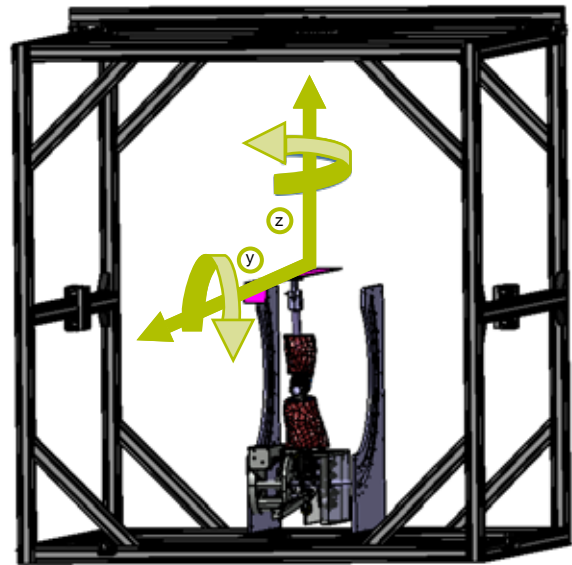
### Ziel

Der biomechanische Prüfstand soll zu folgenden Zwecken dienen:

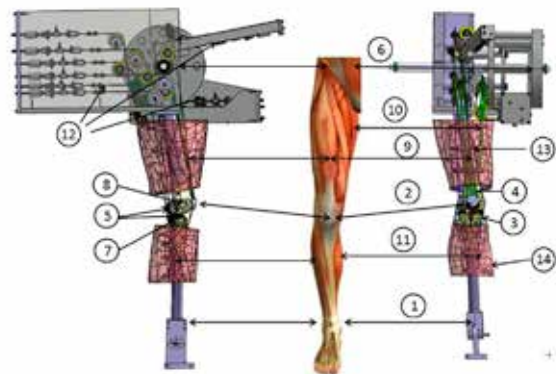
1. Erfassung der Kräfte in den Kniebändern unter skitypischen Belastungssituationen.
2. Prüfen und bewerten verschiedener Knieorthesen.
3. Untersuchung des Zusammenhangs zwischen dem Auslöseverhalten von Skibindungen und Verletzungen des Kniebandapparates.

### Einleitung externer Kräfte

Bei dem Knieprüfstand handelt es sich um einen quasistatischen Lastversuch, der im Aufbau und in der Wirkungsweise mit dem ASTM Standard (ASTM F504 - 05(2012) Standard Test Method for Measuring the Quasi-Static Release Moments of Alpine Ski Bindings) korrespondiert. Die Kräfte, die extern auf das künstliche Knie eingeleitet werden, entsprechen den tatsächlich auftretenden Kräften beim Skifahren. Die externen Lasten, die über Seilrollen oben und unten, sowie seitlich am Rahmen befestigt sind, lösen ein Drehmoment um die y-, resp. z- Achse aus.



Aufbau des Knie-/Beinmodells



- |           |  |
|-----------|--|
| 1.        | Fußgelenk                              |
| 2. und 5. | Kniescheibenersatz von Smith & Nephew  |
| 3.        | Teile des Unterschenkels aus Aluminium |



4. Teile des Oberschenkels aus Aluminium
5. Gelenkersatz von Smith & Nephew
6. Drehpunkt Becken
7. Bänder von Lars Ligaments mit Dehnmessfäden
8. Zugkraftsensor zur Erfassung der Kräfte im vorderen Kreuzband
9. Vordere Oberschenkelmuskulatur
10. Hintere Oberschenkelmuskulatur
11. Hintere Unterschenkelmuskulatur
12. Spannvorrichtung für Muskelzüge
13. Gerüst für Weichteilmantel
14. Weichteilmantel

### Mechanik des Knies/Beines

Das Bein kann keine aktiven Bewegungen ausführen. Über diverse Einstellmechanismen wird das Bein in die gewünschte Stellung gebracht, bevor externe Lasten eingeleitet werden.

Folgende Voreinstellungen sind variierbar:

- **Kniewinkel**  
Das Bein ist an der Hüfte mittels einer Welle zwischen zwei Seitenwänden eingespannt. Die Welle kann die gefräste Nut entlang wandern. Diese Verschiebung resultiert in einer Beugung, respektive Streckung des Knies. Ferner kann mittels der Muskelzüge eine O- oder X-Beinstellung (Varus / Valgus) provoziert werden.
- **Hüftwinkel**  
Der Stellung des Oberkörpers kommt bei Verletzungssituationen eine große Bedeutung zu. Aus diesem Grunde wird eine Realisierung verschiedener Hüftwinkel durch eine Rotation des Beckens auf der Welle (6) ermöglicht.
- **Muskelzüge**  
Neben dem Bandapparat liefern die Muskelzüge den nötigen Zusammenhalt der verschiedenen Teile. Der Spannmeechanismus ermöglicht es, die Muskelzüge auf die gewünschten Kraftwerte voreinzustellen.
- **Bandapparat**  
Das Herzstück des künstlichen Knies bildet der Bandapparat (Kreuz- und Seitenbänder), dessen Vorspannung ebenfalls veränderbar ist.

### Sensorik

- Erfassung der Zugkräfte des Bandapparates. Eine Ermittlung der Zugkräfte findet sowohl in den beiden Bündeln des vorderen Kreuzbandes, als auch im medialen Seitenband statt. Hierzu dient ein Miniaturzugkraftsensor, der speziell für diesen Zweck entworfen wurde.
- Detektieren der Längenänderung der Bänder. Ein Gummimessfaden, der bei Dehnung seinen Widerstand ändert, dient der Ermittlung der Längenänderung der jeweiligen Bänder. Die Entwicklung des Fadens ist dem TITV Greiz und der ITA RWTH Aachen zuzuschreiben.
- Messung der Kraftwerte der Stahlmuskelzüge. Miniatur Kraftmessdosen der Firma ATP Messtechnik GmbH verhelfen dazu, die Kraftwerte in den Muskelzügen zu regulieren.

### Geplante Fertigstellung und Evaluation

Derzeit werden die einzelnen Teile des Prüfstandes gefertigt. Voraussichtlich werden diese bis Ende Juli vorliegen, so dass der Zusammenbau dann stattfinden kann. Dem Aufbau folgt eine eingehende Evaluation des künstlichen Beines. Hierbei stehen die Überprüfung der Reproduzierbarkeit, Genauigkeit, sowie die möglichst naturgetreue Wiedergabe der Kinematik des menschlichen Beines im Zentrum. Zur Evaluierung werden Daten aus der Literatur hinzugezogen. Nach erfolgreich abgeschlossener Evaluation schließt die Anwendungsphase an, in der die Knieorthesen, sowie die Skibindung hinsichtlich ihres Schutzmechanismus geprüft werden.

### Quellen

Donner, M. (2008). Auswirkungen der Carvingstechnik beim Skifahren auf orthopädische Verletzungsmuster und deren Schweregrad. Universitätsbibliothek der Universität Würzburg, Würzburg. Retrieved from <http://opus.bibliothek.uni-wuerzburg.de/volltexte/2008/2569>.

Ekeland, A., Sulheim, S., & Rodven, A. (2005). Injury rates and injury types in alpine skiing, telemarking, and snowboarding. *Journal of ASTM International (JAI)*, 2(5).

Gerland, S. (2005). Veränderungen der Verletzungsmuster beim alpinen Skilauf durch die Carvingstechnik. Universitätsbibliothek der Universität Würzburg, Würzburg. Retrieved from <http://opus.bibliothek.uni-wuerzburg.de/volltexte/2005/1317>.

Jais, R. (2001). Verletzungen im alpinen Skisport unter Berücksichtigung der Entwicklung in der Skitechnologie. Zweite Erhebung 2001. Faculty of Medicine. Retrieved from <http://d-nb.info/979051762>.

Ruedl, G., Linortner, I., Schranz, A., Fink, C., Schindelwig, K., Nachbauer, W., & Burtscher, M. (2009). Distribution of injury mechanisms and related factors in ACL-injured female carving skiers. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 17(11), 1393-1398. doi:10.1007/s00167-009-0860-7.

Stevenson, H., Webster, J., Johnson, R., & Beynon, B. (1998). Gender differences in knee injury epidemiology among competitive alpine ski racers. *The Iowa orthopaedic journal*, 18, 64.

## Projekt und Kooperationspartner

	Innovationsmanufaktur, München Prof. Dr.-Ing. Eckehard F. Moritz
	Technische Universität München, Abteilung und Poliklinik für Sportorthopädie OA Priv.-Doz. Dr. med. Dipl. – Sportwiss. Peter Brucker
	Technische Universität München, Fakultät für Sport- und Gesundheitswissenschaft, Arbeitsbereich Angewandte Sportwissenschaft Dr. Peter Spitzenpfel
	Deutscher Skiverband Charly Waibel
	Olympiastützpunkt Bayern Andreas Huber

## Entwicklung neuartiger elektrischer Kleinstfahrzeuge und Erprobung im touristischen Umfeld der Modellkommune e-GAP

Das stetig steigende Mobilitätsbedürfnis unserer Gesellschaft erfordert die Entwicklung neuer Mobilitätskonzepte. Um diese Entwicklung voranzutreiben wurde Garmisch-Partenkirchen als eine von 3 Modellkommunen für Elektromobilität in Bayern ausgewählt. Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens arbeiten Universitäten, Unternehmen, Dienstleister, Forschungseinrichtungen und Umweltorganisationen gemeinsam an neuen Ansätzen und innovativen Technologien für ein ganzheitliches Mobilitätskonzept unter Berücksichtigung der regionalen Bedürfnisse Garmisch-Partenkirchens (e-GAP, 2013).

