

# Ergonomie AKTUELL

Die Fachzeitschrift des Lehrstuhls für Ergonomie

Ausgabe 017 | Sommer 2016 | ISSN 1616-7627



# Impressum

---

## **IMPRESSUM:**

### **Ergonomie Aktuell**

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

#### **Herausgeber:**

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

#### **ISSN: 1616-7627**

Verantw. i.S.d.P.:

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

#### **Redaktion:**

Prof. Dr. phil. Klaus Bengler  
Prof. Dr.-Ing. Sportl. Veit Senner  
Dr. Herbert Rausch  
Moritz Körber  
Jonas Schmidtler  
Julia Fridgen

#### **Layout:**

Julia Fridgen/TUM

#### **Druck:**

Printy A. Wittek GmbH  
80333 München

© Lehrstuhl für Ergonomie.

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

#### **Zum Sprachgebrauch:**

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

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

allen langjährigen Lesern der Ergonomie aktuell wird das neue Layout unserer Lehrstuhlzeitung auffallen. Es orientiert sich am Erscheinungsbild aller Medien der Technischen Universität München und ihrem neuen CI.

Auch wenn Sie das traditionsreiche Logo des Lehrstuhls für Ergonomie vermissen sollten, dann seien sie versichert, dass Inhalt und Aufbau unserer Zeitung auch in diesem Jahr wie gewohnt einen sehr interessanten Überblick über das zurückliegende Jahr geben.

Diese Ausgabe der Ergonomie Aktuell zeigt, dass die Entwicklung zu Industrie und Mobilität 4.0 den Ergebnissen unserer Forschungsaktivitäten großes Gewicht verleiht.

Die zunehmende Digitalisierung ermöglicht es die Mensch-Maschine-Interaktion grundsätzlich zu überdenken. Möglichkeiten zur Individualisierung, die schon lange diskutiert werden, sind nun technisch möglich; sie dürfen den Anwender aber nicht verwirren. Die Interaktion zwischen Mensch und Roboter soll von den psychophysischen Grundlagen profitieren, die am Lehrstuhl für Ergonomie erarbeitet werden.

Auch im Bereich der ergonomischen Bewertungsmethoden werden durch Vernetzung und Digitalisierung differenziertere Untersuchungen möglich.

Gerade die automatisierte Fahrzeugführung wirft Fragen der Kooperation zwischen verschiedenen Verkehrsteilnehmern auf. Wir sind mit den vernetzten Simulatoren bestens darauf vorbereitet und konnten unsere Vernetzung zu internationalen Forschungslabors in Frankreich und China erfreulich ausbauen.

Am Lehrstuhl für Ergonomie beforschen wir die verschiedenen 4.0 Entwicklungen mit großer Intensität und wagen den Brückenschlag zwischen Industrie, Mobilität, Bildung und Arbeit 4.0. Denn eines ist si-



cher: den einzelnen Menschen erreichen die Effekte 4.0 in ihrer Verbindung. Die Erkenntnisse der Ergonomie spielen eine ausschlaggebende Rolle, damit sie in ihrer jeweiligen Ausprägung Nutzen stiften und die Qualität von Leben und Arbeit steigern.

Es freut mich ganz besonders, dass wir in diesem Jahr zum ersten Mal den Heinz Schmidtke Preis für den besten Masterabschluss in Human Factors und Ergonomie verleihen können. Der Preis wird von der Familie des ehemaligen Lehrstuhlinhabers Professor Heinz Schmidtke getragen und stellt eine besondere Auszeichnung dar.

Ich danke allen wissenschaftlichen Mitarbeitern, Studierenden, den Mitarbeitern in der Werkstätten und vor allem Frau Fridgen, die der Ergonomie aktuell zum neuen Layout im TUM CI verholfen hat.

Wie sie sehen und vor allem lesen können, blicken wir wieder auf ein sehr erfolgreiches Jahr mit vielen Ergebnissen zurück. Dafür bedanke ich herzlich bei allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Lehrstuhls, den Kooperationspartnern in Forschung und Industrie, der TUM und auch unseren Studierenden insbesondere im Studiengang Human Factors Engineering.

Ihr

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

Klaus Bengler



---

Impressum	02	Erfolgreicher Abschluss – Wissenschaftliche Konferenz zum Projektende von UR:BAN <i>Christian Lehsing</i>	41
Editorial	03		
Der mobile Mensch in der Industrie 4.0 <i>Jonas Schmidtler, Moritz Körber, Jonas Radlmayr, Carmen Aringer, Ralf Kassirra und Herbert Rausch</i>	06	VacuuAir: Die Technologie, die aus Luftmatratzen Surfboards macht <i>Stefan Klare</i>	45
KobotAERGO – Adaptive kollaborative Roboter für eine ergonomische und flexible Materialhandhabung <i>Jonas Schmidtler</i>	13	Veröffentlichungen von Sommer 2015 bis Sommer 2016	48
Der Ergonomie-Messkoffer – Schüler/innen für Ergonomie sensibilisieren und für Technik interessieren <i>Ralf Kassirra, Inga Simm, Carmen Aringer und Anja Schiepe-Tiska</i>	20	Dissertationen	53
Von Augmented Reality zur Kontaktanalogie: Zukunft des Head-Up Displays <i>Matthias Walter</i>	23	Abgeschlossene Diplom- und Masterarbeiten	54
Einführung in die inferenzstatistische Auswertung mit Bayes-Statistik <i>Moritz Körber</i>	27	Auszeichnungen und Ehrungen	57
Automation and Society: The Case of Highly Automated Driving ASHAD <i>Anna Feldhütter</i>	34	Neue Projekte	59
Gestensteuerung und ihr Nutzen im Nutzfahrzeug <i>Michael Stecher</i>	36	Neue Mitarbeiter	63
Kooperatives hochautomatisiertes Fahren Ko-HAF <i>Jonas Radlmayr</i>	40	Abschied	66
		Rückblick	67

# Der mobile Mensch in der Industrie 4.0

Jonas Schmidtler, Moritz Körber, Jonas Radlmayr, Carmen Aringer, Ralf Kassirra und Herbert Rausch

## Motivation

In vielen Anwendungsbereichen ist die Kennzeichnung von Innovationen und Paradigmenwechseln mit der Marke oder Versionsnummer 4.0 nicht mehr wegzudenken. Damit diese numerische Kennung aber nicht zu einer leeren Worthülse wird, sind konkrete Aktionen gerade in der Ergonomie gefragt. Domänenübergreifend kann wohl X 4.0 damit charakterisiert werden, dass die Vernetzung zwischen physischen Einheiten und der Grad der Digitalisierung deutlich steigen werden. Mit diesem allgemein fortschreitenden Grad der Digitalisierung geht eine mögliche Automatisierung in Mobilität und Industrie einher. Es entstehen für das Individuum, in den Organisationen und in der Gesellschaft zunehmend Fragestellungen zur Rolle, zu den Aufgaben und zu den Kompetenzen des Menschen in der Interaktion mit neuartigen Technologien (Abbildung 1). Dabei stehen aus Sicht des Lehrstuhls für Ergonomie folgende Leitaspekte im Fokus der zukünftigen Forschungsthemen:

- Zunehmende Kooperation und Automation sollen den Menschen entlasten, effizient unterstützen und die Sicherheit erhöhen.
- Vollautomation wird den Anforderungen an Sicherheit, Komplexität und Flexibilität nicht gerecht, weshalb der Mensch nach wie vor stets in das Geschehen integriert sein muss.
- Vor allem durch ergonomisch gestaltete komplementäre Zusammenarbeit zwischen Mensch und Technik kann die Beanspruchung des Menschen reduziert, die Leistung des Systems weiter gesteigert und die Akzeptanz neuartiger Technologien gewährleistet werden.

Durch bessere Informationsverarbeitung und Kommunikation werden zunehmend Arbeitsschritte automatisiert, welche vorher nur vom Menschen ausgeführt werden konnten. Wie bereits Wiener und Curry (1980) festgestellt haben, ist die Frage nicht länger, welche Funktionen automatisiert werden können, sondern eher, welche automatisiert werden sollten.

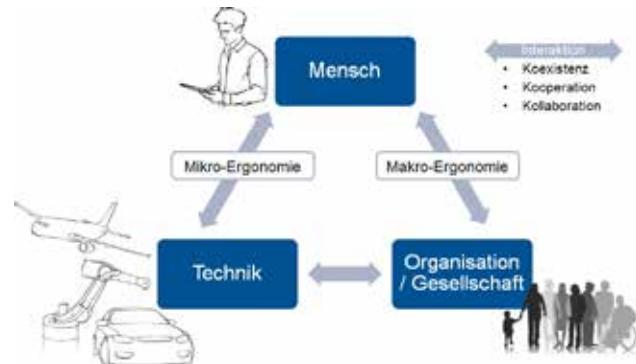


Abbildung 1. Triade der Interaktion aus Mensch, Technik und Organisation/Gesellschaft.

An dieser Stelle ist sich unsere Gesellschaft einig, dass dies besonders für Funktionen mit den Eigenschaften der berühmten drei „Ds“ (dirty, dangerous, demanding) gilt. Dabei sollten ergonomische Aspekte und nicht nur Rationalisierungsgründe im Vordergrund stehen. Durch intelligenten Technologieeinsatz soll der Mensch nicht ersetzt, sondern einzelne Prozessschritte optimiert und vereinfacht werden.

Es werden jedoch sowohl im Bereich des Transportwesens als auch im Bereich der industriellen Fertigung stets Systemgrenzen der Automation erreicht werden, welche auch durch neueste und ausgereifteste künstliche Intelligenz nicht ohne enge Kooperation mit dem Menschen zu handhaben sind.

Aus Sicht der Interaktion zwischen Mensch und Technik (Mikro-Ergonomie, Abbildung 1) tritt dort speziell die so genannte „verteilte Handlungsträgerschaft“ (Hirsch-Kreinsen & Hompel, 2016), auch als shared control (Abink, Mulder & Boer, 2012) bekannt, als zentraler Forschungsaspekt auf den Plan. Durch eine komplementäre Funktionsverteilung zwischen Mensch und Maschine bleibt der Mensch stets auf dem Laufenden über den aktuellen Zustand und kann jederzeit ohne große Hürden eingreifen. Auf diese Art und Weise kann der menschliche Kooperationspartner das technische System und die kooperativen Vorgänge zu jederzeit vollständig und intuitiv verstehen (Norman, 1990).

Die Interaktion zwischen dem einzelnen Menschen und einer Organisation oder der Gesellschaft (Makro-Ergonomie, Abbildung 1) wird dabei mit zunehmender Automatisierung von Änderungen der Aufgaben- und Arbeitsinhalten geprägt sein. Dabei wird es wichtig, auf umfassende und vollständige Arbeitsinhalte, Gestaltungsspielräume und Lernpotenziale für den Einzelnen zu achten, um dem Individuum die Möglichkeit zu geben, nicht mehr nur ausführendes, sondern leitendes Mitglied des Verbundes Mensch-Technik-Organisation zu werden.

Daher ist es das Anliegen des Lehrstuhls für Ergonomie sich mit dem mobilen Menschen im zukünftigen Arbeitsumfeld auseinanderzusetzen. Dabei wird die Eigenschaft mobil sowohl als Ortsflexibilität als auch körperliche, geistige und organisationale Flexibilität interpretiert.

Ein ähnlicher Ansatz, nämlich domänenübergreifend Interaktionsprinzipien für kooperative Mensch-Maschine-Systeme in den Bereichen Transport und Robotik zu gestalten und zu untersuchen, wurde bereits bei Bengler, Zimmermann, Bortot, Kienle und Damböck (2012) erstmals vorgestellt und dient als Leitkonzept für die weiteren Vorhaben in den Bereichen Mobilität, Industrie und Lernen 4.0.

## Mobilität 4.0

Die Einführung automatisierter Fahrzeuge verändert die Rolle des Menschen im Fahrzeug. Bisher führt er das Fahrzeug aktiv und wird gegebenenfalls durch Fahrerassistenzsysteme bei der Bearbeitung von Teilaufgaben der Fahraufgabe unterstützt (Körber, Weißgerber, Blaschke, Farid & Kalb, 2015). Die aktive Rolle kann in Zukunft jedoch auch durch eine Fahrzeugautomation übernommen werden, sodass der Fahrer – je nach Automationsgrad – entweder nur noch eine passive Rolle als Kontrollinstanz oder als Rückfallebene einnimmt. Dadurch ändert sich die Aufgabe und mit ihr auch die Anforderungen an den bisherigen Fahrer. Dieser muss nun als Kontrollinstanz dauerhaft vigilant und wachsam bleiben, ohne

aktiv mit der Fahraufgabe beschäftigt zu sein. Im Falle einer Übernahmesituation muss der Fahrer schnell die Situation erfassen, von der Überwachungsaufgabe oder einer fahrfremden Tätigkeit zur Fahraufgabe wechseln und während laufender Fahrt die manuelle Fahrzeugführung wieder übernehmen (Gold, Körber, Lechner & Bengler, 2016). Aus anderen Domänen bekannte Automationseffekte, wie zum Beispiel der Verlust der manuellen Fertigkeit, sind nun ebenfalls relevant. Aber auch hinsichtlich der Gestaltung entstehen neue Anforderungen: Damit sich die aus der Einführung von Automation erwarteten Vorteile (Komfortgewinn, Sicherheitsgewinn, höhere Verkehrseffizienz) ergeben, muss der Fahrer die Automation akzeptieren, diese auch tatsächlich nutzen und ihr vertrauen. Da der Fahrer durch die Abgabe der Fahraufgabe seine Sicherheit in die Hände der Fahrzeugautomation legt, muss diese ausreichend vertrauenswürdig und an die Fähigkeiten des Menschen angepasst gestaltet werden (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, 2015). Im Umfeld dieser soziotechnischen Entwicklung zeichnet sich eine Vielzahl relevanter Forschungsfragen ab (Gasser & Schmidt, 2015).

Die aktuelle Forschung am Lehrstuhl für Ergonomie befasst sich hauptsächlich mit dem Automationsgrad Hochautomation (Gasser, 2012; Level 3 in NHTSA, 2013), bei dem Fahrer temporär die Fahraufgabe an das System abgeben, nicht überwachen müssen und fahrfremden Tätigkeit nachgehen dürfen. An Systemgrenzen dient der Fahrer weiterhin als Rückfallebene. Bisherige Untersuchungen befassten sich vor allem mit Ablenkung des Fahrers beim manuellen Fahren. Da bei der hochautomatisierten Fahrt die fahrfremde Tätigkeit als primäre Aufgabe verstanden wird, können bekannte Ergebnisse aus diesen Studien nur eingeschränkt auf Fragen zum automatisierten Fahren angewendet werden (Körber, Gold, Lechner & Bengler, 2016).