### Quadrat

Das Projekt „Quadrat“ ist eines von mehreren Forschungsprojekten innerhalb der Modellkommune. Zusammen mit dem Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik und mehreren Industriepartnern beschäftigt sich das Fachgebiet für Sportgeräte und -materialien mit der Entwicklung eines innovativen Fahrrads mit elektrischer Trittkraftunterstützung (Pedelec). Das Fahrzeugkonzept Quadrat zeichnet sich durch 4 einzeln gefederte Räder und somit durch einen höheren Nutzwert bei gleichzeitig gesteigerter Fahrsicherheit und -komfort aus und ist für verschiedene Einsatzszenarien anwendbar.

Die genaue Kenntnis der Reichweite von Hybridfahrzeugen ist, wegen der längeren Ladezyklen und der schlechteren Ladeinfrastruktur, von großer Wichtigkeit für den Nutzer, um einschätzen zu können, welche Routen er mit dem aktuellen Ladezustand des Akkus bewältigen kann. Daher entwickelt das Fachgebiet ein Reichweitenmodell, in welchem die benötigte Energie für die bevorstehende Strecke möglichst exakt berechnet werden kann. Dazu werden Streckendaten und Fahrprofile herangezogen, um die Fahrwiderstände auf der bevorstehenden Fahrt und somit den Leistungsbedarf berechnen und vorhersagen zu können.

Während der Fahrt wird durch ständige Messung der Umgebungseinflüsse mithilfe der Sensorik eines Smartphones der aktuelle Fahrwiderstand ermittelt und so das Modell angepasst und verbessert.

Bei muskelkraftbetriebenen Leichtfahrzeugen spielt gleichzeitig die vom Fahrer eingebrachte Leistung eine wichtige Rolle. Mit der Entwicklung einer biometrischen Antriebsunterstützung wird



das Ziel verfolgt, den Fahrer entsprechend seiner physiologischen Voraussetzungen zu unterstützen. Der Motor unterstützt den Fahrer also nur dann, wenn dieser die zusätzliche Leistung wirklich benötigt. Dadurch wird die persönliche Reichweite des Fahrers vergrößert.



Abb. 1: Fahrzeugkonzept Quadrat

### Literatur

e-GAP. (2013). Abgerufen am 03. 04 2013 von <http://www.e-gap.de/index.php>.

Mütze, A., & Tan, Y. C. (2007). Electric Bicycles: A performance evaluation. Industry applications magazine, S. 12 - 21.

Rose, G. (2012). E-bikes and urban transportation: emerging issues and unresolved questions. Transportation, S. 81 - 96.

Töpler, F., & Huang, Q. (2010). Prädiktive Leistungsbestimmung für Plug-In Hybridfahrzeuge. Aachener Kolloquium Fahrzeug- und Motortechnik, S. 1731 - 1753.

## Das Motiv

Olympische Spiele haben aufgrund ihres Vierjahresrhythmus bei Zuschauern und Athleten einen höheren Stellenwert als die oft im jährlichen oder zweijährigen Rhythmus stattfindenden Weltmeisterschaften. Viele Athleten wurden nach einem Olympiasieg zu Weltstars und Helden in ihren jeweiligen Ländern, aktuelle Beispiele sind Michael Phelps oder Usain Bolt. Aktuell sind 41 Sommersportarten und 15 Wintersportarten Teil der Olympischen Spiele. Dabei muss man unterscheiden, ob eine Sportart noch in verschiedene Disziplinen unterteilt werden kann, wie beispielsweise Ski Alpin, Leichtathletik oder Schwimmen und sich dadurch die Chancen, Medaillen zu erringen, erhöhen oder ob es, wie beim Marathonlauf, und in unserem konkreten Fall Skeleton, nur alle vier Jahre ein einziges Mal die Möglichkeit gibt, Gold, Silber oder Bronze zu gewinnen. Umgerechnet auf die durchschnittliche Dauer einer Sportkarriere, haben diese Athleten also drei bis vier olympische Wettkämpfe, um sich in ihrer Sportart unsterblich zu machen.

## Geschichte des Skeletonsport

Eine der ältesten Sportarten bei den olympischen Winterspielen ist Skeleton. Skeleton entwickelte sich Ende des 19. Jahrhunderts aus dem „Cresta-Run“ in St. Moritz. Der „Cresta-Run“ ist der weltweit älteste Wintersportwettkampf, der heute noch ausgetragen wird. Das internationale olympische Komitee nahm Skeleton das erste Mal bei den olympischen Winterspielen 1928 in St. Moritz ins Programm auf. Skeleton war nach einer Pause 1948 wieder Teil der olympischen Winterspiele, wurde aber wiederum nicht ins ständige Wettkampfprogramm aufgenommen. Seit den Winterspielen in Salt Lake City 2002 ist Skeleton, auch für Frauen, wieder fester Bestandteil der olympischen Wettkämpfe.

## Die Regeln der Sportart



Abb. 1: Anja Huber kurz vor dem Start; Quelle: Anja Huber

Beim Skeleton wird im Stehen gestartet, nach einem kurzen Sprint springen die Athleten auf den Schlitten und rasen auf dem Bauch liegend, Kopf voran mit bis zu 145 km/h, den Eiskanal hinab. Der Schlitten erinnert an ein stählernes Skelett, daher rührt auch der Name des Schlittens und der Sportart. Der Schlitten verfügt über eine Liegewanne, welche den Torso des Skeletoni aufnimmt. An dieser Liegewanne sind Haltegriffe befestigt, mit deren Hilfe, der Athlet die ganze Fahrt über die optimale Liegeposition beibehalten kann. Vorne und seitlich befinden sich noch Abweiser aus Stahl um den Skeletoni vor Bandenberührungen zu schützen. Die Steuerung erfolgt mittels Druck der Schultern bzw. der Knie auf den Schlitten, welcher in sich leicht beweglich ist. Durch Fräsungen an den Kufen wird die Kurvenfahrt ermöglicht. Die Schlittenlänge (80 cm bis 120 cm), die Schlittenhöhe (8 cm bis 20 cm) und das zulässige Maximalgewicht (bei Frauen maximal 35 kg und bei Herren maximal 43 kg) sind streng reglementiert.



Abb. 2: Anja Huber kurz nach dem Start; Quelle: [www.bsd-portal.de](http://www.bsd-portal.de)

Die persönliche Ausrüstung der Athleten unterliegt ebenso strengen Vorschriften. Die Skeletoni tragen einen einteiligen, enganliegenden Anzug mit Kapuze, einen handelsüblichen Motorradhelm mit Kinnschutz und Skeletonschuhe mit Spikes. Jegliche aerodynamischen Hilfsmittel, seien es Spoiler an Helm oder Körper oder auch nur ein Hüftgurt, um das Hohlkreuz zu verkleinern und damit die Umströmung zu verbessern, sind verboten.



Aufgrund der strengen Reglementierung ist es eine herausfordernde Aufgabe, das Regelwerk möglichst genau zu studieren und in den Graubereichen das Reglement so auszulegen, dass die Veränderungen einen Vorteil für die Athletin mit sich bringen, aber natürlich auch von der Jury genehmigt werden.

## TUM for Gold



Abb. 3: Logo des Sponsors; Quelle: [www.redbull.com](http://www.redbull.com)

Dieses Projekt entstand durch das Herantreten der Topskeletonpilotin Anja Huber und ihres Sponsors Red Bull an das Fachgebiet Sportgeräte und -materialien. Anja Huber, mehrfache Welt- und Europameisterin, Gesamtweltcupsiegerin und Bronzemedallengewinnerin bei den olympischen Spielen 2010 in Vancouver, war in der vergangenen Saison mit ihrem Equipment nicht ganz zufrieden, und möchte sich mit Hilfe der TUM den entscheidenden Vorteil für einen Medaillengewinn bei den olympischen Winterspielen 2014 in Sotchi verschaffen.

Das Reglement lässt sehr wenig Spielraum bezüglich der wichtigen Abmessungen sowie der zu verwendenden Materialien. Daher gilt es das Regelwerk zu studieren und uneindeutige Passagen und Lücken zu finden und diese zu Gunsten der Athletin auszulegen. Durch Erfahrungen aus anderen Projekten kann stellenweise ein Input geleistet werden, welcher der Sportlerin und den Technikern bislang möglicherweise nicht weiter aufgefallen ist. Außerdem profitiert das Projekt vom großen, universitären Expertenwissen in den verschiedenen Bereichen wie der Aerodynamik, Materialkunde, Ergonomie, Herstellungsverfahren und mechanischen Beanspruchungen. Die Realisierung des Projekts erfolgt daher in enger Zusammenarbeit mit Mitarbeitern des Lehrstuhls für Aerodynamik sowie des Lehrstuhls für Umformtechnik und Gießereiwesen.