Die ersten Studien zum automatisierten Fahren am Lehrstuhl für Ergonomie untersuchten vor allem das Zeitbudget, das für eine Transition von Hochautomation hin zu manuellem Fahren notwendig ist. Un-

terschiedliche Verkehrssituationen und fahrfremde Tätigkeiten zeigen einen unterschiedlichen Einfluss auf die Qualität der Übernahme und das benötigte Zeitbudget (Radlmayr, Gold, Lorenz, Farid & Bengler, 2014). Große inter- und intraindividuelle Unterschiede beim Fahrer bedingen allerdings die Notwendigkeit, den Fahrerzustand im Allgemeinen sowie die Verfügbarkeit des Fahrers für eine Übernahme genauer zu untersuchen. Neben Vigilanz, Müdigkeit und kognitivem Workload können weitere Fahrerzustände die Verfügbarkeit negativ oder positiv beeinflussen und müssen für den zukünftigen Anwendungsfall untersucht werden.

Dabei werden zunehmend bekannte Sensoren, wie Eye-Tracker, Körper-Tracker, physiologische Mess-Systeme, wie EKG und weitere, verwendet, um die oben genannten Zustände und Einflüsse zu erklären. Ziel ist dabei nicht nur die rückwirkende Erklärung von Effekten und Einflüssen auf die Qualität einer Übernahme, sondern zunehmend auch die Quantifizierung und – sofern möglich – die Vorhersage des benötigten Zeitbudgets, um die Sicherheit und den Komfort von Übernahmesituativen besser abschätzen zu können.

Übergeordnetes Ziel ist die Einführung von Systemen, die neben den angesprochenen Zielen des Sicherheitsgewinns, der Steigerung der Verkehrseffizienz und des volkswirtschaftlichen Gewinns vor allem den Nutzer und dessen Zeit in den Fokus stellen: Individuelle Mobilität mit dem Automobil benötigt in den allermeisten Fällen den Fahrer als aktive Person, die zur Führung und Kontrolle des Automobils notwendig ist. Automatisiertes Fahren wird als Chance verstanden, dem Fahrer in Zukunft die Option anbieten zu können, seine Zeit im Automobil freier und individueller zu gestalten.

## Industrie 4.0

Soziale, technologische und gesetzliche Änderungen ermöglichen neue Lösungsansätze, um den Menschen in zukünftigen industriellen Umgebungen zu unterstützen (Kagermann, Wahlster &

Helbig, 2013; Schmidtler et al., 2015; Schmidtler, Hölzel, Knott & Bengler, 2014). Der fortschreitende demographische Wandel und die damit einhergehenden diversen physischen und geistigen Eigenschaften und Fähigkeiten der Mitarbeiter sind durch klassische ergonomische Lösungsansätze nicht mehr handhabbar. Anforderungen aus den Trends der stetigen Mechanisierung und Automatisierung und der gegensätzlichen Bewegung einer auf individuellen Kundenwünschen basierenden Massenproduktion bergen enorme Herausforderungen an neue Produktionssysteme. Sinkende Losgrößen (bis hin zur magischen Marke der Losgröße gleich 1) und die gleichzeitig zunehmende Komplexität der herzustellenden Produkte kann weder vom Menschen noch von automatisierten Produktionsanlagen alleine gemeistert werden. Sogenannte hybride Teams, bestehend aus Mensch und Automation, stellen einen vielversprechenden Lösungsansatz dar, indem sie versuchen, die Schwächen des einen Partners durch die Stärken des jeweils anderen Partners auszugleichen.

Ein derartiges hybrides System kann mit Einführung aktueller Normen (bspw. DIN EN ISO 10218 und ISO/TS 15066) nun beispielsweise in Form einer Mensch-Roboter-Interaktion stattfinden. Wobei sich aus Sicht des Lehrstuhls Interaktion in die Bereiche Koexistenz (Mensch und Roboter zur selben Zeit im selben Raum), Kooperation (gemeinsamer Raum, Zeit und Ziel) und Kollaboration (gemeinsamer Raum, Zeit und Ziel kombiniert mit enger gemeinsamer Aktion durch Gestik, Sprache oder Haptik) aufteilt (Schmidtler et al., 2015). In der Koexistenz sowie Kooperation werden vorwiegend Themen wie Bewegungsanalysen und subjektives Empfinden des menschlichen Partners bezüglich robotischer (Trajektorien, Geschwindigkeit, Lautstärke, äußere Erscheinung etc.) und interaktionsbedingter (Abstände, Aufgabenallokation etc.) Einflussfaktoren näher untersucht (Bortot, 2014; Bortot, Born & Bengler, 2013). In der Kollaboration werden vor allem Themen der direkten, vorwiegend physisch propriozeptiven, Zusammenarbeit und damit einhergehend auf den Körper einwirkende Belastungen (durch bspw. Trägheitskräfte,

Krafteinleitung in den menschlichen Körper, Anzahl an Handhabungsvorgängen etc.) sowie Quantifizierung der dadurch auftretenden Beanspruchungen (bspw. mittels Spiroergometrie) Beachtung finden.

Demnach wird untersucht, inwiefern der Mensch durch die Zusammenarbeit von Mensch und Roboter – je nach Interaktionsform – durch die gezielte Beeinflussung der während der Zusammenarbeit wechselseitig auftretenden Einflussfaktoren sowohl physisch als auch psychisch unterstützt werden kann. Dabei stehen wie eingangs erwähnt speziell Gebrauchstauglichkeit, Sicherheit und Akzeptanz der neuen Interaktionsformen sowie Wohlempfinden des Menschen im Fokus der ergonomischen Betrachtungen.

Um Roboter in diesen verschiedensten Nutzungs-szenarien einsetzen zu können, ändert sich auch die Aufgabenstellung der Programmierung und die Rolle des Roboterexperten. Neben einer online Interaktion zwischen Mensch und Roboter werden vor allem Themen intuitiver Programmierparadigmen neuer Produktionsanlagen im Fokus der 4.0 Betrachtungen im Bereich der Ergonomie auftau-chen. Die Bedienung, Programmierung, Einrich-tung und Überwachung robotischer Anlagen wird in Zukunft nicht mehr nur von Robotikexperten übernommen werden können. Durch den zunehmenden zahlenmäßigen Einsatz stetig komplexer werden-der Systeme in modernen Industrie 4.0 Betrieben darf in naher Zukunft kein Mitarbeiterengpass ent-stehen. Aus Sicht des Lehrstuhls existieren dort aktuell zwei Lösungsmöglichkeiten. Während sich die erste mit nutzerzentrierten Programmierverfah-ren (wie bspw. Programmieren durch Vormachen oder Implementierung des mentalen Modells der Nutzerklientel) auseinandersetzen (Herbst, 2015), beschäftigt sich ein weiterer, vielversprechender Ansatz mit der Neugestaltung der Ausbildung und Lehre neuer Berufsfelder.

## Arbeiten und Lernen 4.0

Mit zunehmender Digitalisierung, einer Ausweitung der Automation und einer größeren Produktrvielfalt, werden sich auch die Lernumgebungen und die Lernprozesse der Beschäftigten verändern. Aspekte wie lernförderliche Arbeitsorganisation, arbeits-platznahe Weiterbildungen und lebensbegleitendes Lernen werden an Relevanz gewinnen (Kagermann et al., 2013). Die Anzahl an Arbeitsabläufen, die eingeübt werden können und sich zu Routinetätigkeiten entwickeln, wird zurückgehen. Vermehrt gefordert sind Kompetenzen, die es Mitarbeitern ermöglichen, in Arbeitssituationen, die sie nicht einüben konnten, erfolgreich selbstorganisiert zu handeln. Allerdings soll diese Selbstorganisation zu einer besseren Verbindung und nicht zu einer Entgrenzung von Erwerbsarbeit und Privatleben führen (Bundesministerium für Arbeit und Soziales, 2016). Dieses Verständnis von Kompetenzentwick-lung wird insbesondere durch realitätsnahe Lern-situationen gefördert (Kuhlmann & Sauter, 2008), die im Extremfall sogar im Arbeitsprozess stattfin-den. Assistenzsysteme in Form mobiler Endgeräte, Datenbrillen oder Augmented Reality zur Darstel-lung digitalisierter Informationen werden in diesen Lernprozessen eine große Rolle spielen. Mit Hilfe dieser Systeme ist es Mitarbeiter/innen zukünftig verstärkt möglich, neue, dafür geeignete Arbeits-schritte digital vorzubereiten und zu erlernen. Relevantes Wissen kann digital bereitgestellt wer-den, der Einbau eines neuen Bauteils kann in der digitalen Welt vorab bereits nachvollzogen werden und abhängig von dem individuellen Kompetenz-grad des Mitarbeiters können ihm ähnliche Abläufe zu Übungszwecken vorab zugewiesen werden. Die zunehmende Digitalisierung betrifft nicht nur Arbeitsbereiche in der Produktion, sondern weitet sich auch auf Beschäftigte in der Pflege aus, für die Medienkompetenz eine zukünftige Anforderung darstellt. Neben ergonomischen Aspekten wie der Anzeige (alternsgerechte Präsentation, kognitive Beanspruchung) und Usability der verwendeten Endgeräte, rücken bedingt durch die Möglichkeit der Selbststeuerung von Lernprozessen und die zunehmende Individualisierung von Lernprozessen

auch motivationale Aspekte vermehrt in den Blick. Der Lehrstuhl für Ergonomie beschäftigt sich seit 2013 in einem Forschungsbereich mit motivationalen Aspekten in Lernprozessen und der Gestaltung motivationsunterstützender Lernumgebungen, wie bspw. Trainings. Dabei konnten bereits umfassende Erkenntnisse zu der motivationalen Beschreibung von Arbeitsaufgaben bspw. in den Bereichen Feedback, Autonomie, Kompetenzerleben oder Schwierigkeitsgrad der Lernaufgaben gewonnen werden (Kassirra & Rausch, 2016). Durch die Berücksichtigung dieser Aspekte können Lernprozesse in der Zukunft sehr viel gezielter und individueller an die Lernenden angepasst werden. Dadurch wird eine Chance gesehen, Personal gezielter zu entwickeln und auch Beschäftigte zu fördern, die bislang selten im Fokus von Lernprozessen im Unternehmen standen, wie beispielsweise ältere Mitarbeiter/innen. Neben individuellen Lernprozessen bietet die Digitalisierung zudem Chancen für ein individuelles und mobileres Arbeiten, das idealerweise flexibler gestaltbar ist und bspw. Möglichkeiten schafft, Beruf und Familie besser zu vereinbaren (Bundesministerium für Arbeit und Soziales, 2015). Neben den Mitarbeiter/innen in Unternehmen sind aber auch Lehrende aufgefordert, sich über zukünftige Herausforderungen im Arbeitsprozess zu informieren und ihre Schüler/innen adäquat auf eine zunehmend digitale Arbeitswelt vorzubereiten. Der Lehrstuhl für Ergonomie bildet selbst Studierende zu Lehrkräften im Bereich Arbeitslehre an bayerischen Mittel- und Förderschulen aus und fördert mit dem Projekt Ergonomie-Messkoffer die Technikaffinität der Schüler/innen, die im Kontext Industrie 4.0 in vielen Berufszweigen an Bedeutung gewinnen wird.

## Fazit

Aus Sicht der Ergonomie müssen im aktuellen Bestreben der Digitalisierung, Vernetzung und Automatisierung speziell Erlernbarkeit, Systemvertrauen, Wohlempfinden der Nutzer und Akzeptanz für diese Technologien in gesellschaftlichen Strukturen und Organisationen untersucht und menschenzentriert gestaltet werden. Für eine enge Vereinigung

von Mensch, Technik und Organisation während der Ausführung gemeinsamer Tätigkeiten müssen je nach Interaktionsform entsprechend mikro- bzw. makro-ergonomische Auslegungsgrundlagen formuliert und beachtet werden.

Abschließend kann festgehalten werden, dass bei jeder Auslegung und Integration neuartiger Interaktionsformen und Paradigmen die durchaus sehr diversen Bedürfnisse, Eigenschaften und Fähigkeiten menschlicher Operateure (wie bspw. Alter, Geschlecht, anthropometrische Gegebenheiten, Expertise, kultureller Hintergrund, etc.) die Basis der Gestaltung und Benutzung darstellen müssen. Erhebliches Potenzial liegt in der vernetzten Betrachtung der verschiedenen 4.0 Strömungen Mobilität, Industrie und Arbeiten. Diese Sichtweise ist in Anbetracht der traditionellen Arbeitsweisen in Industrie und Forschung keineswegs selbstverständlich. Für den arbeitenden und lernenden Menschen ist diese holistische Sicht neben der Faszination für die technische Machbarkeit aber eine offensichtliche Notwendigkeit.

Es ergibt sich demnach eine Vielzahl an Aufgaben und Chancen, die Interaktion zwischen Mensch, Technik und Organisation im digitalen Zeitalter neu zu gestalten, zu optimieren und ergonomisch umzusetzen.

„Die Welt steht vor der nächsten großen Mobilitätsrevolution: dem automatisierten und vernetzten Fahren. Das Automobil wird zum „Third Place“, einem weiteren Lebensmittelpunkt neben Büro und Zuhause. Echtzeit-Daten-Kommunikation zwischen Autos und der Infrastruktur vermeidet Staus und Unfälle. Das automatisierte und vernetzte Fahren ermöglicht den Sprung zur Mobilität 4.0 und macht den Straßenverkehr sicherer, effizienter und sauberer.“ (<http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Pressemitteilungen/2015/094-G7-wohlstand-durch-moderne-infrastruktur-und-mobilitaet.html>)

## Literaturverzeichnis

- Abbink, D. A., Mulder, M. & Boer, E. R. (2012). Haptic shared control: Smoothly shifting control authority? *Cogn Tech Work*, 14 (1), 19-28.
- Bortot, D. (2014). Ergonomic human-robot coexistence in the branch of production. Dissertation, Technische Universität München. München
- Bortot, D., Born, M. & Bengler, K. (2013). Directly or on detours? How should industrial robots approximate humans?, In 8th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI), 8th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI), Tokyo, Japan.
- Bundesministerium für Arbeit und Soziales. (2015). Arbeiten 4.0: Arbeit weiter denken. In Bundesministerium für Arbeit und Soziales (Hrsg.), Grünbuch Arbeiten 4.0 (S. 30–38). Berlin.
- Bundesministerium für Arbeit und Soziales. (2016). Werkheft 01. Digitalisierung der Arbeitswelt. Berlin: Bundesministerium für Arbeit und Soziales.
- Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. (2015). Strategie automatisiertes und vernetztes Fahren. Zugriff am 15.05.2016. Verfügbar unter [https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/StB/broschuere-strategie-automatisiertes-vernetztes-fahren.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Publikationen/StB/broschuere-strategie-automatisiertes-vernetztes-fahren.pdf?__blob=publicationFile).
- Gasser, T. M. (2012). Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung: Gemeinsamer Schlussbericht der Projektgruppe (Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen - Fahrzeugtechnik (F), Bd. 83). Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW.
- Gasser, T. M. & Schmidt, E. A. (2015, 31. Juli). Bericht zum Forschungsbedarf: Runder Tisch Automatisiertes Fahren – AG Forschung: Bundesanstalt für Straßenwesen.
- Gold, C., Körber, M., Lechner, D. & Bengler, K. (2016). Taking Over Control From Highly Automated Vehicles in Complex Traffic Situations: The Role of Traffic Density. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 58 (4), 642-652.
- Herbst, U. (2015). Gestaltung eines ergonomischen Interaktionskonzeptes für flexibel einsetzbare und transportable Roboterzellen. Dissertation, Technische Universität München. München
- Hirsch-Kreinsen, H. & Hompel, M. ten. (2016). Social Manufacturing and Logistics - Arbeit in der digitalisierten Produktion. In Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) (Hrsg.), Arbeiten in der digitalen Welt. Mensch - Organisation - Technik. (S. 6–9). Berlin.
- Kagermann, H., Wahlster, W. & Helbig, J. (2013). Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0: Deutschlands Zukunft als Produktionsstandort sichern. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0. Frankfurt/Main: Promotorengruppe Kommunikation der Forschungsunion Wirtschaft – Wissenschaft. Zugriff am 04.05.2016. Verfügbar unter [https://www.bmbf.de/files/Umsetzungsempfehlungen\\_Industrie4\\_0.pdf](https://www.bmbf.de/files/Umsetzungsempfehlungen_Industrie4_0.pdf).
- Kassirra, R. & Rausch, H. (2016). Analyzing Motivation-Enhancing Features in Work Orders. In B. Deml, P. Stock, R. Bruder & C. M. Schlick (Hrsg.), Advances in Ergonomic Design of Systems, Products and Processes (S. 123–136). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Körber, M., Gold, C., Lechner, D. & Bengler, K. (2016). The Influence Of Age On The Take-Over Of Vehicle Control In Highly Automated Driving. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 39, 19-32.
- Körber, M., Weißgerber, T., Blaschke, C., Farid, M. & Kalb, L. (2015). Prediction of take-over time in highly automated driving by two psychometric tests. *Dyna*, 82 (193), 195-201.
- Kuhlmann, A. M. & Sauter, W. (2008). Innovative Lernsysteme: Kompetenzentwicklung mit Blended Learning und Social Software (X.media.press). Berlin, Heidelberg: Springer. Verfügbar unter <http://d-nb.info/990486710/34>.
- National Highway Traffic Safety Administration. (2013). Preliminary Statement of Policy Concerning Automated Vehicles, Washington, DC. Verfügbar unter [www.nhtsa.gov/staticfiles/rulemaking/pdf/Automated\\_Vehicles\\_Policy.pdf](http://www.nhtsa.gov/staticfiles/rulemaking/pdf/Automated_Vehicles_Policy.pdf).
- Norman, D. A. (1990). The ‚problem‘ with auto-mation: inappropriate feedback and interaction, not ‚over-automation‘. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 327 (1241), 585-593.
- Radlmayr, J., Gold, C., Lorenz, L., Farid, M. & Bengler, K. (2014). How Traffic Situations and Non-Driving

Related Tasks Affect the Take-Over Quality in Highly Automated Driving. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting, 58 (1), 2063-2067.

- Schmidtler, J., Hözel, C., Knott, V. & Bengler, K. (2014). Human Centered Assistance Applications for Production. In T. Ahram, W. Karwowski & T. Marek (Hrsg.), Proceedings of the 5th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics, AHFE 2014
- Schmidtler, J., Knott, V., Hözel, C., Bengler, K., Schlick, C. M. & Bützler, J. (2015). Human Centered Assistance Applications for the working environment of the future. OER, 12 (3), 83-95.
- Wiener, E. L. & Curry, R. E. (1980). Flight-deck automation: promises and problems. Ergonomics, 23 (10), 995-1011.

# KobotAERGO – Adaptive kollaborative Roboter für eine ergonomische und flexible Materialhandhabung

Jonas Schmidtler

## Menschzentrierte Assistenzsysteme für die Arbeitswelt der Zukunft

Drei grundsätzliche Innovationstreiber legen ein Umdenken bei der Gestaltung neuartiger Produktionsumgebungen nahe (Bortot, 2014; Schmidtler, Knott, Hölzel, & Bengler, 2015). Auf Grund des demografischen Wandels und einer zunehmend diversen Arbeitnehmerschaft sind klassische ergonomische Lösungen aus Sicht der **Gesellschaft** nicht mehr ausreichend (Frielings, Buch, & Wieselhuber, 2006). Die im Alter abnehmende physische Belastbarkeit und gleichzeitig zunehmende Gefahr muskuloskelettaler Erkrankungen (MSE) erfordern eine ergonomische, altersgerechte und gesundheitserhaltende Arbeitsgestaltung. Parallel dazu werden in der Industrie aktuell die Auswirkung zweier gegenläufiger Trends spürbar. Das Streben nach Massen-Automation und Mechanisierung (Schlick, 2009) sowie der Trend zur Individualisierung von Produkten nach Kundenwünschen (mass customization; Fogliatto, Da Silveira, & Borenstein, 2012). Diese Entwicklung verlangt nach Lösungen aus neuen Produktionsparadigmen. Als vielversprechender Ansatz zählen seit mehreren Jahren hybride Systeme bestehend aus interaktiven Teams aus Automation (bspw. Roboter) und einem menschlichen Arbeitnehmer (Lotter & Wiendahl, 2006). Zusätzlich zu den genannten gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Entwicklungen lassen einflussreiche Einführungen sowie Änderungen der **Standards und Gesetzgebung** (bspw. DIN EN ISO 10218 und ISO/TS 15066) es mittlerweile zu, dass der Mensch und robotische Systeme in komplementären Teams interagieren können.

Daher hat sich am Lehrstuhl für Ergonomie die Forschungsgruppe Human Centered Assistance Applications (HCAA) zum Ziel gesetzt, neue Assistenzsysteme für den Einsatz in der Produktion, der Logistik, im Gesundheitswesen und in verwandten Bereichen zu untersuchen, Evaluationsmethoden zu schaffen und Gestaltungsempfehlungen zu formulieren (Schmidtler, Hölzel, Knott, & Bengler, 2014; Schmidtler et al., 2015). Dabei stehen vor allem die Gebrauchstauglichkeit (Effektivität, Effizienz und

Zufriedenheit; engl. Usability; DIN EN ISO 9241-11, 2016), Akzeptanz und Wohlempfinden im Fokus der Betrachtungen (Dul et al., 2012). Auf Basis von Anthropometrie (Körperteilgrößen und -gewichte), Biomechanik (menschliche Kräfte und Bewegungen), Physiologie (Objektivierung von Beanspruchung) und Kognition (Wahrnehmung physikalischer Größen) werden neuartige Interaktionskonzepte gestaltet, analysiert und evaluiert (Abbildung 1).

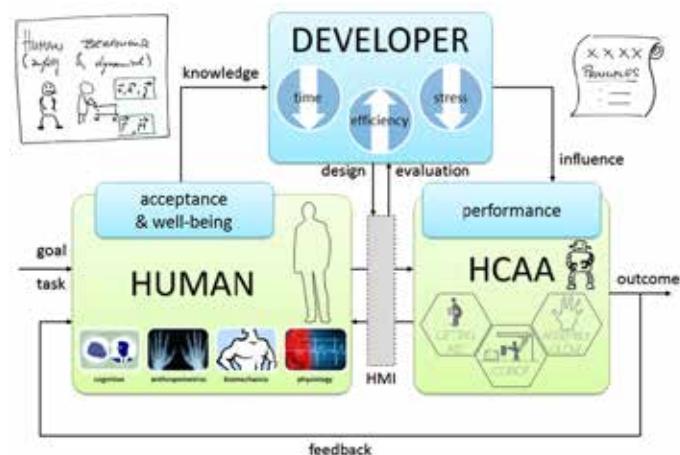


Abbildung 1: Human – HCAA-Interaction Modell (Schmidtler et al., 2015).

## Mensch-Roboter-Interaktion aus Sicht der Ergonomie

Ein Ansatz der HCAA besteht dabei darin, Mensch und Roboter in enger Funktionsteilung interagieren zu lassen. Die grundlegende Idee hinter diesem Konzept zeichnet sich dadurch aus, dass Schwächen des einen Partners durch die Stärken des anderen Partners kompensiert werden (Bortot, 2014). Aus Sicht des Lehrstuhls für Ergonomie kann dabei der Begriff **Mensch-Roboter-Interaktion** als Oberbegriff verstanden werden und umfasst die drei folgenden Konzepte (Schmidtler et al., 2015):

- **Mensch-Roboter-Koexistenz:** Mensch und Roboter zur selben Zeit t im selben Arbeitsraum AR.

- **Mensch-Roboter-Kooperation:** neben gemeinsamer t und AR verfolgen die beiden Interaktionspartner ein gemeinsames Ziel Z.
- **Mensch-Roboter-Kollaboration:** t, AR und Z sind erfüllt und der Kontakt K zwischen Mensch und Roboter wird enger, bspw. durch Haptik, Gestik oder Akustik werden gemeinsame Aktionen sog. „joint actions“ (Bauer, Wollherr, & Buss, 2008) ausgeführt.

## Cobots – kollaborierende Roboter

Ein Teil der Forschungsgruppe HCAA sind spezielle, kollaborierende Roboter, sogenannte Cobots (Akella et al., 1999; Peshkin & Colgate, 1999), welche zu den intelligent assist devices (IADs, Colgate & Peshkin, 2002; Tan, 2003) zählen. Zu den Fähigkeiten und Eigenschaften eines Cobots zählen vor allem eine Kraftverstärkung des Menschen, virtuelle Wände und die daraus resultierende Maskierung von

Trägheiten beim Antrieben und Abbremsen großer Massen (vgl. Abbildung 1).

Im Projekt **KobotAERGO**, gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), wird das vorher beschriebene menschzentrierte Entwicklungsvorgehen aufgegriffen. Speziell die Anpassungsfähigkeit neuer robotischer Assistenten an die menschlichen Eigenschaften und Bedürfnisse (sowohl physisch als auch psychisch) sowie die sich ändernde Arbeitssituationen / -umfelder werden dabei adressiert. Im Kontext der industriellen Produktion (hier am Beispiel der Automobilendmontage) wird ein Cobot entwickelt, welcher den Mitarbeiter unabhängig seiner diversen Eigenschaften und Fähigkeiten in unterschiedlichen Szenarien unterstützen soll. Dabei besteht das Ziel darin, die geforderte Flexibilität mit Hilfe des Menschen im Produktionsprozess zu gewährleisten und gleichzeitig komplexe Handhabungsprozesse durch robotische Unterstützung effizienter und gesundheitserhaltend zu gestalten.

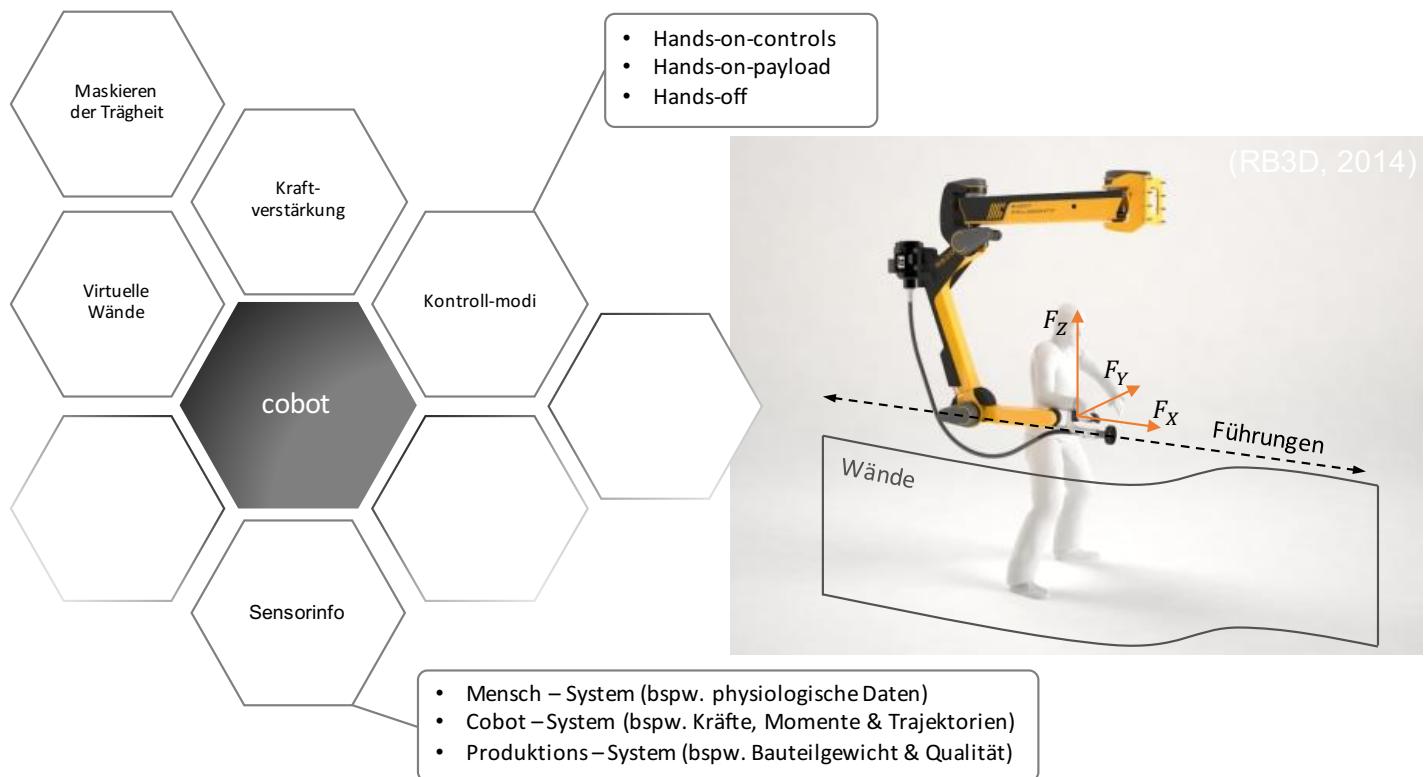


Abbildung 2: Fähigkeiten und Eigenschaften eines Cobots (Bild rechts adaptiert von RB3D.com).

## Aufgabenstellungen im Projekt KobotAERGO

Über Arbeitsplatzanalysen mittels der beim Projekt-partner Volkswagen AG eingesetzten EAWS-Analyse (european assembly work sheet) konnten potentielle Arbeitsplätze identifiziert werden. In Verbindung mit einer Expertenevaluation wurde anschließend der Anwendungsfall der Panoramadachmontage (Abbildung 2) ausgewählt.



Abbildung 3: Anwendungsfall der Panoramadachmontage  
(Bildquelle: Fraunhofer IPK).

Innerhalb der Konzipierungsphase eines neuen kobotischen Assistenzsystems müssen speziell die Bereiche anthropometrische Auslegung, Prävention muskuloskelettaler Erkrankungen und Ausprägung haptischer Unterstützung untersucht werden. Dabei setzt sich eine **anthropometrische Auslegung** des Bediensystems aus einer Sichtanalyse (bspw. innerhalb des Bewegungsräumes und der Montagestelle, vgl. Abbildung 3) und der Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle zusammen. Letztere erfordert spezielles Augenmerk auf Ausrichtung und Ausprägung der Bedienelemente (bspw. Griffausrichtung, -form, -art, Winkel und Abstand der Griffe, sowie Anzahl und Anordnung der Bedienelemente). Des Weiteren müssen Fehlbedienung und dabei einhergehende kritische Belastungen durch optimale Krafteinbringung verhindert werden.