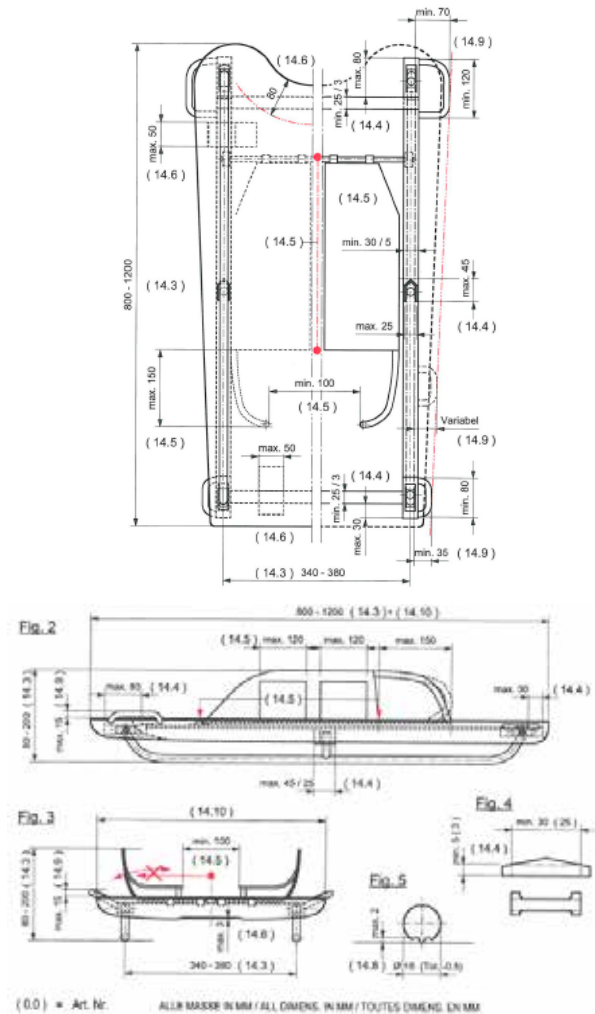


Abb. 4: Skizze aus dem Regelwerk zu den autorisierten Bemaßungen des Schlittens; Quelle: [www.fibt.com](http://www.fibt.com)

Zudem verfügt die Universität über ein gut entwickeltes, industrielles Netzwerk. Dieses kommt vor allem dann zum Tragen, wenn es darauf ankommt hochspezifischen Sonderfertigungsverfahren zu realisieren, welche unter Umständen nicht direkt am Forschungszentrum umgesetzt werden können.

Augenmerk liegt in diesem Projekt insbesondere auf einer Verbesserung der Schlittenaerodynamik, einer ergonomischen Anpassung der Liegeschale und der Entwicklung einer praktikablen Ober- schale.

Zur Wahrung von Anja Hubers möglichem Vorsprung gegenüber der Konkurrenz für die anstehende Olympiasaison kann auf die durchgeführten und noch durchzuführenden Optimierungszyklen in dieser Ausgabe noch nicht näher eingegangen werden. Gerne werden wir hierzu in der nächsten Ausgabe (2014) mehr berichten.

## Fazit

Im Spitzensport bewegen sich Athlet und Material schon am absoluten Limit. Aus diesem Grund können schon ganz kleine Veränderungen große Auswirkungen haben. Die Kreativität in der Gestaltung wird allerdings durch das strenge Regelwerk stark eingeschränkt. Wir hoffen, dass wir trotzdem die eine oder andere Hundertstelsekunde gefunden haben und Anja Huber nächstes Jahr bei den olympischen Spielen in Sotschi sich über eine Medaille freuen darf.

## Literatur

Bob- und Schlittenverband für Deutschland (BSD) e.V. Online Zugriff am 05.06.2013 über [www.bsd-portal.de](http://www.bsd-portal.de).

Internationaler Bob- und Skeletonverband. Online Zugriff am 23.06.2013 über [www.fibt.com](http://www.fibt.com).

International Olympic Committee (IOC). Online Zugriff am 05.06.2013 über <http://www.olympic.org/ioc>.

Skeleton (Sportart). Online Zugriff am 05.06.2013 über [http://de.wikipedia.org/wiki/Skeleton\\_\(Sportart\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Skeleton_(Sportart)).

Olympische Spiele. Online Zugriff am 05.06.2013 über [http://de.wikipedia.org/wiki/Olympische\\_Spiele](http://de.wikipedia.org/wiki/Olympische_Spiele).

Kronsteiner, T. (2013). Optimierung eines Skeletonschlittens. Unveröffentlichte Semesterarbeit an der Fakultät für Maschinenwesen der Technischen Universität München, Fachgebiet Sportgeräte und -materialien.

## Zur Athletin



### Anja Huber

Diplomierte Sportmanagerin, Skeletonprofi, Bronzemedallengewinnerin bei den Olympischen Winterspielen 2010 in Vancouver, Gesamtweltcupsiegerin, Zweifache Weltmeisterin, Vierfache Europameisterin, Gesamteuropacupsiegerin, Dreifache Deutsche Meisterin, 11 Weltcup Siege, diverse Medaillen bei Welt- und Europameisterschaften

## LEAP

Large-scale projects share a number of characteristics regardless of their particular content area: They are colossal (i.e. involve multiple types of stakeholders), complex (often constitute ill-defined problems), captivating (i.e. generate a lot of interest by the public), and mostly controversial (Trapenberg Frick, 2008). Large scale infrastructure technologies (e.g., traffic systems, energy systems, information networks) are examples of highly complex systems with multiple stakeholders and nonlinear dynamics. Emerging risks are mainly systemic and cannot be reduced to single causes. Therefore, we need not only better tools for modeling complex systems but also better ethical and legal criteria of responsibility as well as means of communication and assessment of social concerns. Decisions on large projects have been made under conditions of significantly increased awareness by public organizations, NGOs, and the general public in recent years. Furthermore, information aggregation now takes place in real-time based on the new structures of liquid democracy. Increased reactivity and social “cascading” are phenomena highlighting these new developments. The legal frameworks these large-scale projects are set in and their application have been changing significantly and the results of large-scale projects have to be evaluated using multiple and often contradictory criteria. In many cases these criteria afford information that is based on subjective assessments that can be “irrational” or unjustified. In addition, research shows that many large-scale projects fail because information processing is often biased (e.g. Flyvbjerg et al, 2009) and/or the different stakeholders are not involved in the decision processes in adequate ways or at the right time. Hence, many large-scale projects have become publicly known as failures. These include the following examples from the area of mobility:

To start out with, first case-studies focus on issues of mobility “Safe and justifiable Individual Mobility Using Automated Vehicles” will be investigated as a case study. The theoretical basis, semantics, empirical methodology and approach used here is to be applicable to different STS domains. Therefore, one important goal of LEAP at this stage is to generate knowledge on basic processes relevant to large-scale projects (such as information processing, decision making, or assessment of risks and responsibilities), refine the methodological approach, and build the basis for a platform to support multi-stakeholder decision making in practice.

Higher levels of automation in cars and trucks could help to ensure individual mobility, quality of life and economic welfare, especially in ageing societies. But: Many of the concepts under discussion right now are still too vague and ill-structured in their definition which renders reflective judgment, appropriate operationalization and quantification and finally good decision making a great challenge. Automation is known as a technology approach with high potential but also huge side effects provoking at least liability discussions.

Therefore research questions to be addressed are:

- How to exploit the potential of future highly assistive vehicles?
- How to assess the risks?
- How to communicate benefits and risks on a societal basis?
- How to address stakeholder and public prejudices due to biases in information processing?
- What forms of dialog on risks and potentials will be necessary?
- How to deal with errors: Organization-Developer-User?
- Which cultural and organizational changes will be necessary to implement this technology?

# Umfassende Diskomfortbewertung für Autoinsassen durch Simulation – UDASim

Annika Ulherr

Ab 1. Juli 2013 startete am Lehrstuhl für Ergonomie das von dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BmBF) geförderte Projekt UDASim (Umfassende Diskomfortbewertung für Autoinsassen durch Simulation). Partner in diesem Projekt sind Wölfel Beratende Ingenieure GmbH + Co. KG (WBI), Human Solutions GmbH (HS) und der Lehrstuhl für Ergonomie (LfE). Während der drei Projektjahre werden zudem AnyBody Technology A/S (AB) als Unterauftragnehmer und die Daimler AG, die BMW Group und Ford als assoziierte Partner involviert sein.

WBI bietet Lösungen als Dienstleistungen für Aufgaben rund um die Bereiche Schwingungen, Biomechanik, Strukturmechanik und Akustik an. Zudem gehört CASIMIR/Automotive, welches als Grundlage für dieses Projekt dient, zu dem Produktportfolio. CASIMIR ist ein FEM-Menschmodell und wurde von Wölfel so weitergeführt, dass mit CASIMIR/Automotive ein Softwaretool zur Bestimmung verschiedener Kenngrößen des Sitzkomforts wie bspw. die statische Sitzdruckverteilung, die Sitzübertragungsfunktion in horizontaler und vertikaler Richtung sowie die dynamische Belastung der Insassen während der Fahrt existiert.