Die Handhabung von großen und schweren Bauteilen stellt heutzutage immer noch einen Großteil der in der Automobilmontage vorkommenden Tätigkeiten dar. **Muskuloskelettale Krankheiten** durch zu hohe Bedienkräfte, speziell Initialkräfte beim Anziehen und Abbremsen hoher Trägheiten, bergen ein großes Risikopotenzial für die Gesundheit der Arbeitnehmer im produzierenden Gewerbe. Durch zu häufige, zu lange, zu schwere und falsche Ausführung bestimmter betrieblicher Tätigkeiten wird insbesondere die zunehmend ältere Belegschaft überbelastet. Wie eingangs argumentiert sollen durch robotische Unterstützung schädliche Belastungen auf den Menschen minimiert werden. An diesem Punkt stellen sich insbesondere im Bereich Human Factors und Ergonomie einige zentrale Fragen:

- Welche Parameter beeinflussen die Wahrnehmung des Menschen während der Materialhandhabung (**Size-Weight Illusion**)?
- In welchem Ausmaß nimmt der Mensch Massen beim beidhändigen Schieben bzw. Ziehen wahr (**Psychophysik**)?
- Mit welchem Grad an Unterstützung kann welche Personengruppe optimal arbeiten (**Usability und Akzeptanz**)?

Daher ist es außerordentlich wichtig bei der Auslegung haptischer Unterstützung spezielles Augenmerk auf die menschliche Tiefensensibilität (Propriozeption) vor dem Hintergrund der Gebrauchstauglichkeit und Leistung (El Saddik, Orozco, Eid, & Cha, 2011) zu legen. Durch die Vielzahl an unterschiedlichen Objektgrößen und -massen in der Automobilmontage (vgl. Abbildung 4) im Zusammenspiel mit individuellem Vorwissen und Erwartungen der Nutzer können Leistungseinbußen auftreten. Daher muss dem Menschen ausreichend Rückmeldung, sowohl visuell als auch haptisch, über das zu handhabende Objekt bereitgestellt werden.

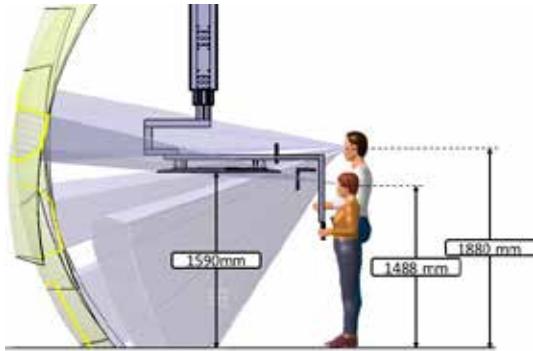


Abbildung 4: Anthropometrische Gegebenheiten der 5.Perzentil Frau (Augpunktshöhe bei ca. 1,49m) und 95.Perzentil Mann (Augpunktshöhe bei ca. 1,90m) und einer prozessbedingt vorgegebenen Montagehöhe von 1,59m (Daten basieren auf SizeGermany).

## Einflussfaktoren auf haptische Mensch-Roboter-Kollaboration

Das Bewegen eines Objektes ohne Kenntnis der Masse, welche das kraftunterstützende System dem Menschen darstellen wird, kann mit einem visuellen Stimulus ( $s_{\text{vision}}$ ) starten. Dieser wird im sogenannten top-down-Prozess bereits vorhandenes Wissen beim Menschen abrufen (Goldstein, 2014). So könnte der Bediener bspw. bei einem Motorblock auf ungefähr  $m_{\text{true}} = 120 \text{ kg}$  schätzen. Im nächsten Schritt, nach Einleiten der Manipulation durch den Menschen, erhält er neue Informationen. Aus dem somatosensorischen System, welches die vorher erwähnte Propriozeption beinhaltet, werden nun neue Eingangssignale zugänglich (bspw.  $m_{\text{proprioception}} = 5 \text{ kg}$ , was der durch den Roboter dargestellten passiven Masse entspricht). Dieser Teil kann daher als bottom-up-Prozess beschrieben werden (Goldstein, 2014). An dieser Stelle werden Wahrnehmung und Handlung durch Sensorintegration beeinflusst. Erwartet der Benutzer nun ein sehr leichtes oder sehr schweres Objekt, kann der Fall eintreten, dass zu wenig oder zu viel Kraft aufgewandt wird, was wiederum zu verringrigerter Gebrauchstauglichkeit und letztendlich Akzeptanz beim Nutzer führen kann.

Die Diskrepanz zwischen erwarteter und wahrgenommener Masse kann unter dem Begriff der haptischen Illusion zusammengefasst werden. Darin enthalten ist die sogenannte **Size-Weight Illusion (SWI)**, welche den Effekt beschreibt, dass das kleinere zweier gleichschwerer Objekte beim Anheben stets als das schwerere eingeschätzt wird (Abbildung 5). Der Effekt wurde erstmals 1891 vom französischen Mediziner Augustin Charpentier entdeckt (Murray, Ellis, Bandomir, & Ross, 1999). Die Illusion entsteht dabei durch eine Abweichung von erwarteter und erfahrener Rückmeldung innerhalb des somatosensorischen Systems des Menschen. Dabei ist es irrelevant, ob die Änderung des Objektvolumens auf eine Änderung der Länge, Höhe oder Breite des Objektes zurückgeht (Amazeen, 1997). Erste Untersuchungen im Bereich des SWI haben bereits gezeigt, dass die Auswirkungen des Effekts nicht nur, wie bisher in der Literatur aufgeführt, nur für sehr kleine Gewichte und kurze Bewegungen, sondern auch für in der Automobilmontage übliche Gewichte (40, 60, 90 kg) und Ganzkörperbewegungen (Schieben und Ziehen über 3-4 m) stattfindet (Schmidtler & Bengler, 2015; Schmidtler, Harbauer, & Bengler, 2014). Da, wie zuvor erwähnt, in der Automobilmontage eine Vielzahl unterschiedlicher Bauteilgrößen und Massen durch den Werker zu handhaben sind, muss ein neues kraftunterstützendes System auf den Menschen und dessen Erwartungshaltung hin optimiert sein.



Abbildung 5: Beispiele für kobotische Anwendungen der im Projekt teilnehmenden Partner Fraunhofer IPK (links) und eepos (rechts).

Um jedoch angepasste Massen mittels der Impedanzregelung des Cobots adaptieren zu können, muss das Ausmaß der Wahrnehmung unterschiedlicher Massen durch den Nutzer bekannt sein. Speziell im Bereich der beidhändigen Manipulation in der horizontalen Ebene – Schieben und Ziehen – existieren in der Literatur bisher jedoch keine Ergebnisse. Daher werden **psychophysikalische Methoden** zur Untersuchung von Unterschiedsschwellen eingesetzt. Insbesondere werden dabei adaptive Verfahren, welche auf Grenzverfahren basieren, verwendet (bspw. simple-staircase- oder transformed-up/down). Die Ergebnisse werden derzeit aufbereitet, am KobotAERGO Cobot validiert und abschließend veröffentlicht. Ebenfalls im Bereich der Psychophysik werden mittels eines sogenannten Herstellversuchs die psychophysikalisch akzeptablen Massenträgheiten unterschiedlicher Benutzergruppen (Alter, Geschlecht, Anthropometrie etc.) ermittelt und in das prototypische Cobot-System implementiert.

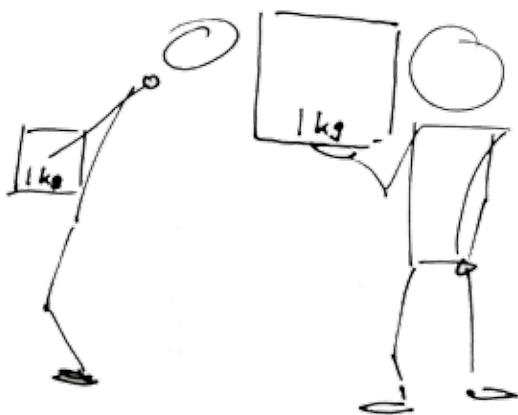


Abbildung 6: Size-Weight Illusion nach Charpentier 1891: Werden zwei gleich schwere Objekte (hier: 1kg) angehoben, wird das kleinere der beiden als schwerer eingeschätzt (Murray et al., 1999).

### Usability-Maße für haptische Mensch-Roboter-Kollaboration

Eine Quantifizierung der Handhabung mit neuen kollaborativen Assistenzsystemen ist essenziell für die Gestaltung und Optimierung der Interakti-

on zwischen Mensch und Roboter. Daher haben Schmidtler und Bengler (2015) das Human-Robot Collaboration Performance Measuring Modell (HPMM) eingeführt, um die Usability neuartiger kraftunterstützender Systeme zu evaluieren. Das Modell besteht dabei aus:

- Interaktionsparameter (bspw. Kraft F, Kraftrate FR),
- Effektivitätsparameter (Qualität der longitudinalen und transversalen Bewegung, bspw. Genauigkeitsparameter wie Standardabweichung laterale Position SDLP oder das mittlere Fehlerquadrat RMS),
- Effizienzparameter (bspw. time to completion TTC, degree of fulfillment DF) und
- Nutzerzufriedenheit (subjektive Skalen wie bspw. Affect Grid, PANAS, meCUE etc.)

Um die Gebrauchstauglichkeitsparameter für Mensch-Roboter-Kollaborationen zu bewerten, wurde die Mensch-Mensch-Kollaboration als Vorbild verwendet. Die sogenannten human dyads („dyad“ engl. für Gespann; Grotens, 2011) werden in einem Wizard of Oz-Versuch (Riek, 2012) eingesetzt und ausgewählte Usability-Paramater auf Reliabilität und Validität untersucht.

### Auswirkung auf die zukünftige Arbeitswelt in der Industrie 4.0

Eine flexible optimierte Adaption kollaborierender Systeme an die körperlichen und mentalen Fähigkeiten sowie Bedürfnisse des menschlichen Partners, sowohl im Bereich der sensomotorischen als auch der kognitiven Leistungsfähigkeiten, wird zukünftig im Fokus stehen. Ein Ansatz für hybride Systeme aus Mensch und Automation, welcher im vorgestellten Projekt KobotAERGO verfolgt wird, stellt die Gestaltung einer unkomplizierten und natürlichen (hier: menschähnlicher) Bedienung dar.

Neben der Digitalisierung wird sich stets ein bedeutender Teil der im Zuge der Industrie 4.0 bezeichneten Veränderungen vor allem durch eine enge komplementäre Interaktion von Mensch und robotischen Systemen auszeichnen. Der shared control Ansatz (auch verteilte Handlungsträgerschaft; Hirsch-Kreinsen & ten Hompel, 2016) wird einen zentralen Aspekt zukünftiger Entwicklungen darstellen und sollte daher ganz besonders in Betracht gezogen werden, denn der Mensch ist im heutigen Produktionsparadigma nicht mehr ersetzbar. Zu ersetzen sind vielmehr die drei Ds – dirty, dangerous, und demanding –, um den eingangs erwähnten Anforderungen der Gesellschaft, Industrie und Gesetzgebung gerecht werden zu können.

## Literatur

- Akella, P., Peshkin, M., Colgate, E., Wannasuphoprasit, W., Nagesht, N., Wells, J., ... li, H. F. (1999). Cobots for the automobile assembly line - Robotics and Automation, 1999. Proceedings. 1999 IEEE International Conference on, (May), 728–733.
- Amazeen, E. L. (1997). The Effects of Volume on Perceived Heaviness by Dynamic Touch: With and Without Vision. Ecological Psychology, 9(4), 245–263. [http://doi.org/10.1207/s15326969eco0904\\_1](http://doi.org/10.1207/s15326969eco0904_1)
- Bauer, A., Wollherr, D., & Buss, M. (2008). Human–Robot Collaboration: a Survey. International Journal of Humanoid Robotics, 05(01), 47–66. <http://doi.org/10.1142/S0219843608001303>
- Bortot, D. (2014). Ergonomic Human-Robot Coexistence in the Branch of Production. Technische Universität München.
- Colgate, J. E., & Peshkin, M. (2002). INTELLIGENT ASIST DEVICES.
- DIN EN ISO 9241-11 - Ergonomics of human-system interaction - Part 11: Usability: Definitions and concepts (2016). Berlin.
- Dul, J., Bruder, R., Buckle, P., Carayon, P., Falzon, P., Marras, W. S., ... van der Doelen, B. (2012). A strategy for human factors/ergonomics: developing the discipline and profession. Ergonomics, 55(4), 377–395. <http://doi.org/10.1080/00140139.2012.661087>
- El Saddik, A., Orozco, M., Eid, M., & Cha, J. (2011). Haptics Technologies. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. <http://doi.org/10.1007/978-3-642-22658-8>
- Fogliatto, F. S., Da Silveira, G. J. C., & Borenstein, D. (2012). The mass customization decade: An updated review of the literature. International Journal of Production Economics, 138(1), 14–25. <http://doi.org/10.1016/j.ijpe.2012.03.002>
- Frieling, E., Buch, M., & Wieselhuber, J. (2006). Alter(n)sge- rechte Arbeitssystemgestaltung in der Automobilindu- strie - die demografische Herausforderung bewältigen. Zeitschrift Für Arbeitswissenschaft, 60(4), 213–219.
- Goldstein, E. B. (2014). Sensation and perception (9th ed.). Wadsworth: CENGAGE Learning.
- Groten, R. K. (2011). Haptic Human-Robot Collaboration : How to Learn from Human Dyads. Technische Universi- tät München.
- Hirsch-Kreinsen, H., & ten Hompel, M. (2016). “Social Manu- facturing and Logistics” - Arbeit in der digitalisierten Pro- duktion. In Arbeiten in der digitalen Welt (pp. 6–9). Energy, Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (BMWi).
- Lotter, B., & Wiendahl, H.-P. (2006). Montage in der indus- triellen Produktion. (B. Lotter & H.-P. Wiendahl, Eds.). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. <http://doi.org/10.1007/3-540-36669-5>
- Murray, D. J., Ellis, R. R., Bandomir, C. a., & Ross, H. E. (1999). Charpentier (1891) on the size-weight illusion. Perception & Psychophysics, 61(8), 1681–1685. <http://doi.org/10.3758/BF03213127>
- Peshkin, M., & Colgate, J. E. (1999). Cobots. Indus- trial Robot: An International Journal. <http://doi.org/10.1108/01439919910283722>
- Riek, L. (2012). Wizard of Oz Studies in HRI: A Sys- tematic Review and New Reporting Guidelines. Journal of Human-Robot Interaction, 1(1), 119–136. <http://doi.org/10.5898/JHRI.1.1.Riek>
- Schlick, C. M. (2009). Industrial engineering and ergono- mics: Visions, concepts, methods and tools. Industrial Engineering and Ergonomics: Visions, Concepts, Meth- ods and Tools. <http://doi.org/10.1007/978-3-642-01293-8>
- Schmidtler, J., & Bengler, K. (2015). Fast or Accurate? – Performance Measurements for Physical Human-Ro- bot Collaborations. Procedia Manufacturing, 3, 1387– 1394. <http://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.298>

- Schmidtler, J., Harbauer, C., & Bengler, K. (2014). Investigation of Human Behaviour in Pushing and Pulling Tasks for Direct Manipulation of a Collaborative Robot. In Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Europe Chapter. <http://doi.org/10.13140/RG.2.1.4230.1601>
- Schmidtler, J., Hözel, C., Knott, V., & Bengler, K. (2014). Human centered assistance applications for production, (July).
- Schmidtler, J., Knott, V., Hözel, C., & Bengler, K. (2015). Human Centered Assistance Applications for the working environment of the future. *Occupational Ergonomics*, 12(3), 83–95. <http://doi.org/10.3233/OER-150226>
- Tan, K. L. (2003). Intelligent assist device: design and development. 4th National Conference of Telecommunication Technology, 2003. NCTT 2003 Proceedings., 198–202. <http://doi.org/10.1109/NCTT.2003.1188335>

# Der Ergonomie-Messkoffer – Schülerinnen und Schüler für Ergonomie sensibilisieren und für Technik interessieren

Ralf Kassirra, Inga Simm, Carmen Aringer, Anja Schiepe-Tiska

**Ist es im Klassenzimmer eigentlich zu laut? Wann sollte man lüften? Selbstständig die Ergonomie der eigenen Lernumgebung bestimmen können Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe mit dem Ergonomie-Messkoffer. Durch die Analyse mit einem Messgerät und Verbesserung der eigenen Lernumgebung, lernen sie die Bedeutung von Technik und technischen Herangehensweisen kennen. Neben einer technischen Grundbildung soll dabei auch das Interesse an Technik geweckt werden. Der Lehrstuhl für Ergonomie hat gemeinsam mit dem Susanne Klatten-Stiftungslehrstuhl für Empirische Bildungsforschung (Prof. Dr. phil. Manfred Prenzel) das Projekt initiiert und konzipiert, die TÜV SÜD Stiftung finanziert es seit 2013. Mittlerweile ist die zweite Förderphase des Projektes erfolgreich abgeschlossen, deren Schwerpunkt in der erweiterten Erprobung des Konzeptes mit einer größeren Kofferanzahl und einer Optimierung des Unterrichtskonzeptes lag.**

## Motivation

Die ergonomischen Bedingungen in Klassenzimmern werden, verglichen mit Untersuchungen an Arbeitsplätzen, nur selten Gegenstand von Projekten im Unterricht (Legg, 2007; Woodcock & Denton, 2001) und wissenschaftlichen Untersuchungen (Kahlert et al 2013). Die Lehrpläne der allgemeinbildenden Schulen (Mittel- und Realschulen, Gymnasien) bieten zwar zahlreiche Anknüpfungspunkte zur Thematisierung der Gestaltung eigener Arbeitsplätze, jedoch fehlen didaktisch-methodische Konzepte zur unterrichtspraktischen Umsetzung und Sensibilisierung der Schülerinnen und Schüler für dieses Thema. Besonders die ergonomischen Größen Licht, Lärm und Klima spielen in Schulen eine bedeutende Rolle (Earthman, 2004).

Diese Größen mit Messgeräten zu analysieren, ist daher von hoher Relevanz für Schülerinnen und Schüler. Gleichzeitig erfahren sie Technik und technische Vorgehensweisen in einem alltagsnahen Kontext. Vor dem Hintergrund der im europäischen Vergleich geringen Quote an erfolgreichen Studienabsolventen

im naturwissenschaftlich-technischen Bereich der Bundesrepublik (Prenzel et al 2009), sollte die Motivation und das Interesse für diesen Bereich schon früh geweckt werden (in ders., S.15). Hier kann das Projekt ansetzen, das Schülerinnen und Schülern einen Umgang mit professioneller Messtechnik ermöglicht und eine fundierte Auseinandersetzung mit technischen und naturwissenschaftlichen Inhalten erfordert. Die Messgeräte ermöglichen als technische Erweiterung der eigenen Sinne einen objektiven Blick auf naturwissenschaftliche Grundphänomene, die unser subjektives Wohlbefinden beeinflussen. Technik und Naturwissenschaft können so als unmittelbar nützlich erfahren werden.

## Zentrale Ziele des Gesamtprojektes

Das übergeordnete Ziel des Projektes ist die Förderung der Aufgeschlossenheit von Schülerinnen und Schülern gegenüber Technik und technischen Herangehensweisen und der Verbesserung des Images von Technik. Neben der Förderung technikaffiner Einstellungen, motivationaler Orientierungen und Interessen sollen Kompetenzen zum Analysieren und Gestalten von technischen Problemen gefördert werden. Die Ergonomie der eigenen Lernumgebung zu analysieren, bietet einen Kontext in dem Schülerinnen und Schüler die Bedeutung von Technik lebensnah erfahren können. Dadurch können Vorschläge zur kurz- und mittelfristigen Verbesserung der ergonomischen Bedingungen in Klassenzimmern vorgenommen werden.

## Schwerpunkte der zweiten Projektphase

Der Schwerpunkt der zweiten Projektphase lag in der erweiterten Erprobung des Ergonomie-Messkoffers mithilfe einer größeren Anzahl von Messkoffern und einem optimierten Unterrichtskonzept. Das vorhandene Konzept wurde zur einfacheren Nutzung durch die Lehrkräfte auf der Grundlage bisheriger Erfahrungen didaktisch und inhaltlich überarbeitet und in flexibel nutzbare Module (konkrete Unterrichtsideen und Materialien) systematisiert. Übersichtlich

und direkt für die Planung von Unterricht nutzbar dargestellt wird dies in einem begleitenden Lehrerband. Die vier Unterrichtsmodule bestehen aus Hinführung und Fragestellung bzw. Problemstellung (1), Experiment und Messung (2), Reflexion (3) und Maßnahmen überlegen und durchführen (4) und werden für die ergonomischen Teilbereiche Lärm, CO<sub>2</sub>, Klima, Licht und Schulmöbel angeboten. Das Konzept kann nun zur flächendeckenden Vergabe an interessierte Schulen wie auch ausgewählte externe Projektpartner längerfristig vergeben werden.



Abbildung 1: Messgeräte aus dem Ergonomie-Messkoffer mit dem neuen Lehrerband.

## Vergabe des Ergonomie-Messkoffers und aktueller Stand

Das modularisierte Unterrichtskonzept wurde Sekundarschulen aus München und Umgebung vorgestellt und an Schulen aus München und Umgebung erfolgreich erprobt. Auch mit der größeren Anzahl zu verliehender Messkoffer (insgesamt 20 Koffer) waren die Koffer, die an den beiden kooperierenden Lehrstühlen entliehen werden können, in der zweiten Förderphase meist vollständig an interessierte Schulen vergeben.

Bis jetzt haben sich mehr als 900 Schülerinnen und Schüler mit dem Thema Ergonomie am Arbeitsplatz innerhalb des Unterrichts auseinandergesetzt. Die stärkere Öffentlichkeitsarbeit führte zu einer erhöhten Sichtbarkeit des Projektes sowohl an Schulen als auch in der wissenschaftlichen Community.

## Ausgewählte Ergebnisse

Erste Ergebnisse (n=103) zeigen, dass der Großteil der Schülerinnen und Schüler die Unterrichtseinheit mit dem Ergonomie-Messkoffer mit der Note "gut" bewertet. Insgesamt zeigt sich eine hohe Ausprägung der intrinsischen Motivation, der wahrgenommenen inhaltlichen Relevanz und auch der positiven Empfindungen während der Unterrichtseinheit. Darüber hinaus gaben die Schülerinnen und Schüler häufig an sich weiterhin mit dem Gelernten beschäftigen zu wollen (z.B. weiter über das Thema nachzudenken, seinen Eltern oder Freunden von der Stunde berichten). Durch eine Erhebung vor und nach der Unterrichtseinheit, zeigten sich auch Einstellungsänderungen. Demnach bewerten Schülerinnen und Schüler Messgeräte und Messen nach der Unterrichtseinheit positiver als vorher.

## Perspektiven

Die Ergonomie-Messkoffer und das Lehrerhandbuch können auch künftig von interessierten Lehrkräften an den beiden Lehrstühlen entliehen und im Unterricht eingesetzt werden.

In Zukunft soll die Ausweitung des Einsatzes im Rahmen von schulischen und außerschulischen Lernumgebungen über Kooperationen mit weiteren Partnern (z.B. TÜVkids Hessen, berufliche Schulen, Schülerforschungszentrum Berchtesgadener Land, naturwissenschaftlich-technisches Lernlabor der Universität Regensburg) erfolgen, die eine überregionale Verbreitung des Projektes ermöglichen.

## Literatur

- Earthman, G. I. (2004). Priorization of 31 Criteria for School Building Adequacy.
- Kahlert, J.; Nitsche, K.; Zierer, K. (2013) Räume zum Lernen und Lehren. Perspektiven einer zeitgemäßen Schulraumgestaltung.
- Legg, S. (2007). Ergonomics in Schools, Ergonomics, 50 (10), 1523-1529.
- Prenzel, M.; Reiss, K.; Hasselhorn, M. (2009): Förderung der Kompetenzen von Kindern und Jugendlichen. In: Milberg, J.: Förderung des Nachwuchses in Technik und Naturwissenschaft. Beiträge zu den zentralen Handlungsfeldern. S. 15–60.
- Woodcock, A. & Denton,H. G. (2001), The teaching of ergonomics in schools: What is happening? Annual Ergonomics Conference, April 2001 in Contemporary Ergonomics.

# Von Augmented Reality zur Kontaktanalogie: Zukunft des Head-Up Displays

Matthias Walter

**Von der ersten Verwendung in einem Serienfahrzeug 1984 bis zur hin zur Akzeptanz am Markt machte die Technik des Head-Up Displays (HUD) einen Quantensprung. Heute ist das Head-Up Display fester Bestandteil des Produktpportfolios aller namhaften Automobilhersteller. Doch wohin geht die Entwicklung?**

Das Head-Up Display, ursprünglich eine Entwicklung aus der Luftfahrt, hielt bereits in den 1980er Jahren Einzug in den Automobilbau. Jedoch setzte sich die Technologie aufgrund ihrer kruden Umsetzung, der ungenügenden Bildquellen und der nicht ausgereiften Anzeigekonzepte nicht durch. Dennoch wurden immer wieder Versuche unternommen, das Head-Up Display in der Fahrzeugtechnik zu etablieren.

Erst durch die Entwicklung lichtstarker und kontrastreicher Liquid Crystal Displays (LCD) zur Jahrtausendwende ließ sich die Technologie soweit verfeinern, dass sie bei den Kunden großen Anklang fand.



Abbildung 1: HUD im BMW E60 (Miličić, 2009).

Um das schwebende virtuelle Bild im HUD zu erzeugen, werden Informationen von einer Bildquelle im Armaturenträger generiert und über die Windschutzscheibe oder ein optisches Element (Combiner) reflektiert (Abbildung 2).

Im Jahr 2016 gehört das konventionelle HUD wie selbstverständlich zum Leistungsumfang eines jeden renommierten Fahrzeughersellers. Im aktuellen Fokus steht die Entwicklung noch leistungsfähigerer Systeme. Vermehrt wird von kontaktanalogen oder Augmented Reality Head-Up Display gesprochen.

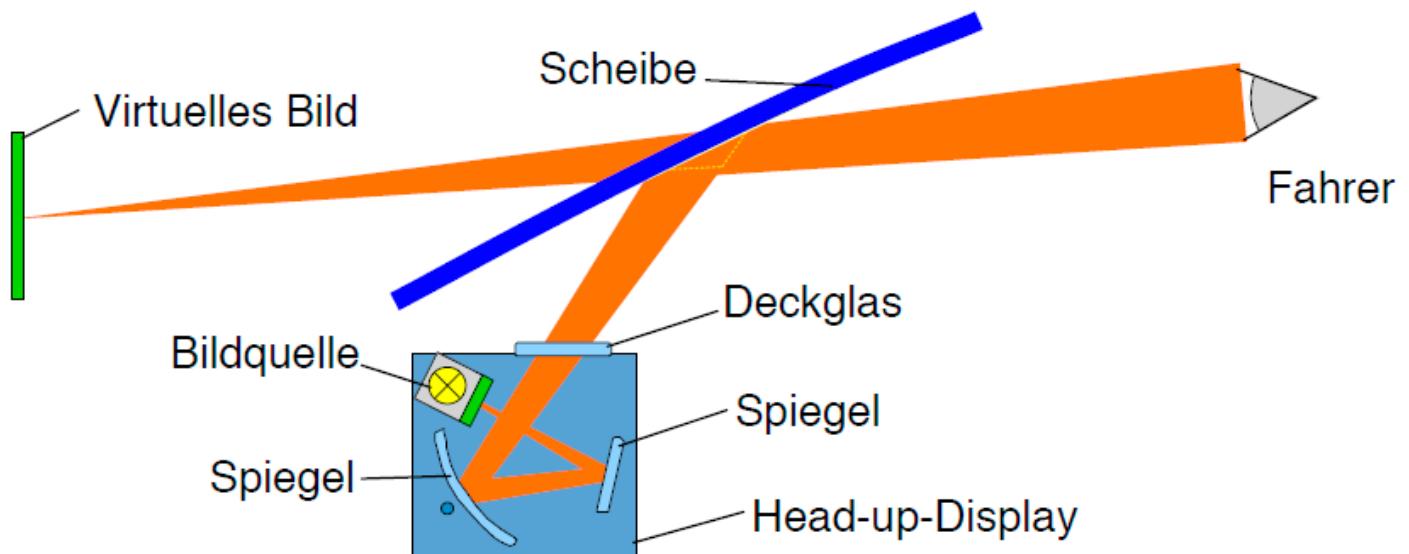


Abbildung 2: Funktionsprinzip eines Head-up Displays (Schneid, 2008).

## Das Augmented Reality HUD

Augmented Reality bezeichnet die Ergänzung der realen Welt um virtuelle Informationen (Azuma, 1997), (Azuma, et al., 2001). Beim Augmented Reality HUD (AR-HUD) werden wie bei einem konventionellen HUD virtuelle Hinweise in das Sichtfeld des Fahrers projiziert. Dabei beträgt der Abstand vom Auge zum virtuellen Bild über 5 m. Bei einem konventionellen HUD beträgt der Bildabstand hingegen nur etwa 2 – 3 m. Durch diesen erweiterten Abstand sowie eine Vergrößerung des darstellbaren Bereichs rückt das HUD vom unteren Rand des Sichtfeldes jedoch in dessen Zentrum. Somit kann die reale Umgebung um beliebige Elemente erweitert werden. Dabei unterstützen die angezeigten Inhalte den Fahrer bei der Bewältigung seiner Aufgabe. Durch die im Fahrzeug vorhandenen Sensoren können die eingeblendeten Objekte einen Bezug zur realen Umgebung herstellen. Denkbar ist hier beispielsweise die augmentierte Anzeige eines Abstandsregeltempomates durch einfaches Zeigen in die Richtung des vorausfahrenden Fahrzeugs.