Die Kernkompetenz von HS liegt in der Entwicklung und dem Vertrieb von innovativen Hard- und Softwarelösungen zur Vermessung und Simulation des Menschen und dessen Integration in den Entwicklungs- und Fertigungsprozess von Produkten. Die Ergonomiesimulation RAMSIS, die eine weitere Grundlage des Projektes darstellt, gehört zu den Angeboten von HS.

Die Vision des Projekts UDASim ist durch die Simulation eines Autoinsassen eine objektive, reproduzierbare Aussage über Designkriterien wie den Diskomfort beim Sitzen in einem Fahrzeug machen zu können. Um eine solche simulationsbasierte und objektive Diskomfortanalyse zu verwirklichen, müssen verschiedene Kernziele erreicht werden. Zum einen müssen Simulationsverfahren für alle Diskomfort-relevanten Einzelfaktoren erforscht werden. Die digitalen Menschmodelle CASIMIR, RAMSIS und ANYBODY sollen durch den Austausch von Informationen bezüglich Haltung, Anthropometrie, Sitzposition und Kraft kombiniert werden. Ein weiteres Ziel ist die Erforschung einer validen Diskomfortskala, welche von

Probanden leicht verstanden und angewendet werden kann. Mit Hilfe eines künstlichen neuronalen Netzes soll der mehrdimensionale, globale Diskomfort prognostiziert werden, wobei die von den Menschmodellen errechneten Einzelfaktoren (Haltung, Sitzdruckverteilung und Muskelaktivität) die Eingangsgrößen darstellen. Abschließend wird das erarbeitete Verfahren experimentell validiert werden.

Digitale Menschmodellierung, Diskomfortmodellierung und Sitzkomfort als Forschungsschwerpunkte des LfE stehen in Bezug zu den Inhalten des Projekts UDASim. Der LfE kann im Bereich der Sitzentwicklung auf eine lange Geschichte zurückblicken. Versuche zur Sitzhaltung und Parameter für eine objektivierbare, ideale Druckverteilung wurden in einer Vielzahl von Dissertationen thematisiert. Für die Realisierung des neuronalen Netzes zur Erforschung des globalen Diskomforts werden Einflussgrößen aus dem Menschmodell AnyBody von AnyBody Technology A/S benötigt, da dieses das heute am besten validierte und detaillierteste Modell des menschlichen Bewegungsapparats ist. Der LfE wird daher AB zur Unterstützung und für die Kombination der digitalen Menschmodelle als Unterauftragnehmer beauftragen.

Die Daimler AG, die BMW Group und Ford werden in der Rolle von Endnutzern als assoziierte Partner in das Projekt eingebunden. Durch die Auswertung des aktuellen Standes ergonomischer Anwendungen, die Spezifikationen von Anforderungen an Schnittstellen und Rahmenbedingungen, das Zurverfügungstellen von Modellsitzen und die Validierung der finalen Ergebnisse, werden sie das Projekt begleiten und unterstützen.



## HFAuto – in den Fußstapfen von H-Mode und D3CoS

Markus Zimmermann

Ab Herbst reiht sich ein Neuankömmling in die Projektlandschaft des Lehrstuhls für Ergonomie ein, der auf den klangvollen Namen Human Factors of Automated Driving oder kurz HFAuto hört. Inhaltlich wird damit der aus H-Mode und D3CoS bekannte Themenkomplex des hochautomatisierten Fahrens und der damit einhergehenden Ironie der Automation (vgl. Bainbridge, 1983; Norman, 1990) aufgegriffen: Je höher der Automationsgrad (und in Zukunft wie auch in HFAuto ist dieser hoch), desto größer ist der potenzielle „Out-of-the-Loop“-Effekt, der zu Problemen zwischen Automation und Fahrer führt (auch in der Übernahme, vgl. Damböck, 2012).

Das Thema ist typisch für die Ergonomie und Mensch-Maschine-Interaktion und wird deshalb durch ein interdisziplinäres Forscherteam bestehend aus Psychologen und Ingenieuren auf Trab bearbeitet. Die Fragestellungen am LfE lauten erstens: Wie sieht eine optimale multimodale Nutzerschnittstelle für das hochautomatisierte Fahren und die damit einhergehenden Transitionen (z. B. eine Fahrerübernahme oder ein Wechsel der Aufgabenverteilung) aus? Und zweitens: die Erkennung des Nutzerzustandes während der hochautomatisierten Fahrt; kann der Fahrer die Situation und eine davon ausgehende mögliche Gefahr korrekt einordnen, was ist seine Intention?

Diese beiden Fragen werden zwei Doktoranden am LfE (von insgesamt 14 im Projekt) beschäftigen. Zusammenarbeiten werden beide bei der dritten Frage: die dynamische Anpassung der Nutzerschnittstelle abhängig vom Nutzerzustand.

Das Forschungsprojekt wird als europäisches Netzwerk gefördert, das heißt, neben starker akademischer (Chalmers University of Technology, University of Southampton, Technische Universität Delft, Universität Twente, Technische Universität München) und forschungsinstitutioneller (Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux, Statens Vag-Och Transportforskningsinstitut, Stichting Wetenschap veilig Onderzoek Verkeersveiligheid) findet sich auch industrielle (Volvo, BMW, Jaguar, Toyota, Continental) Beteiligung. Es dient dem internationalen Austausch; dies wird dadurch erreicht, dass die Doktorandenmobilität verpflichtend ist. Europäische Doktoranden

schwärmen dabei für drei Jahre nach Deutschland aus – und umgekehrt.

Mit diesem Projekt ist es dem Lehrstuhl gelungen, eine Förderung aus dem begehrten Marie Curie Initial Training Network zu erlangen, das aus dem FP7 People-Programm finanziert wird und damit in erster Linie der Doktorandenbildung dient. Die Besonderheit: Die Forschung in den Arbeitspaketen ist jeweils detailliert auf den einzelnen Doktoranden an den jeweiligen Forschungseinrichtungen zugeschnitten, der somit von Projektbeginn an über einen klar strukturierten Promotionsablauf verfügt. Dies wird durch ein gezieltes Trainingsprogramm erweitert, in dem der Doktorand in mehrwöchigen Forschungsaufenthalten bei ausländischen Partnern aus Industrie und Akademia (in Trainings, Workshops, Experimenten und Sommerschulen) weitergebildet wird. Das Projekt startet am 1. November 2013, die Laufzeit beträgt vier Jahre.

## Pilotprojekt zur Verbesserung des Verkehrsflusses präsentiert Ergebnisse: **Grüne Welle auf der Landstraße spart Zeit und Sprit**

Andreas Battenberg



Information zum Ampelstand auf dem Smartphone –  
Bild: Andreas Haslbeck/TUM

19.06.2013, Forschung

**Einen homogenen Verkehrsfluss und kürzere Fahrtzeiten auf Landstraßen erzielt ein Projekt der Technischen Universität München (TUM), der BMW Group, der TRANSVER GmbH und der Obersten Baubehörde im Bayerischen Innenministerium. Verbesserte Ampelschaltungen und ein Fahrerinformationssystem reduzieren die Fahrtzeiten auf zwei Teststrecken im Norden Münchens und südöstlich von Regensburg um bis zu 20 Prozent.**

In der Stadt vereinfacht die einheitliche Höchstgeschwindigkeit die Einrichtung abgestimmter Ampelschaltungen, sogenannter „Grüner Wellen“. Auf der Landstraße ist das schwieriger: Die Geschwindigkeiten sind sehr unterschiedlich und die Abstände zwischen

zwei Ampeln oft sehr viel größer. Im Projekt KOLIBRI haben Forscher der Technischen Universität München (TUM), der BMW Group, der TRANSVER GmbH und der Obersten Baubehörde im Bayerischen Innenministerium nun untersucht, wie Grüne Wellen auch außerhalb geschlossener Ortschaften eingerichtet werden können.

Die Oberste Baubehörde wählte dazu zwei Teststrecken aus: ein Teilstück der B13 im Norden Münchens und ein Teilstück der Staatsstraße St2145 in der Nähe von Regensburg. Eine große Herausforderung war es, die technisch unterschiedlich ausgestatteten, bis zu zwanzig Jahre alten Ampeln auf beiden Teststrecken in eine einheitliche Kommunikations- und Steuerungsstruktur einzubinden. Aus den bei der Analyse der Verkehrsströme auf diesen Strecken gewonnenen Daten entwickelten die Forscher dann unterschiedliche Steuerungskonzepte, eine Festzeitsteuerung und ein dynamisches Modell.

Schon auf der nur rund 5 Kilometer langen Teststrecke im Norden von München reduziert die im Projekt entwickelte intelligente Ampelsteuerung die Fahrtzeit um etwa eine Minute. Die besten Ergebnisse erzielt dabei eine dynamische, verkehrsabhängige Steuerung. Weil damit weniger Halte notwendig sind, reduziert sich die mittlere Wartezeit von etwa einer Minute auf 7 Sekunden. Eine optimierte Festzeitsteuerung kommt immerhin noch auf 30 Sekunden, was einer Halbierung der Wartezeit entspricht. Die Anzahl der Durchfahrten ohne Halt steigt durch die intelligentere Steuerung an einzelnen Anlagen von etwa 60 Prozent auf nahezu 100 Prozent.

### **Vorausschauend fahren**

Zusätzlich zur intelligenten Ampelsteuerung entwickelten die Forscher ein Fahrerinformationssystem. Per Mobilfunk übertragen die Ampeln ihre Daten an die Zentrale der TRANSVER GmbH. Dort wertet sie ein Computer aus und sendet die Ergebnisse an die Fahrzeuge. Ein Anzeigefeld im Bordcomputer oder eine Applikation auf dem Smartphone zeigt an, ob sich das Fahrzeug in der Grünen Welle bewegt. „Dies ist vor allem bei der Annäherung an die erste Ampel hilfreich, animiert aber auch unterwegs dazu, das Fahrverhalten anzupassen“, sagt Michael Krause vom Lehrstuhl für Ergonomie der TU München. „Große Sorgfalt haben wir außerdem darauf verwendet, dass die Zusatzinformationen die Menschen am Steuer nicht ablenkt.“

Tausende von Kilometern fuhren Mitarbeiter und Probanden im Simulator und auf den Teststrecken, um die Auswirkungen der verschiedenen Steuerungsmöglichkeiten zu testen. „Starre Programme erlauben eine sehr gute Prognose zukünftiger Ampelzustände. Das ist eine gute Basis für das Fahrerinformationssystem“, sagt Dr.-Ing. Alexander Dinkel, Projektleiter der TRANSVER GmbH. „Eine dynamische Ampelsteuerung berücksichtigt die Variabilität und Dynamik des Verkehrs nicht nur in der Hauptfahrrichtung sondern auch den Querverkehr. Insgesamt fahren wir hier damit am besten“.

Mit einem Trick gelang es den Forschern die Vorteile beider Systeme zu vereinen: Das System definiert einen Kernbereich für die Grüne Welle, der zuverlässig prognostiziert werden kann. Die Dynamisierung findet nur in daran anschließenden Bereichen statt und erlaubt es, auf unterschiedliche Verkehrsbelastungen der Hauptstrecke und des Querverkehrs einzugehen.

## DFG Expertenkreis

In den aktuell von der DFG geförderten Forschungsprojekten Conduct-by-Wire und H-Mode beschäftigen sich die TU Darmstadt, die TU München und die RWTH Aachen mit Assistenzkonzepten für eine kooperative, hochautomatisierte und intuitive Fahrzeugführung. Nachdem beide Projekte auf ihren Abschluss zugehen, wurden die Ergebnisse in einem gemeinsamen DFG Expertenworkshop am 30.04.2013 im IGSSE Gebäude präsentiert. Zu dieser Veranstaltung waren renommierte Vertreter aus Industrie und Forschung nach München eingeladen, um mit Ihrer Meinung zur Ergebnisdiskussion beizutragen.



Der H-Mode Demonstrator aufgebaut und betreut von D.Damböck, M.Kienle und T.Weißgerber

## GfA Frühjahrskongress 2014

Unter dem Titel „Gestaltung der Arbeitswelt der Zukunft“ wird vom 12. bis 14. März 2014 an der Fakultät 09 der Hochschule München der Frühjahrskongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (GfA) stattfinden. Zur Tagung werden zwischen 300 und 400 Wissenschaftler und Praktiker aus der Wirtschaft, um aktuelle Themen der Arbeitswissenschaft zu diskutieren. Zum Rahmenthema „Gestaltung der Arbeitswelt der Zukunft“ wurden folgende Themenschwerpunkte gewählt:

- Komfort und Bekleidung: Wohlfühlen in der eigenen Haut.
- Demographie: Jüngere Einsteiger, ältere Aussteiger.
- Work-Life-Balance: Arbeiten um zu leben, leben um zu arbeiten?
- Mensch und Maschine: Automaten und Assistenten - wer macht die Arbeit?
- Digitale Fabrik: Simulieren geht über Probieren!
- Industrial Engineering: Wirtschaften mit Arbeit und Zeit – wo geht die Reise hin?
- Mobilität und Vernetzung: Das einzig Verlässliche ist der Wandel!
- Globale Arbeitswelt: In 80 Stunden um die Welt?

Der Kongress wird erstmals in einer Kooperation von Universität und Hochschule geplant und durchgeführt. So gehören dem Planungskomitee Vertreter der Technischen Universität München, des Bayerischen Rundfunks sowie KollegInnen der Hochschule München an.

So wird der Kongress in den Räumen der Hochschule München und die einleitenden Workshops auf dem TUM Campus Garching stattfinden

Alves, P. G., Rossetti, J., Oliveira, R. E., & Olaverri Monreal, C. (2013). Forward Collision Warning Systems Using Heads-Up Displays: Testing Usability of Two New Metaphors. In IEEE IV (Ed.).

Blattner, A., Bengler, K., & Hamberger, W. (2013). Optimized Combination of Operating Modalities and Menu Tasks for the Interaction between Driver and Infotainment-System using a Touchpad with Haptic Feedback. In N. Stanton (Ed.), *Advances in human aspects of road and rail transportation* (pp. 13–19). Boca Raton, FL: CRC Press.

Blattner, A., Bengler, K., & Hamberger, W. (2012). Interaktionsarten eines Touchpads mit haptischer Rückmeldung zur Bedienung eines Fahrerinformationssystems. In VDI Wissensforum GmbH (Ed.), *6. VDI Fachtagung Ueware 2012. Mensch-Maschine-Interaktion*. VDI-Berichte 2179 (pp. 219–228). VDI Verlag GmbH.

Blattner, A., Spies, R., Bengler, K., & Hamberger, W. (2012). Interaction between driver and infotainment system using a touchpad with haptic feedback. In D. de Waard, N. Merat, H. Jamson, Y. Barnard, & O. Carsten (Eds.), *Human Factors of Systems and Technology* (pp. 181–187). Maastricht: Shaker Publishing.

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

Bortot, D., Born, M., & Bengler, K. (2013). Directly or on Detours? How Should Industrial Robots Approximate Humans? In *Proceedings of the 8th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction* (pp. 89–90). Piscataway, NJ: IEEE.

Bortot, D., Hawe, B., Schmidt, S., & Bengler, K. (2013). Industrial robots - the new friends of an aging workforce? In S. Trzcieliński & W. Karwowski (Eds.), *Advances in ergonomics in manufacturing* (pp. 253–262). Boca Raton, FL: CRC Press.

Breuninger, J., Popova-Dlugosch, S., & Bengler, K. (2012). Untersuchung daumenbedienter On-Screen-Tastaturen auf Tablet-Computern: Vergleich der Standard- und Daumenvariante der On-Screen-Tastatur von iOS 5 und anthropometrische Datenerfassung zur Anpassung der Tastenlage. In VDI Wissensforum GmbH (Ed.), *6. VDI Fachtagung Ueware 2012. Mensch-Maschine-Interaktion*. VDI-Berichte 2179 (pp. 239–246). VDI Verlag GmbH.

Flemisch, F., Meier, S., Baltzer, M., Altendorf, E., Heesen, M., Griesche, S., et al. (2012). Fortschrittliches Anzeige- und Interaktionskonzept für die kooperative Führung hochautomatisierter Fahrzeuge: Ausgewählte Ergebnisse mit H-Mode 2D 1.0. In M. Grandt & S. Schmerwitz (Eds.): Vol. 2012-01.

DGLR-Bericht, Fortschrittliche Anzeigesysteme für die Fahrzeug- und Prozessführung. 54. Fachausschusssitzung Anthropotechnik. Bonn.

Goncalves, J., Rosetti, R., & Olaverri Monreal, C. IC-DEEP: A serious games based application to assess the ergonomics of in-vehicle information systems.

Gontar, P., & Haslbeck, A. (2012). Untersuchung der Nutzung des Primary Flight Displays durch Piloten unterschiedlicher Trainiertheit mittels Blickerfassung. In M. Grandt & S. Schmerwitz (Eds.): Vol. 2012-01. DGLR-Bericht, Fortschrittliche Anzeigesysteme für die Fahrzeug- und Prozessführung. 54. Fachausschusssitzung Anthropotechnik (pp. 263–271). Bonn.

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

Haslbeck, A., Gontar, P., & Schubert, E. (2012). The way pilots handle their control stick - effects shown in a flight simulator study. In Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt e.V. (Ed.): Vol. 19. Reports of the DLR-Institute of Transportation Systems, 30th European Annual Conference on Human Decision-Making and Manual Control. Proceedings (pp. 21–26). Braunschweig.

Haslbeck, A., Schubert, E., Gontar, P., & Bengler, K. (2012). The relationship between pilots' manual flying skills and their visual behavior: a flight simulator study using eye tracking. In S. Laundry, G. Salvendy, & W. Karwowski (Eds.): *Advances in Human Factors and Ergonomics, Advances in Human Aspects of Aviation* (pp. 561–568). Boca Raton: CRC Press.

Herbst, U., Dose, S., & Bengler, K. (2012). Ergonomische Gestaltung einer Mensch-Roboter-Interaktion auf Basis der Methode „Programmieren durch Vormachen“. In Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. (Ed.), Bericht zum 58. Kongreß der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft. Gestaltung nachhaltiger Arbeitssysteme (pp. 265–268). Dortmund: GfA Press.