Bei Verwendung eines AR-HUDs sinkt die Anzahl der Blickabwegungen und es sinken Akkomodationszeiten, also die Zeiten die während des Fokussierens aus der Ferne auf die kurze Distanz zum Kombiinstrument und wieder in die Ferne verstreichen (Kloke, 2005), (Kiefer, 1998), (Milićić, 2009). Des Weiteren können Ermüdungseffekte verringert werden (Seitz,

2009). In Abbildung 4 ist die Visualisierung der Distanz zum vorausfahrenden Fahrzeug dargestellt. Mit den in aktuellen Serienfahrzeugen verfügbaren Sensoren lässt sich eine örtlich präzise und ruckelfreie Anzeige jedoch nicht zufriedenstellend umsetzen.



Abbildung 4: Adaptive Cruise Control (ACC)-Darstellung im AR-HUD (Schneid, 2008).

## Das kontaktanaloge HUD

Im Vergleich zum AR-HUD werden die Bilddistanz sowie der darstellbare Bereich wird weiter vergrößert. Man geht von einem virtuellen Bildabstand von 10 – 15 Metern oder darüber hinaus aus.

Binokulare Kriterien wie das Wahrnehmen zweier unterschiedlicher Bilder mit dem linken bzw. rechten Auge haben durch den großen Abstand zwischen dem virtuellen Bild und dem Auge des Fahrers nur

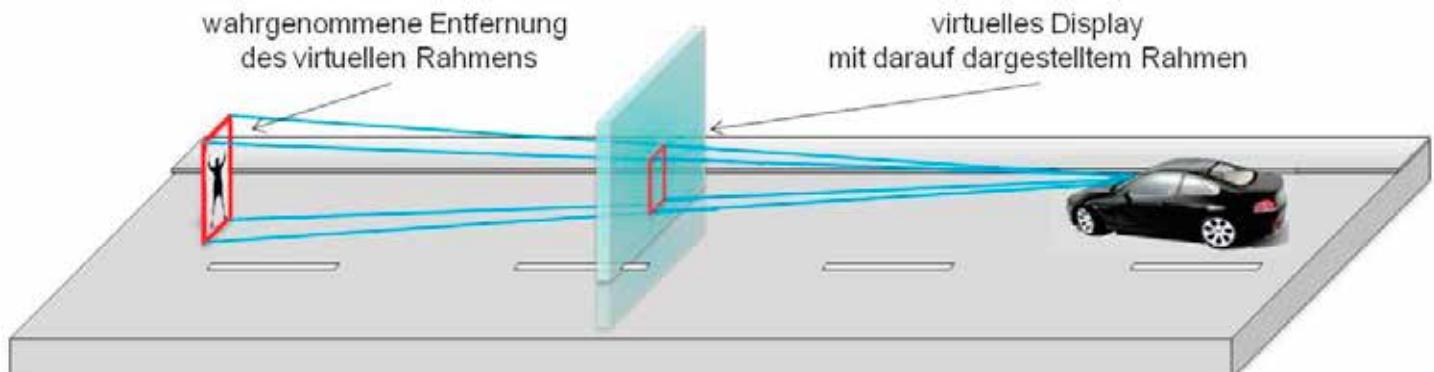


Abbildung 3: Funktionsprinzip eines kontaktanalogen Head-Up Displays (Israel, Potenziale eines kontaktanalogen Head-up Displays für den Serieneinsatz, 2012).

wenig Einfluss auf den entstehenden Tiefeneindruck. Somit lassen sich Inhalte so darstellen als wären sie Teil der Umwelt (Abbildung 3, Abbildung 5).

Das kHUD kann dadurch zur kognitiven Entlastung des Fahrers und zur Erhöhung von Sicherheit und Komfort beitragen. Darüber hinaus kann es das Verständnis der Nutzer über den aktuellen Zustand eines Fahrerassistenzsystems verbessern (Bengler, Götze, Pfannmüller, & Zaindl, 2015; Israel, 2012; Israel, Seitz, Bubb, & Senner, 2010; Israel, Seitz, Senner, & Bubb, 2010).

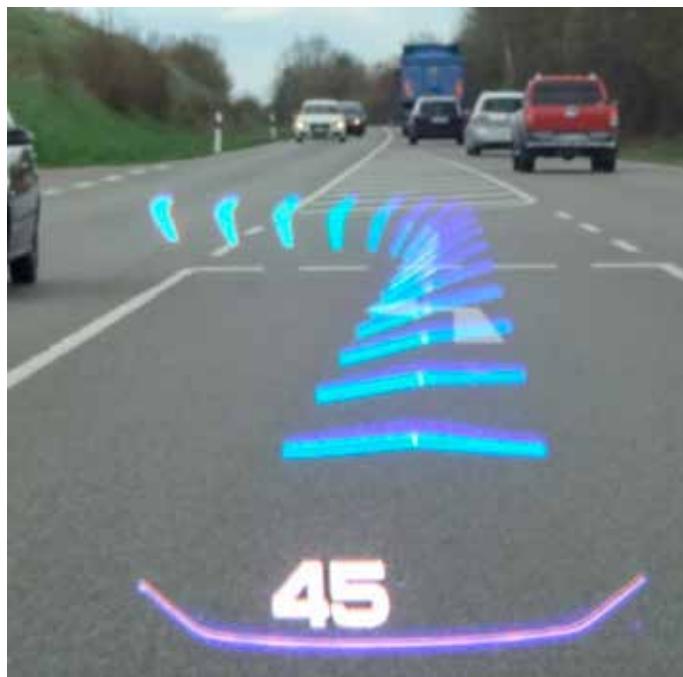


Abbildung 5: Navigationsanzeige im kHUD.

Um das Potential eines kHUDs auszuschöpfen muss eine ausreichende Deckung von Realität und angezeigten virtuellen Inhalten umgesetzt werden. Dazu wird eine Vielzahl höchst präziser und schneller Sensorik notwendig. Neben hochgenauem GPS und spurgenauen Kartendaten für die Navigation werden je nach Anwendungsfall noch Radar- und Lidarsensoren sowie Kameras, Stereokameras und Laserscanner Anwendung finden. Darüber hinaus müssen sowohl Sensoren, als auch Bus-Systeme im

Fahrzeug die benötigten, geringen Latenzen ermöglichen um eine ruckelfreie Darstellung ohne erkennbaren Verzug zu realisieren.

## Die Zukunft des Head-Up Displays

Das Potential der Augmented Reality im Fahrzeug ist groß. Durch seine Abhängigkeit von schneller Sensorik wie auch von leistungsfähigen Bus-Systemen ist das kontaktanaloge Head-Up Display die größere Herausforderung für die Integration in des Gesamtfahrzeug. Jedoch lassen sich damit Funktionen des automatisierten Fahrens darstellen und somit das Vertrauen des Nutzers in die Automatisierung steigern. Darüber hinaus ist eine Anzeige von nicht aufgabenspezifischen Inhalten beim hochautomatisierten Fahren (Stufe 3 (vda, 2014)) zur Vermeidung hyopvigilanter Zustände denkbar.

Das AR-HUD hingegen ist im hochdynamischen Entwicklungsumfeld der Fahrzeugtechnik mit häufig widersprüchlichen Randbedingungen einfacher zu realisieren. Es soll als Bindeglied oder Zwischenschritt auf dem Weg hin zur echten Kontaktanalogie verstanden werden.

Derzeit werden Untersuchungen mit der akutell in Fahrzeugen verbauten Sensorik am Lehrstuhl für Ergonomie durchgeführt. Dabei soll durch Fusion der vorhandenen Sensorik eine Verbesserung der Kontaktanalogie erreicht werden. Darüber hinaus werden die bisherigen Anzeigekonzepte weiter verfeinert und Strategien für die Handhabung von bestehenden Problemen der Augmentierung, beispielsweise der Überdeckung von realen Objekten, untersucht.

## Literatur

- Azuma, R. T. (1997). A Survey of Augmented Reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, pp. 355–385.
- Azuma, R. T., Baillot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S., & MacIntyre, B. (2001). Recent Advances in Augmen-

- ted Reality. IEEE Computer Graphics and Applications, pp. 34-47.
- Bengler, K., Götze, M., Pfannmüller, L., & Zaindl, A. (2015). To See or not to See - Innovative Display Technologies as Enablers for Ergonomic Cockpit Concepts: Ergonomic Requirements, Future Mobility, Future Functionality. electronic displays Conference 2015.
- Israel, B. (2012). Potenziale eines kontaktanalogen Head-up Displays für den Serieneinsatz. München: Technischen Universität München.
- Israel, B., Seitz, M., Bubb, H., & Senner, B. (2010). Contact Analog Information in the Head-Up Display – How Much Information Supports the Driver? (A. H. H. Khalid, Ed.) Advances in human factors and ergonomics series. Advances in Ergonomics Modeling and Usability Evaluation, pp. 163–171.
- Israel, B., Seitz, M., Senner, B., & Bubb, H. (2010). Kontaktanaloge Anzeigen für ACC – im Zielkonflikt zwischen Stimulation und Ablenkung. In T. S. GmbH (Ed.), 4. Tagung Fahrerassistenz. Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik, Technische Universität München.
- Kiefer, J. R. (1998). Defining the „HUD benefit time window“. (A. G. Gale, Ed.) Vision in vehicles - VI, (S. 133–142).
- Kloke, W. B. (2005). Zur Bedeutung der Blickabwendsdauer bei HUDs im Kfz. Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, 3.
- Miličić, N. (2009). Sichere und ergonomische Nutzung von Head-Up Displays im Fahrzeug. München: Technischen Universität München.
- Schneid, M. (2008). Entwicklung und Erprobung eines kontaktanalogen Head-up-Displays im Fahrzeug. München: Technische Universität München.
- Seitz, M. (2009). Entwicklung und Evaluation von ACC-Anzeigekonzepten für das kontaktanaloge Head-up Display (Diplomarbeit). München: Technische Universität München.
- vda. (2014). www.vda.de. Retrieved April 1, 2016, from <https://www.vda.de/de/themen/innovation-und-technik/automatisiertes-fahren/automatisiertes-fahren.html>

# Einführung in die inferenzstatistische Auswertung mit Bayes-Statistik

Moritz Körber

Wissenschaftler haben in der experimentellen Forschung eine sehr ähnliche Vorgehensweise wie Detektive: Beide stellen Hypothesen auf und versuchen, durch das Sammeln von Hinweisen die Plausibilität der Hypothesen zu überprüfen (Kruschke, 2015). Bei einem Detektiv beziehen sich die Hypothesen auf die Verdächtigen. Konkret lautet diese für jeden einzelnen Verdächtigen: „Der Verdächtige ist der Täter.“ Nimmt ein Detektiv einen Fall ohne Vorwissen an, so sind zu Beginn alle möglichen Verdächtigen gleich wahrscheinlich der Täter:

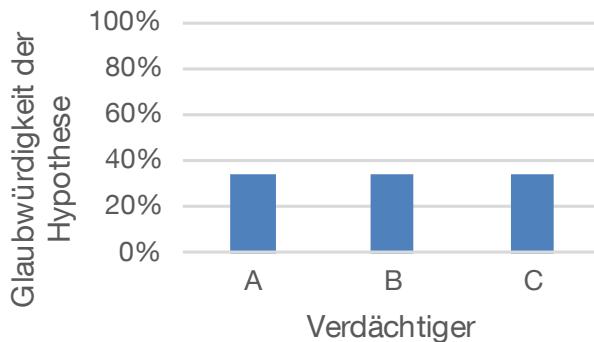


Abbildung 1: Verteilung der Glaubwürdigkeit der Verdächtigen als Täter zu Beginn der Untersuchung.

Um die Hypothesen zu überprüfen, ermittelt der Detektiv und sammelt Hinweise, sodass er Verdächtige ausschließen und belastendes Material finden kann. Wenn er beispielsweise den Verdächtigen A als Täter ausschließen kann, so erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, dass entweder B oder C der Täter gewesen ist, denn einer der beiden Verdächtigen muss der Täter sein:

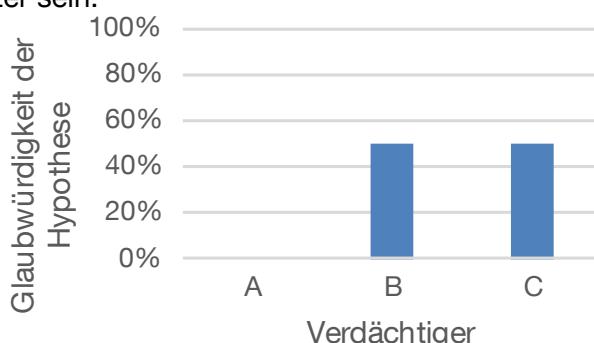


Abbildung 2: Verteilung der Glaubwürdigkeit der Verdächtigen als Täter nachdem Verdächtiger A ausgeschlossen werden konnte.

Im Idealfall bleibt am Ende ein Täter übrig, auf welchen dann die gesamte Wahrscheinlichkeit fällt:

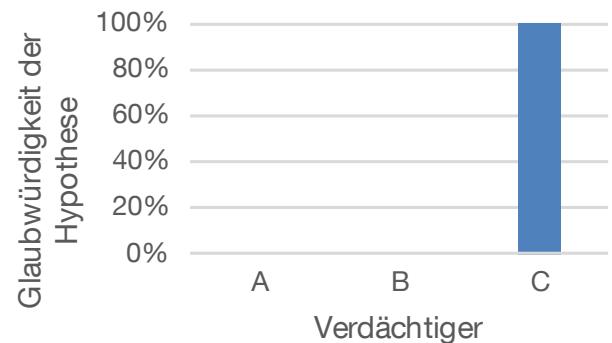


Abbildung 3: Verteilung der Glaubwürdigkeit der Verdächtigen als Täter nachdem Verdächtiger A und B ausgeschlossen werden konnten.