Kienle, M., Damböck, D., Bubb, H., & Bengler, K. (2012). The ergonomic value of a bidirectional haptic interface when driving a highly automated vehicle. *Cogn Tech Work (Cognition, Technology & Work)*.

Knott, V., Krause, M., & Bengler, K. (2013). Einsatz des KOLIBRI-Ampelassistenten im realen Straßenverkehr - Eine kognitive Belastung für den Fahrer? In Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Ed.), *Chancen durch Arbeits-, Produkt- und Systemgestaltung*. Bericht zum 59. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft vom 27. Februar bis 01. März 2013 (pp. 437–440). Dortmund: GfA Press.

Körber, M., Eichinger, A., Bengler, K., & Olaverri Monreal, C. (2013). User Experience Evaluation in an Automotive Context. In IEEE IV (Ed.).



Krause, M., & Bengler, K. (2013). My Phone, My Car and I - And Maybe a Traffic Light Assistant. In R. Ege & L. Koszalka (Eds.), ICONS 2013, The Eighth International Conference on Systems (pp. 33–39).

Krause, M., & Bengler, K. (2012). Traffic Light Assistant - Driven in a Simulator. In R. Toledo-Moreo, L. M. Bergasa, & M. Á. Sotelo (Eds.), Proceedings of the 2012 International IEEE Intelligent Vehicles Symposium Workshops.

Krause, M., & Bengler, K. (2012). Traffic Light Assistant – Evaluation of Information Presentation. In G. Salvendy & W. Karwowski (Eds.), Advances in Human Factors and Ergonomics 2012. Proceedings of the 4th Ahfe Conference 21-25 July 2012 (pp. 6786–6795). CRC Press.

Krause, M., Rommerskirchen, C., & Bengler, K. (2012). Ampelassistent – Entwurf und Evaluation der Informationspräsentation. In Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Ed.), Gestaltung nachhaltiger Arbeitssysteme. 58. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (pp. 627–630). Dortmund: GfA Press.

Lehsing C., Bengler, K., Busch, F., & Schendzielorz, T. (2013). UR:BAN – the German Research Initiative for User Centered Driver Assistance Systems and Traffic Network Management. In Lehrstuhl für Verkehrstechnik (Ed.), mobil.TUM 2013 - ITS for Connected Mobility.

Manstetten, D., Bengler, K., Busch, F., Färber, B., Lehsing C., Neukum, A., & Schendzielorz, T. (2013). „UR:BAN MV“ - a german project focusing on human factors to increase traffic safety in urban areas. In Proceedings of the 20th ITS World Congress.

Müller, T., Gold, C., Eichinger, A., & Bengler, K. (2012). Identifying customeroriented key aspects of perception with focus on longitudinal vehicle dynamics. In G. Salvendy & W. Karwowski (Eds.), Advances in Human Factors and Ergonomics 2012. Proceedings of the 4th Ahfe Conference 21-25 July 2012. CRC Press.

Nelke, T., Sachse, K., Thüring, M., Olaverri Monreal, C., Dlugosch, C., & Bengler, K. An Approach to the Efficient Assessment of Safety and Usability of Computer-Based Control Systems (VeNuS 2). In Halden Program Group meetings (Ed.), An Approach to the Efficient Assessment of Safety and Usability of Computer-Based Control Systems (VeNuS 2)“ 7th meeting in the series of Enlarged Halden Program Group meetings, Storefjell, Gol, Norway 2013.

Okimoto, M., Olaverri Monreal, C., & Bengler, K. (2013). Usability Assessment in the Multicultural Approach. In Proceedings of the HCI International. Las Vegas, NV

Olaverri Monreal, C., Dlugosch, C., & Bengler, K. (2013). ManPro: Framework for the Generation and Assessment of Documentation for Nuclear Facilities. In Á. Rocha, A. M. Correia, T. Wilson, & K. A. Stroetmann (Eds.), Advances in Intelligent Systems and Computing (pp. 849–860). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Olaverri Monreal, C., Hasan, A., & Bengler, K. Semi-Automatic User Stories Generation to Measure User Experience. In CISTI 2013.

Olaverri Monreal, C., Lehsing C., Trübswetter N., Schepp C. A., & Bengler K. In-Vehicle Displays: Driving Information Prioritization and Visualization. In Proceedings of the 2013 IEEE Intelligent Vehicles Symposium.

Schmidtke, H., Jastrzebska-Fraczek, I. (2013). Ergonomie, Daten zur Systemgestaltung und Begriffsbestimmungen. Hanser Verlag, München.

## Fachgebiet Sportgeräte und –materialien

Brandauer, T., Senner, V., & Woitschell, J. (2012). Speed and Ability as modulating factors of the flow experience while skiing on prepared slopes. In E. Müller, S. Lindinger, & T. Stöggl (Eds.), Science and Skiing V (pp. 85–93). Meyer & Meyer Sport (UK) Ltd.

Guenzkofer, F., Bubb, H., Senner, V., & Bengler, K. (2012). Dependency of Knee Extension Torque on different types of stabilization. International Journal of Human Factors Modelling and Simulation, 3(1), 1–15.

Hermann, S., Lenz, R., Geier, A., Lehner, S., Souffrant, R., Woernle, C., et al. (2012). Muskuloskelettale Modellierung des patellofemorale Gelenks. Dynamische Analyse der patellaren Führung. Der Orthopäde, 41(4), 252–259.

Höchtel, F., Gleixner, W., Pernicka, M., Senner, V., Hsieh, T.-H., Chen, J.-J. J., et al. (2012). A method for quantifying impact loads from stone impact in mountain biking. Procedia Engineering, 34(1), 415–420.

Höchtel, F., Hein, M., Klug, S., & Senner, V. (2012). On the effect of chain stay impact on the structural safety of CFRP structures in mountain biking. Procedia Engineering, 34, 664–669.

Hölzel, C., Höchtel, F., & Senner, V. (2012). Cycling comfort on different road surfaces. Procedia Engineering, 34, 479–484.

Janta, M., Ebert, C., & Senner, V. (2012). Functionality and performance of customized sole inlays for various sports applications. Procedia Engineering, 34, 290–294.

Lehner, S., Somoshor, A., & Senner, V. (2012). Mathematical model of the energy absorbing stitch brake used in via ferrata climbing. Procedia Engineering, 34(34), 652–657.

Müller, E., Lindinger, S., & Stöggl, T. (Eds.) (2012). Science and Skiing V: Meyer & Meyer Sport (UK) Ltd.

Nusser, M., Fehle, A., & Senner, V. (2012). Preliminary Studies for Validation of a novel sensor fiber to measure forces in artificial knee ligaments. Procedia Engineering, 34, 236–241.

Senner, V., Schott, W., & Meyer, D. (2013). Notauslösung. SnowSport (Deutscher Skilehrerverband), 2012-13(4), 14–15.

Senner, V., Michel, F. I., & Lehner, S. (2013). Ski equipment-related measures to reduced knee injuries: Review of the potential for further technical improvements in recreational alpine skiing. bfu knowledge base: bfu - Swiss Council for Accident Prevention

# Herzlich Willkommen am Lehrstuhl für Ergonomie



Herr Dipl.-Ing. Martin Albert ist seit Mitte September 2012 als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Ergonomie tätig. Er studierte Maschinenbau und Management an der Technischen Universität München und verfasste eine Semesterarbeit und seine Diplomarbeit am Lehrstuhl. Darin beschäftigte er sich mit Fragestellungen des automatisierten Fahrens und legte damit den Grundstein für seine Spezialisierung in diesem Bereich.

In seinem Promotionsprojekt widmet sich Herr Albert im Rahmen der INI.TUM-Kooperation den Nutzererwartungen an die automatisierte Fahrt sowie den daraus resultierenden Anforderungen an den Fahrerarbeitsplatz.



Frau Carmen Aringer M.A. ist seit Januar 2013 wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Ergonomie. Sie studierte von 2002 bis 2006 Kommunikationswissenschaften (Magisterstudiengang) mit den Nebenfächern Psychologie und Recht an der LMU München. Die letzten

Jahre war sie in einem Handelskonzern und einem Wohlfahrtsverband in den Bereichen Personalentwicklung und Weiterbildung tätig. Ihr berufs begleitendes Masterstudium Bildungs- und Kompetenzmanagement an der Deutschen Universität für Weiterbildung in Berlin schloss sie 2012 mit einer Arbeit zu Kompetenzen als Ausgangsbasis für die Weiterentwicklung eines Personalentwicklungskonzepts im öffentlichen Sektor ab. Aktuell beschäftigt sich Frau Aringer mit der Ausgestaltung altersgerechter Arbeitsplätze und darauf aufbauenden Schulungskonzepten für Unternehmen.



Herr Dipl.-Ing. Ilja Feldstein ist seit Dezember 2012 als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Ergonomie tätig. Er studierte im Zuge eines Doppeldiploms am Karlsruher Institut für Technologie und der Arts et Métiers ParisTech Maschinenbau und schloss sein

Studium an der ETH Zürich am Sensory-Motor Systems Lab ab. Die Vertiefungsrichtung während des Studiums lag im allgemeinen Maschinenbau mit Schwerpunkten in der Medizintechnik, Projektmanagement und der Energietechnik.

Aktuelle Forschungsschwerpunkte am LfE betreffen das UR:BAN-Projekt im Teilgebiet „Vernetzte Simulationen“, sowie kleinere Projekte im Bereich der Fahrerassistenz-Systeme und der Sportgerätektechnik.



Herr Dipl.-Ing. Harald Finke unterstützt das Team des Lehrstuhls für Ergonomie seit November 2012 für vier Monate als wissenschaftlicher Mitarbeiter. Er studierte Maschinenbau an der Technischen Universität München mit den Schwerpunkten Ergonomie und Fahrzeugtechnik.

Im Rahmen seiner Diplomarbeit bei der Daimler AG beschäftigte er sich mit der Insassenpositionierung im Kraftfahrzeug mittels RAMSIS/sitzt. Während seiner Zeit am Lehrstuhl arbeitet Herr Finke am Thema Augmented Reality im Gabelstapler.



Seit Juli 2012 ist Herr Dipl.-Ing. Magnus Helmbrecht als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Ergonomie (LfE) tätig. Während seines Studiums des Maschinenwesens mit den Schwerpunkten Antriebstechnik und Elektronik fand er seinen Weg an den LfE im

Rahmen einer Semesterarbeit zur Evaluation der Rückansichten im statischen Fahrsimulator. Auch seine Diplomarbeit führte er als Probandenstudie am Fahrsimulator des LfE durch. Thema dieser Arbeit war die Untersuchung des Einflusses der Komplexität von Verkehrssituationen auf Erfolg und Akzeptanz vorausschauender Assistenzsysteme.

Gegenwärtig beschäftigt er sich im Zuge einer in Kooperation mit BMW durchgeführten Feldstudie mit der Analyse von Fahrstrategien im Umgang mit Elektrofahrzeugen.



Seit dem 01.08.2012 verstärkt Ralf Kassirra das Team des Lehrstuhls für Ergonomie. Er ist eine durch das bayerische Staatsministerium für Unterricht und Kultus an die Technische Universität München abgeordnete Lehrkraft für besondere Aufgaben und übernimmt seit

dem Wintersemester 2012/2013 als Nachfolger von Dr. Karl Werner Müller Lehrveranstaltungen im Bereich Berufskunde und des Berufsbildungsrechts im Rahmen der Lehrerbildung. Außerdem wird er in den kommenden Jahren zum übergeordneten Thema „Motivationsfördernde Faktoren in Aufgabenstellungen“ im Rahmen der eigenen Promotionsarbeit forschen und an einigen Projekten im Bereich des Fachgebiets der Didaktik der Arbeitslehre mitarbeiten.

Er studierte Lehramt für Hauptschulen an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg.

berg und absolvierte seinen Vorbereitungsdienst (Referendariat) im Schulamtsbezirk Ansbach, bevor er fünf Jahre an der Volksschule Poing (später Mittelschule Poing) als Klassenleiter überwiegend in den Jahrgangsstufen 9 und 10 des Mittlere-Reife-Zuges tätig war. Im Schulamtsbezirk Ebersberg war er über seine Tätigkeit als Klassenleiter hinaus für vier Jahre als Multiplikator für die Einführung der Modularen Förderung im Fach Deutsch im Rahmen der Umstrukturierung von der Haupt- zur Mittelschule mitverantwortlich. Seit dem Jahr 2010 bahnte er als SchuleWirtschaft-Experte Kooperationen zwischen Schulen und den regionalen Betrieben im Landkreis mit eigenen Projekten an. In seiner Schule arbeitete er als Mitglied des Arbeitsstabs (mittlere Führungsebene) aktiv an der Gestaltung des Schullebens mit. Die Brücke zum jetzigen Arbeitsbereich (Lehrerbildung) schlägt seine Tätigkeit als Praktikums- und auch Betreuungslehrkraft im Rahmen der ersten bzw. zweiten Ausbildungsphase zukünftiger Lehrkräfte.



Frau Dipl.-Ing. Verena Knott unterstützt seit Januar 2013 als wissenschaftliche Mitarbeiterin das Team des Lehrstuhls für Ergonomie (LfE) der Technischen Universität München (TUM).

Sie studierte im Diplomstudengang Maschinenwesen mit den Schwerpunkten Medizintechnik und Ergonomie an der TUM und absolvierte neben einer Semesterarbeit auch ihre Diplomarbeit am LfE. Während ihrer Abschlussarbeit beschäftigte sie sich im Rahmen des KOLIBRI-Projektes mit Probandenstudien zur KOLIBRI-Ampelassistenten im realen Straßenverkehr und betrachtete dabei insbesondere die Veränderungen der Reaktionszeiten sowie des Blickverhaltens während der Nutzung des Fahrerassistenzsystems. Auch aktuell fokussiert Frau Knott in einem der laufenden Projekte die Fahrerablenkung und befasst sich dabei mit der Optimierung der Darstellungen in einem Flurförderzeug.

Im Rahmen ihrer Promotion im Bereich der Anthropometrie/Biomechanik wird sie sich zukünftig auf die Entwicklung und Validierung einer körpergetragenen Hebehilfe zur Unterstützung der Lasthandhabung konzentrieren. Ab Wintersemester 2013/2014 wird Frau Knott zudem in die Lehre eingebunden sein und die Lehrveranstaltung „Arbeitswissenschaft/Ergonomics“ als Vorlesungs- und Übungsbetreuung unterstützen.



Herr Dipl.-Psych. Moritz Körber ist seit Juli 2012 am Lehrstuhl als wissenschaftlicher Mitarbeiter tätig. Er hat von 2006 bis 2012 an der Universität Regensburg Psychologie und Betriebswirtschaftslehre studiert. In seiner Diplomarbeit setzte er sich mit ethischer Führung und deren Auswirkung auf das Verhalten von Mitarbeitern auseinander. Am Lehrstuhl beschäftigt er sich nun mit der Messung von User Experience im Automobilbereich und mit der Erfassung von Ablenkung und mentaler Beanspruchung.



Herr Dipl.-Ing. Alexander Lange ist seit November 2012 als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Ergonomie tätig. Er studierte Maschinenwesen an der Technischen Universität München. In seiner Diplomarbeit beschäftigte

er sich in Zusammenarbeit mit einem Automobilhersteller mit der Ansteuerung des Lenksystems eines automatisiert fahrenden Fahrzeugs. In den folgenden Jahren wird er sich auch weiterhin mit dem Thema automatisierte Fahrzeugführung befassen und im Rahmen einer Industriekooperation die kinästhetische Wahrnehmung von Fahrdynamik bei der automatisierten Fahrt untersuchen. Schwerpunkt ist dabei die Auslegung automatisierter Fahrmanöver mit dem Ziel eines vorhersehbaren Fahrverhaltens.



Herr Dipl.-Ing. Daniel Meyer ist seit Januar 2013 als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet für Sportgeräte und -materialien tätig. Er studierte Maschinenwesen mit den Schwerpunkten „Systematische Produktentwicklung“ und „Produktionstechnik“ an der Technischen Universität München. Nach einer Semesterarbeit über Bewegungsanalysen beschäftigte er sich in seiner Diplomarbeit mit der Entwicklung einer Notauslösevorrichtung für Tourenskibindungen. Er ist im Rahmen des eGAP (Elektromobilität Garmisch Partenkirchen)-Projekts „Quadrat“ tätig und beschäftigt sich mit der Entwicklung eines Reichweitenmodells sowie einer biometrischen Antriebsunterstützung für Pedelecs.



Frau Lisa Pfannmüller ist seit Dezember 2012 als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Ergonomie tätig. Sie studierte Psychologie (B.Sc.) an der Universität Heidelberg und neuro-kognitive Psychologie (M.Sc.) an der LMU

München. Im Rahmen ihrer Bachelorarbeit untersuchte sie den Zusammenhang von Dopamin und kognitiver Flexibilität. Während ihres Masterstudiums beschäftigte sie sich vor allem mit visueller Wahrnehmung und Aufmerksamkeit, sowie der visuomotorischen Koordination. Im Rahmen ihrer Masterarbeit an der Harvard University untersuchte sie den Zusammenhang von visuellem Suchverhalten und diagnostischer Performanz von Radiologen bei der Schlaganfalldiagnose.

Hier am LfE ist Frau Pfannmüller INI.TUM-Doktorandin bei der AUDI AG und beschäftigt sich mit der Optimierung der Anzeigeconzepte für ein kontaktanaloges Head-up Display.



Frau Dipl.-Ing. Annika Uhlerr arbeitet seit April 2013 als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Ergonomie. Ihr Studium in Maschinenwesen absolvierte sie an der Technischen Universität München mit den Schwerpunkten Ergonomie und Systematische

Produktentwicklung. In ihren Semesterarbeiten befasste sie sich zum einen mit dem Sitzkomfort in Rollstühlen und zum anderen mit der Optimierung des Tragekomforts eines Eye Tracking Systems. Im Rahmen ihrer Diplomarbeit fokussierte sie sich erneut auf Rollstühle, ermittelte komfortrelevante Faktoren und entwickelte einen diesbezüglich verbesserten Prototyp.