Nach demselben Prinzip gehen auch Wissenschaftler bei experimenteller Forschung vor. Sie stellen eine Hypothese auf, führen ein Experiment durch, um die Glaubwürdigkeit dieser Hypothese zu prüfen und bewerten dann, wie plausibel die Gültigkeit dieser Hypothese unter den erhaltenen Daten ist. Die gängige Auswertungsmethode, frequentistische Signifikanztests, liefert jedoch ausgerechnet auf diese Frage keine Antwort. Der p-Value ist per Definition die abhängige Wahrscheinlichkeit  $P(D|H_0)$ , dass die (oder extremere) Daten D unter Gültigkeit der  $H_0$  auftreten. Jedoch ist für Wissenschaftler eigentlich die umgekehrte Wahrscheinlichkeit  $P(H|D)$  von Interesse: Wie glaubwürdig ist eine Hypothese unter den erhaltenen Daten? Der Unterschied lässt sich leicht erkennen, wenn man ein konkretes Beispiel heranzieht. Die Wahrscheinlichkeit, bei sehr starker Müdigkeit einen Fahrfehler zu begehen  $P(\text{Fahrfehler}|Müdigkeit)$ , ist relativ hoch. Jedoch ist die Wahrscheinlichkeit, dass ein Fahrer bei einem Fahrfehler müde war  $P(\text{Müdigkeit}|Fahrfehler)$  wiederum sehr gering, denn es gibt noch viele andere mögliche Ursachen für einen Fahrfehler. Die Wahrscheinlichkeit  $P(H|D)$  lässt sich nur mit Bayes-Statistik berechnen, denn mit dem Satz von Bayes können beide Wahrscheinlichkeiten in Bezug zueinander gesetzt werden:

$$P(H|D) = \frac{P(D|H) \cdot P(H)}{P(D)} \quad (1)$$

Klassische, frequentistische Statistik interpretiert die Wahrscheinlichkeit eines Ereignisses als die relative Häufigkeit, mit der es in einer großen Anzahl gleicher, wiederholter, voneinander unabhängiger Zufallsexperimente auftritt. Statistik nach Bayes definiert Wahrscheinlichkeit eher als aktuellen Wissenstand oder Glaubwürdigkeit einer Hypothese, subjektives Maß für die Glaubwürdigkeit einer Aussage, das von 0 (falsch, unglaublich) bis 1 (glaublich, wahr) reicht. Dementsprechend wird zu Beginn einer Datenanalyse mit Bayes subjektiv die Wahrscheinlichkeit  $P(H)$ , die a priori-Wahrscheinlichkeit, festgelegt. Der Ausdruck a priori bedeutet „im Vorhinein“, wobei sich der Ausdruck zeitlich auf das Experiment bezieht. Wissenschaftler geben damit an, wie plausibel eine Hypothese für sie ist, bevor dazu Daten in einem Versuch gesammelt werden. Übertragen auf das Eingangsbeispiel bedeutet dies:

*Wie wahrscheinlich ist ein bestimmter Verdächtiger der Täter, bevor ermittelt wird?*

Die Hypothesen beziehen sich auf Parameterwerte  $\theta$ , welche als spezifische Werte (z. B. eine Mittelwertsdifferenz  $\mu_1 - \mu_2 = 0,5$ ) oder als Verteilungen (z. B. die Mittelwertsdifferenz  $\mu_1 - \mu_2$  ist normalverteilt mit  $N \sim (0, 1)$ ) formuliert sein können. Die a priori-Wahrscheinlichkeit  $P(H)$  sollte möglichst informiert sein, das heißt, durch Vorwissen oder durch empirische Daten festgelegt. Beispielsweise ist eine Reaktionszeit von unter 100 ms kein plausibles Ergebnis, denn die Reizverarbeitung und eine motorische Reaktion allein dauern etwa 100 ms (Pain & Hibbs, 2007). Gleichzeitig kann eine Reaktionszeit von über 1000 ms als verpasstes Signal gewertet werden. Darauf aufbauend können Werte zwischen 100 ms und 1000 ms a priori als plausibel festgelegt werden. Als eine durch dieses Vorwissen festgelegte a priori-Verteilung könnte hier etwa eine Gleichverteilung der Reaktionszeit  $\theta$  zwischen 200 ms und 1000 ms gewählt werden. Falls kein Vorwissen verfügbar ist, kann auch eine nicht-informierte a priori-Wahr-

scheinlichkeit benutzt werden. Hier wird allen möglichen Hypothesen die gleiche Glaubwürdigkeit zugewiesen. Die abhängige Wahrscheinlichkeit  $P(D|H)$  ist ähnlich zum p-Value und definiert die Wahrscheinlichkeit, die Daten unter der Hypothese zu erhalten. Die Wahrscheinlichkeit  $P(D)$  wird als Beweismaterial bezeichnet und stellt die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten der Daten über alle betrachteten Hypothesen hinweg dar.  $P(D)$  kann auch als

$$P(D) = \sum_{H^*} P(D|H^*)P(H^*) \quad (2)$$

geschrieben werden, wobei  $H^*$  für die einzelnen Hypothesen steht. Die Wahrscheinlichkeit entspricht also der Summe der für die einzelnen Hypothesen gesammelten Beweise und damit dem insgesamt empirisch gesammelten Datenmaterial. Mit dem Satz von Bayes lässt sich die a posteriori-Wahrscheinlichkeit  $P(H|D)$  berechnen. Diese ist für den Wissenschaftler das eigentliche Ziel und bezeichnet die Wahrscheinlichkeit der Gültigkeit der Hypothese unter Einbezug der erhaltenen empirischen Daten. Die geläufigeren, englischen Bezeichnungen der einzelnen Wahrscheinlichkeiten sind wie folgt:

$$\begin{array}{rclclcl} P(H|D) & = & P(D|H) & \cdot & P(H) & / & P(D) \\ \text{posterior} & & \text{likelihood} & & \text{prior} & & \text{evidence} \end{array}$$

Im Satz von Bayes wird der Erkenntnisgewinn, welcher durch ein Experiment erzielt wird, formalisiert: Die bestehende Erkenntnis über die zu untersuchende Variable (die a-priori-Wahrscheinlichkeit, *prior*) wird mit den neu erhaltenen Daten (*evidence*) kombiniert, wodurch das Vorwissen aktualisiert wird und eine aktualisierte Erkenntnis (aposteriori-Wahrscheinlichkeit, *posterior*) resultiert. Die *posterior* eines Experiments eignet sich also als zukünftige *prior*, wenn ein neues Experiment durchgeführt wird.

Ein Beispiel zur Anwendung (Brewer, 2007): Nehmen wir an, in einem Lostopf befinden sich Lose, welche entweder Gewinne oder Nieten sein können. Wir ziehen ein Los und erhalten einen Gewinn. Wir wissen nun sicher, dass in diesem Topf Lose sind, die gewinnen, jedoch könnten sich auch Nieten im

Lostopf befinden. Eine plausible Annahme ist, dass es genauso viele Gewinne wie Nieten gibt. Es gibt also zwei mögliche Ergebnisse/Hypothesen über den Inhalt des Lostopfes:

- $H_1$ : G (alle Lose sind Gewinne)
- $H_2$ : GN (die Hälfte der Lose sind Gewinne, die andere Hälfte sind Nieten)

Da wir kein Vorwissen über den Lostopf haben, sind für uns beide Hypothesen gleich wahrscheinlich, nämlich jeweils 50% (oder 0,5):

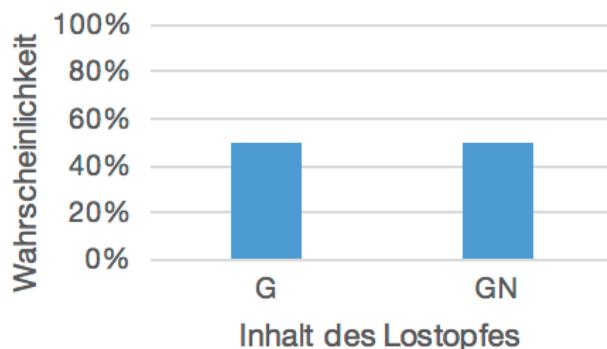


Abbildung 4: Verteilung der Glaubwürdigkeit auf die beiden Hypothesen bevor Daten gesammelt wurden.

Dies repräsentiert  $P(H)$ , unsere *prior*, also wie wahrscheinlich eine Hypothese ist, bevor Daten gesammelt wurden. Wir führen ein Experiment durch, um die Hypothesen zu überprüfen: Wir ziehen eine Los – sammeln also Daten – und notieren das Ergebnis: Es ist ein Gewinn. Nun müssen wir die benötigten Wahrscheinlichkeiten berechnen und in die Tabelle eintragen:

Tabelle 1: Tabelle zur Berechnung der a posteriori-Wahrscheinlichkeit  $P(D|H)$ .

Hypothesen	Prior	Likelihood	Likelihood x Prior
H1 G	0,5	1	0,5
H2 GN	0,5	0,5	0,25
Gesamt			0,75

$P(H)$ , die *prior* (unser Vorwissen), haben wir schon, nämlich jeweils 0,5.  $P(D|H)$ , die *likelihood* des Ergebnisses, unterscheidet sich für die Hypothesen:

- $H_1$  G: Da hier nur Gewinne im Lostopf sind, ist die Wahrscheinlichkeit, einen Gewinn zu ziehen, 100%.
- $H_2$  GN: Hier ist die Wahrscheinlichkeit, einen Gewinn zu ziehen, 50%, denn man könnte ja auch eine Niete ziehen.

$P(D)$  berechnet sich durch (2), also die Summe der beiden Produkte *likelihood x prior* jeweils von  $H_1$  und  $H_2$ . Damit können wir schon alle Felder ausfüllen:

Tabelle 2: Tabelle zur Berechnung der a posteriori-Wahrscheinlichkeit  $P(D|H)$ .

Hypothesen	Prior	Likelihood	Likelihood x Prior
H1 G	0,5	1	0,5
H2 GN	0,5	0,5	0,25
Gesamt			0,75

Mithilfe des Satzes von Bayes können wir die *posterior* ausrechnen, also wie wahrscheinlich die Hypothesen sind, nachdem wir Daten erhalten haben:

Tabelle 3: Tabelle zur Berechnung der a posteriori-Wahrscheinlichkeit  $P(D|H)$ .

Hypothesen	Prior	Likelihood	Likelihood x Prior	Posterior
H1 G	0,5	1	0,5	0,67
H2 GN	0,5	0,5	0,25	0,33
Gesamt			0,75	1

Wie hat sich die Glaubwürdigkeit unserer Hypothesen also jetzt verändert, nachdem wir einen Gewinn gezogen haben?

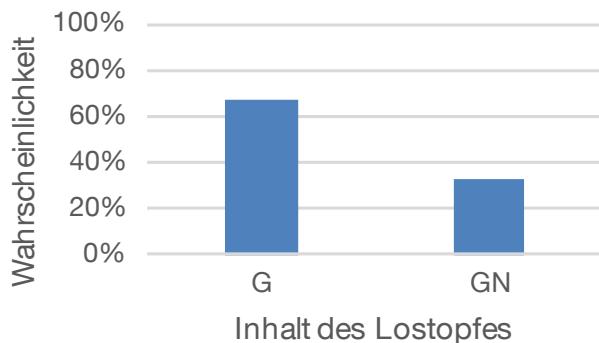


Abbildung 5: Durch die Daten aktualisierte Verteilung der Glaubwürdigkeit auf die beiden Hypothesen.

Wir haben einen Gewinn gezogen, was besser zur Hypothese G als zur Hypothese GN passt, weshalb sich die Wahrscheinlichkeit zugunsten der Hypothese G verschiebt. Bei Statistik mit Bayes wird also berücksichtigt, dass nicht alle Hypothesen und Parameterwerte gleich wahrscheinlich sind. Die Beziehung zwischen der a priori-Wahrscheinlichkeit und den empirischen Daten ist einleuchtend: Je außergewöhnlicher oder unplausibler die Hypothese ist, desto stärker muss der empirischen Nachweis durch die Daten sein, damit die Hypothese plausibel wird. Gleichzeitig verliert die a priori-Wahrscheinlichkeit immer mehr an Gewicht, je mehr Daten gesammelt werden. Unpräzise Daten und uninformedierte a priori-Hypothesen haben weniger Gewicht auf die posterior als präzise Daten und informierte Hypothesen. Die Verteilung der posterior ist folglich eine gewichtete Kombination aus a priori-Hypothese und der im Versuch gesammelten Daten, wobei bei beiden das Gewicht durch die Präzision bestimmt wird (Kline, 2013). Im vorherigen Beispiel mit den Losen gab es für die Daten nur zwei mögliche Ausprägungen: Das Los konnte entweder ein Gewinn oder eine Niete sein. Die Berechnung von  $P(D)$  durch (2) war deshalb relativ einfach. Jedoch sind in vielen Studien die Parameter von Interesse (z. B. Mittelwert) nicht diskret, sondern kontinuierlich, sodass ein Integral berechnet werden muss:

$$P(D) = \int dH^* P(D|H^*) P(H^*) \quad (3)$$

Es ist jedoch nicht immer möglich, dieses analytisch zu lösen. Allerdings kann die *posterior* mithilfe von Markov Chain Monte Carlo (MCMC)-Methoden approximiert werden (für eine umfangreichere Erläuterung s. Kruschke, 2015). Der Begriff Monte Carlo entstand nach der bekannten Spielbank in Monaco und fasst mathematische Simulationen zusammen, bei denen aus simulierten Verteilungen eine hohe Anzahl von Zufallsstichproben (z. B. 10.000) gezogen wird und dabei jeweils Parameter berechnet werden. Eine Markov-Kette (*Markov Chain*) ist ein stochastischer Prozess, bei dem eine abzählbare Menge diskreter Zustände  $s$  (hier: die Parameterwerte) eines Zustandsraums  $S$  (hier: alle als möglich festgelegten Parameterwerte) in mehreren Schritten durchlaufen wird, wobei die einzelnen Schritte unabhängig voneinander sind. Stochastisch bedeutet in diesem Zusammenhang, dass die Übergänge zwischen den Zuständen nicht determiniert sind, sondern mit gewissen Wahrscheinlichkeiten erfolgen. Die Wahl des nächsten Schritts und die Übergangswahrscheinlichkeiten sind dabei nur vom derzeitigen Zustand abhängig. Der verwendete MCMC-Algorithmus führt einen sog. *random walk* aus: Für Kombinationen plausibler Parameterwerte wird bei den einzelnen Schritten jeweils die Wahrscheinlichkeit  $P(D|H^*) P(H^*)$ , d. h. die Wahrscheinlichkeitsdichte an diesem Punkt der *posterior*, für den aktuellen Zustand und für den nächsten Schritt berechnet. Das Verhältnis der beiden Wahrscheinlichkeiten ergibt die Übergangswahrscheinlichkeit in den nächsten Zustand:

$$P(\text{Übergang}) = \min \left( \frac{P(\text{aktuell})}{P(\text{nächster})}; 1 \right) \quad (4)$$

Ist also die Wahrscheinlichkeitsdichte dort höher, wird gewechselt, ist sie niedriger, dann wird nur mit der Wahrscheinlichkeit

$$P(\text{Übergang}) = \frac{P(\text{aktuell})}{P(\text{nächster})} \quad (5)$$

gewechselt. Auf diese Weise wird zu Zuständen mit hoher Wahrscheinlichkeitsdichte häufiger gewech-

selt und dort auch für mehr Schritte verblieben. Bei einer großen Anzahl von Schritten stellt die am Ende entstandene stationäre Verteilung anhand der vielen, eigentlich diskreten Wahrscheinlichkeiten eine sehr gute Approximation der wahren *posterior* dar. Für MCMC häufig verwendete Algorithmen sind BUGS (Lunn, Spiegelhalter, Thomas & Best, 2009), JAGS (Plummer, 2003) und STAN (Gelman, Lee & Guo, 2015). Mithilfe der Pakete *R2WinBUGS*, *rjags* und *rstan* können diese mit dem Statistikprogramm R zur Datenanalyse benutzt werden. Komplette Skripte für viele statistische Fragestellungen (z. B. Vergleich zweier Gruppen) finden sich zum Beispiel unter <https://sites.google.com/site/doingbayesiandataanalysis/>.

Inferenzstatistische Schlussfolgerungen können mit Parameterschätzung oder mit einem Modellvergleich erlangt werden, wobei beide Ansätze unterschiedliche Anwendungsfelder besitzen.