Anfang 2013 verbrachte sie zunächst einige Zeit bei TUM CREATE in Singapur, wo sie die Sitzentwicklung ergonomisch unterstützte. Am Lehrstuhl für Ergonomie wird sie schwerpunktmäßig Projekte im Bereich der Anthropometrie zum Thema Sitzkomfort bearbeiten.

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:

**Daniel Damböck, Harald Finke, Fabian Günzkofer, Pitarn Hiamtoe, Franz Höchtl, Paul Kirchner und Claudia Sedlmeier.**

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



# Herbert Rausch wird 60 – mit „Kopf, Herz und Hand“ für unseren Lehrstuhl engagiert

Ralf Kassirra

*Am 03.07. feierte unser geschätzter Kollege Dr.-Ing. Herbert Rausch seinen 60. Geburtstag. Diese Gelegenheit wollen wir nutzen, um einen Blick auf seine langjährige Tätigkeit am Lehrstuhl für Ergonomie zu werfen und sein beständiges Engagement zu würdigen.*

Nach dem Studium des Maschinenbaus an der Technischen Hochschule München (später TUM) war er zunächst als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Werkzeugmaschinen (Prof. K.G. Müller) tätig, bevor er aufgrund des im Zuge der Akademisierung der Lehrerbildung aufkommen- den Bedarfs an lehrendem Personal an den Hoch- schulen seine zweite Leidenschaft, das Lehramt entdeckte. Auf das Studium des Lehramtes an Berufsschulen folgten drei engagierte Jahre als Lehrer zunächst in Bad Tölz, später in Roth, in denen er bis heute prägende unterrichtspraktische Erfahrungen sammelte. Als Nachfolger von Dr. Zieris am damaligen Institut für Ergonomie holte ihn dann Professor Heinz Schmidtke zurück in den Hochschuldienst. Mit „Kopf, Herz und Hand“ setzt er sich seitdem für „seine“ Lehramtsstudie- renden zunächst im Bereich „Berufskunde“ spä- ter dann als „Arbeitslehredidaktiker“ des Hoch- schulstandortes München ein. Mit dem nötigen Maß an Geduld und Verständnis, stets spürbarem, ernsthaftem Interesse am Menschen, aber auch immer mit Blick auf die berufspraktische Relevanz begeistert er bis heute Studierende für das Fach Arbeitslehre. Besonders wichtig ist ihm dabei im- mer, die Lebensbedeutsamkeit und damit den ein- zelnen Menschen in den Mittelpunkt aller Überle- gungen zu stellen. „Was haben die Schülerinnen und Schüler davon?“ ist zentrale Leitfrage und gleichzeitig Prämisse seines engagierten Wirkens im Bereich der Lehrerbildung.

Parallel dazu forschte und wirkte Herbert Rausch wissenschaftlich auf dem Gebiet des Einflusses von Rollenschwingungen auf den Menschen (Vgl. hierzu Rausch 1990: „Entwicklung eines Bewer- tungsverfahrens für rotatorische Schwingungsbe- lastungen“). In seiner Dissertation lieferte er hierzu wesentliche Erkenntnisse. Später beschäftigte es sich mit Fragestellungen auf dem Gebiet der ak- tiven Bedienelemente. Seine neueste Zielsetzung ist es, grundlegende Kenntnisse der Arbeitswis- senschaften und der Ergonomie, für den Bereich der Pädagogik und Didaktik nutzbar zu machen.

Schließlich ist Herbert Rausch aktiv in sämtliche verwaltungs- und finanztechnische Entschei- dungen und in organisatorische Prozesse des Lehr- stuhls eingebunden. Dabei „hält er das Geld zu- sammen“ und hat jederzeit den Überblick. Nicht nur in dieser Rolle trägt er durch seine stets menschliche und zuvorkommende Art und seinen Einsatz für die Interessen aller und auch Einzel- ner unser Lehrstuhlteam zusammen. Sein Interes- se an der Gemeinschaft des Kollegiums belegen ebenso sein aktives Mitwirken im Fakultätsrat und innerhalb des Konvents der wissenschaftlichen Mitarbeiter. Wir sind stolz, einen so engagierten, scharfsinnigen, diplomatischen, angenehmen und unkomplizierten Menschen zu unserem Kollegen- kreis zählen zu dürfen und danken ihm im Namen aller Kolleginnen und Kollegen herzlich für seine Arbeit an unserem Lehrstuhl und freuen uns auf die nächsten gemeinsamen Jahre!



# Das Buch „ERGONOMIE - Daten zur Systemgestaltung und Begriffsbestimmungen“

von Heinz Schmidtke und Iwona Jastrzebska-Fraczek ist im Januar 2013 in Hanser Verlag erschienen.

Das 785 seitiges Buch mit mehr als 530 Abbildungen kann auch unter dem Motto „Nichts vergessen“ stehen, denn die optimale Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle, die umfassend alle notwendigen Anforderungen aus ergonomischer Sicht erfüllt, garantiert die Qualität des Produktes und sorgt gleichzeitig für die sichere und zuverlässige Bedienung, die Zufriedenheit und die Akzeptanz der Nutzer.



Abb. 1: Ein Blatt aus dem die Vorschau Hanser Verlag Frühjahr 2013

Oft liegt zwischen den ergonomischen Erkenntnissen und der Betriebspraxis noch ein tiefer Graben (Landau, 2011). Auf dem Kongress A+A 2011 wurde die Frage diskutiert, warum das vorhandene ergonomische Wissen bei der Maschinen und Systemen Gestaltung nicht genügend genutzt wird: „Hierbei rückt insbesondere die unzureichende Kommunikation zwischen den Ergonomen, Konstrukteuren, Designer, Herstellern, Käufern und Nutzern als möglicher Grund für schlechte ergonomische Gestaltungen näher in den Fokus der Betrachtung“ (Landau 2011). Mit dem Erscheinen des Buches „ERGONOMIE Daten zur Systemgestaltung und Begriffsbestimmungen“ wird diese Kommunikationslücke ein wenig geschlossen und der Aufwand für die Suche nach ergonomischen Anforderungen minimiert. Der Hanser Verlag schreibt in seiner Vorschau Frühjahr 2013, dass das Buch einzigartig sei. Wohl wahr!

## Literatur

Landau, K. (2011). Themenpark „Workplace-Design“ rückt ergonomische Arbeits- und Prozessgestaltung in den Fokus. ASU protect Das Magazin für Arbeitsschutzmanagement Gentner Verlag Ergonomia

## Aktionstag „Denk an mich. Dein Rücken“ am 1. Juni 2013 auf dem Odeonsplatz in München

Am 1. Juni fand der Aktionstag der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung auf dem Odeonplatz in München statt. Das Thema in diesem Jahr war: „Denk an mich. Dein Rücken“ im Beruf, Alltag und Verkehr – Prävention zum Mitmachen und Erleben. Verschiedenste Aktionspartner haben Vorführungen und Mitmachaktionen angeboten. So auch der Lehrstuhl für Ergonomie. Mithilfe einer Druckmessmatte wurde interessierten Personen gezeigt wie der Fahrersitz in einem Auto rückengerecht und komfortabel eingestellt wird. Trotz des eher schlechten Wetters, war es ein interessanter und erfolgreicher Tag.



## Visiting Professor Maria Lúcia Leite Ribeiro Okimoto

Dr. Maria Lúcia Leite Ribeiro Okimoto graduated in Industrial design from the “Universidade Federal do Paraná”, Brazil, 1983. 1994 she obtained her master’s degree in production engineering and 2000 her doctorate degree in production engineering from the “Universidade Federal de Santa Catarina”, Brazil. Currently she is a professor in the department of Mechanical Engineering at the “Universidade Federal do Paraná”. From July 2012 till February 2013 she was a visiting professor at the Institute of Ergonomics, Technische Universität München. Dr. Okimoto is a member of the advising committee for architecture at the Araucaria-Paraná Foundation. She is also involved in the Design and Mechanical Engineering program and coordinates the mechanical engineering course as well as the lab of ergonomics and usability. Her main areas or research are the following:

- Product Development, focusing on knowledge and implementation of evaluation methods in the different phases of product development, in order to integrate the different aspects of engineering design.

- Design and Usability aiming methods and techniques for the assessment of product usage considering user behavior.
- Ergonomics, Universal Design and Accessibility, aiming the ergonomic assessments of work activities, equipment and products such as vehicles and transportation systems.
- Virtual Ergonomics, focusing on deepen the knowledge of virtual modeling and promoting ergonomic simulation of products.

At the Institute of Ergonomics she conducted research on mapping of cultural context variables in usability testing with the support of Dr. Cristina Olaverri Monreal. Additionally, she performed literature research for the “Usability Assessment in The Multicultural Approach” article that was presented at the HCI2013 International Congress in Las Vegas. Further activities at the Institute of Ergonomics (LfE) included usability testing through Eye track equipment with support of LfE researchers, participation in seminars and preparation of scientific articles.

## Sommerfest 2012

Am 6. Juli 2012 lud der Lehrstuhl für Ergonomie alle Mitarbeiter, Ehemalige und Projektpartner zum all-jährigen Sommerfest ein.

Anregende Stationen sowie gemütlichen Beisammensein beim Grillen machten diesen Tag zu einem Erfolg.





**IMPRESSUM:**

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

ISSN: 1616-7627

**Verantw. i.S.d.P.:**

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