Bei Inferenzstatistik mit Parameterschätzung wird betrachtet, wie sich in der *posterior* die relative Glaubwürdigkeit auf alle möglichen Parameterwerte eines einzelnen Modells verteilt. Die Fragestellung ist hier, wie plausibel ein bestimmter Parameterwert ist. Zur Testentscheidung wird die Glaubwürdigkeit dieses Parameterwerts anhand der *posterior* bewertet. Eine zweite, komplementäre Option basiert auf den Prinzipien der Intervallschätzung: Für die *posterior* wird ein HDI (*Highest Density Interval*) berechnet, welches 95 % der *posterior*-Verteilung einschließt. Die folgende Abbildung zeigt ein Beispiel für eine *posterior* zur Schätzung eines Mittelwerts:

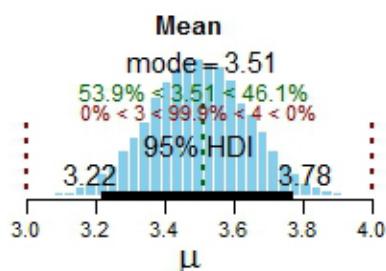


Abbildung 6: Posterior zur Verteilung eines Mittelwerts.

Ein HDI repräsentiert genau das, was einem Konfidenzintervall häufig fälschlicherweise zugeschrieben wird: Innerhalb des Intervalls befinden sich 95 % der (unter den vorliegenden Daten) glaubwürdigsten Parameter. Der Parameter befindet sich demnach mit einer Wahrscheinlichkeit von 95 % in diesem Intervall. Die Verteilung im HDI stellt außerdem eine echte Wahrscheinlichkeitsverteilung dar, so dass Werte im Zentrum wahrscheinlicher sind als Werte am Rand. Bei einem Konfidenzintervall sind dagegen alle Werte im Intervall gleich wahrscheinlich. Für inferenzstatistische Entscheidungen wird zusätzlich ein ROPE (*Region of Practical Equivalence*) festgelegt. Die Spannweite des ROPE wird auf Grund von inhaltlichen Überlegungen bestimmt. Alle Parameterwerte innerhalb des ROPE gelten als äquivalent und der Unterschied zwischen diesen hat in der Praxis keine Bedeutung. Ein Beispiel für ein ROPE lässt sich bei der Bedienung von Touch-Displays finden: Ein Button mit 1 cm Durchmesser muss auf einem Touch-Display nicht exakt getroffen werden; er wird auch bei einer Berührung in einem gewissen Toleranzbereich um diesen Button herum (z. B. 0,5 cm) aktiviert. In diesem Beispiel ist das ROPE also der Bereich von  $[-1,5, 1,5]$  cm, denn alle Berührungen in diesem Bereich führen zum selben Ergebnis (Aktivierung des Buttons). Zur inferenzstatistischen Entscheidung wird das HDI mit dem ROPE verglichen: Liegt das komplette HDI innerhalb des ROPE, so gelten die Parameterwerte des HDI als äquivalent zu den Werten innerhalb des ROPE. Liegt das HDI komplett außerhalb des ROPE, so ist der Parameterwert sehr wahrscheinlich vom ROPE unterschiedlich. Überschneiden sich HDI und ROPE nur zum Teil, ist das Ergebnis nicht eindeutig und das Sammeln weiterer Daten wird empfohlen.

Der zweite Ansatz, Inferenz durch einen Modellvergleich, repräsentiert eine Form des klassischen Hypothesentests. Durch den sogenannten *Bayes Factor* (BF) wird quantitativ ausgedrückt, inwieweit die erhaltenen Daten für eine Nullmodell-/hypothese bzw. für eine Alternativmodell-/hypothese sprechen. Numerisch ausgedrückt ist der BF das Verhältnis der *likelihood* der Hypothesen:

$$BF_{10} = \frac{P(D|H_1)}{P(D|H_0)} \quad (6)$$

Ein  $BF_{10}$  von 4 besagt beispielsweise, dass die erhaltenen Daten  $D$  4 mal wahrscheinlicher unter Gültigkeit der  $H_1$  als unter Gültigkeit der  $H_0$  auftreten. Das umgekehrte Verhältnis wird als  $BF_{01}$  bezeichnet. Jeffreys (1961) führt in seinem Buch ein Klassifikationsschema zur Einordnung und Interpretationshilfe der Höhe des BF von *anecdotal evidence* bis *extreme evidence*. Ein Vorteil gegenüber klassischen Signifikanztests ist, dass sich mit dem BF nicht nur Hinweise gegen die Nullhypothese, sondern auch für diese sammeln lassen, sodass diese in Gegensatz zur frequentistischen Statistik auch angenommen werden kann. Aus einem nicht-signifikantem Ergebnis lässt sich bei frequentistischer Statistik außerdem nicht schließen, ob die Daten zu wenig informativ oder un-präzise waren oder ob sie für die Nullhypothese sprechen. Der BF gibt jedoch an, ob die Daten für die Nullhypothese oder für die Alternativhypothese sprechen oder ob sie nicht informativ genug für eine Entscheidung sind. Ist die Nullhypothese falsch, so wird mit steigender Stichprobengröße der p-Value korrekterweise immer kleiner und der BF immer größer. Ist jedoch die Nullhypothese richtig, tendiert der BF mit steigender Stichprobengröße korrekterweise gegen null, während der p-Value bei einer wahren Nullhypothese gleichverteilt ist und somit in keine einheitliche Richtung strebt (Dienes, 2011). Auch sequenzielles Testen und Mehrfachvergleiche sind mit dem BF ohne Probleme möglich. Damit erlaubt der BF eine graduelle Interpretation der Ergebnisse, anstatt eine Ablehnung-/Nicht-Ablehnung-Entscheidung zu forcieren (Schönbrodt, Wagenmakers, Zehtleitner & Perugini, 2015). Beide Modelle sollten im Vorfeld plausibel sein, damit der Vergleich ein sinnvolles Ergebnis ergibt und sich zur Bewertung der Hypothesen eignet. Der BF folgt dem Prinzip der Parsimonie, denn wenn zwei Modelle gleich wahrscheinlich sind, wird das weniger komplexe Modell bevorzugt. Dies folgt daraus, dass beim BF die *likelihood* eines Modells die durchschnittliche *likelihood* über alle in der *prior* als möglich festgelegte Parame-

terwerte hinweg darstellt, welche mit der *prior* gewichtet wird. Komplexe oder unspezifische Modelle benutzen für Vorhersagen entweder mehr Parameter oder unspezifische, breite *prior*-Verteilungen für die Parameterwerte. Dadurch können sie sehr viele Ergebnisse vorhersagen, müssen jedoch die *prior*-Wahrscheinlichkeit auf eine größere Spanne oder Anzahl von Parametern verteilen, sodass diese dann für einen einzelnen Parameterwert selbst sehr gering ist. Da die Ergebnisse mit der (für einzelne Werte) niedrigen *prior* gewichtet werden, kann die *likelihood* selbst bei passender Vorhersage nur einen kleinen Wert annehmen (Lee & Wagenmakers, 2013).

Ein einfaches Programm mit grafischer Benutzeroberfläche zur Berechnung des BF ist JASP (Love et al., 2015). Des Weiteren werden mehrere Webanwendung (z. B. unter <http://pcl.missouri.edu/bayesfactor>) sowie Pakete für R (z. B. *Bayes Factor*) für fast alle Fragestellungen angeboten und in Artikeln elaboriert (z. B. Dienes, 2014; Rouder, Morey, Speckman & Province, 2012; Rouder, Speckman, Sun, Morey & Iverson, 2009).

Welcher Ansatz verwendet wird, hängt von der Forschungsfrage ab: Wenn es von Interesse ist, ob ein Nullmodell oder ein spezifisches Alternativmodell besser zu den Daten passt, dann ist der Modellvergleich mit dem *Bayes Factor* die beste Wahl. Ist jedoch eine möglichst informative und genaue Parameterschätzung oder die relative Glaubwürdigkeit aller möglichen Parameterwerte von Interesse, dann sollte die Parameterschätzung benutzt werden (Kruschke, 2011).

## Literatur

- Brewer, B. J. (2007). Introduction to Bayesian Statistics, University of Auckland. Verfügbar unter <https://www.stat.auckland.ac.nz/~brewer/stats331.pdf>.
- Dienes, Z. (2011). Bayesian Versus Orthodox Statistics: Which Side Are You On? Perspectives on Psychological Science, 6 (3), 274-290.

- Dienes, Z. (2014). Using Bayes to get the most out of non-significant results. *Frontiers in psychology*, 5, 781.
- Gelman, A., Lee, D. & Guo, J. (2015). Stan: A Probabilistic Programming Language for Bayesian Inference and Optimization. *Journal of Educational and Behavioral Statistics*, 40 (5), 530-543.
- Jeffreys, H. (1961). Theory of Probability (3rd Revised edition): Oxford University Press.
- Kruschke, J. K. (2011). Bayesian Assessment of Null Values Via Parameter Estimation and Model Comparison. *Perspectives on Psychological Science*, 6 (3), 299-312.
- Kruschke, J. K. (2015). Doing Bayesian data analysis: A tutorial with R, JAGS, and Stan (2. ed.). San Diego, CA: Academic Press.
- Lee, M. D. & Wagenmakers, E.-J. (2013). Bayesian cognitive modeling: A practical course. Cambridge: Cambridge Univ. Press.
- Love, J., Selker, R., Verhagen, J., Marsman, M., Gronau, Q. F., Jamil, T. et al. (2015). Software to Sharpen Your Stats.
- Lunn, D., Spiegelhalter, D., Thomas, A. & Best, N. (2009). The BUGS project: Evolution, critique and future directions. *Statistics in medicine*, 28 (25), 3049-3067.
- Pain, M. T. G. & Hibbs, A. (2007). Sprint starts and the minimum auditory reaction time. *Journal of Sports Sciences*, 25 (1), 79-86.
- Plummer, M. (2003). JAGS: A Program for Analysis of Bayesian Graphical Models Using Gibbs Sampling. In Kurt Hornik, Friedrich Leisch & Achim Zeileis (Hrsg.), *Proceedings of the 3rd International Workshop on Distributed Statistical Computing (DSC 2003)*. Vienna, Austria.
- Rouder, J. N., Morey, R. D., Speckman, P. L. & Province, J. M. (2012). Default Bayes factors for ANOVA designs. *Journal of Mathematical Psychology*, 56 (5), 356-374.
- Rouder, J. N., Speckman, P. L., Sun, D., Morey, R. D. & Iverson, G. (2009). Bayesian t tests for accepting and rejecting the null hypothesis. *Psychonomic bulletin & review*, 16 (2), 225-237.
- Schönbrodt, F. D., Wagenmakers, E.-J., Zehetleitner, M. & Perugini, M. (2015). Sequential Hypothesis Testing with Bayes Factors: Efficiently Testing Mean Differences. SSRN Journal

# Automation and Society: The Case of Highly Automated Driving ASHAD

Anna Feldhütter

Während sich Forschung und Wissenschaft mit der Lösung technischer Herausforderungen beim hochautomatisierten Fahren bereits intensiv auseinander gesetzt hat (Gasser & Schmidt, 2015; Maurer, Gerdes, Lenz & Winner, 2015), ist in diesem Zusammenhang das Zusammenspiel von Technologie und Gesellschaft noch weitestgehend unbekannt. Um sich dieser offenen Fragen anzunehmen, wurde das Projekt „Automation and Society: The Case of Highly Automated Driving“ (ASHAD) am Munich Center of Technology in Society (MCTS) ins Leben gerufen, in welchem Doktoranden von sechs verschiedenen Lehrstühlen der TU München zusammenarbeiten (Lehrstuhl für Ergonomie, Lehrstuhl für Mathematische Statistik, Lehrstuhl für Wirtschaftsethik, Professur für Forschungs- und Wissenschaftsmanagement, Lehrstuhl für Strategie und Organisation, Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik). Aus der Perspektive dieser unterschiedlichen Disziplinen und unter Einsatz verschiedener methodischer Ansätze werden spezielle Aspekte der soziotechnischen Auswirkungen von automatisierten Fahrzeugen und zugehörige Entscheidungsprozesse herausgegriffen und untersucht.

Ein Thema, welches im Rahmen von ASHAD untersucht wird, ist wie Informationen in sozialen Onlinenetzwerken geteilt werden, was einer eigenen, speziellen Dynamik unterliegt. Vor allem die Risikowahrnehmung wird bei der späteren Markteinführung von automatisierten Fahrzeugen eine zentrale Rolle für den Erfolg der neuen Technologie einnehmen (Gupta et al., 2012). Daher ist es wichtig, die Dynamik der Entstehung und Verbreitung von Risikowahrnehmung des automatisierten Fahrens in den sozialen Netzwerken zu verstehen. Hierfür wurde im Rahmen von ASHAD ein Algorithmus entwickelt, der Diskussionen zu Risiken des automatisierten Fahrens in sozialen Netzwerken erkennt und somit eine longitudinale Analyse der Risikowahrnehmung ermöglicht.

Des Weiteren sollen im Rahmen von ASHAD die Auswirkungen von automatisierten Fahrzeugen auf den Verkehrsfluss analysiert werden. Da eine empirische Grundlage für eine Analyse fehlt, wird mit Verkehrs-

statistik und Verkehrssimulation gearbeitet. Hierbei werden Methoden entwickelt, zugeschnitten auf hochfrequente und hochdimensionale Daten, die auf dem Ansatz beruhen, diskrete Datenmengen durch Funktionen anzunähern. Es wird erwartet, dass ein fortgeschrittener Durchdringungsgrad automatisierter Fahrzeuge die Verkehrseffizienz auf Autobahnen erhöhen könnte.

Weitere Ansätze im Projekt ASHAD basieren auf erfahrungs- und meinungsbasierten Methoden. Da das automatisierte Fahren derzeit für die Gesellschaft noch nicht zur Verfügung steht, basiert das Wissen über diese Technologie weitestgehend auf Annahmen. Versuche im Fahrsimulator erlauben das automatisierte Fahren erlebbar zu machen und die Auswirkung des Erlebens auf die Wahrnehmung von solchen Fahrzeugen, wie z. B. Vertrauen in das automatisierte System und Sicherheitsgewinn aufgrund des automatisierten Fahrzeugs, zu erfassen. Die Ergebnisse zeigen, dass in der Wahrnehmung von automatisierten Fahrzeugen alters- und geschlechterspezifische Unterschiede bestehen. (Gold, Körber, Hohenberger, Lechner, & Bengler, 2015; Feldhütter, Gold, & Hüger, 2016)

Da bei solchen Fahrsimulationsversuchen die Probandenzahlen jedoch vergleichsmäßig gering sind, wurden im Rahmen von ASHAD deutschlandweite, bzgl. Geschlecht, Alter und Bildungsstand repräsentative Fragebogenstudien durchgeführt, um mögliche demografische Unterschiede in der Nutzungsabsicht von automatisierten Fahrzeugen zu identifizieren. Diese Studie zeigt unter anderem, dass geschlechterspezifische Unterschiede in der Wahrnehmung von automatisierten Fahrzeugen teilweise durch unterschiedlich stark assoziierte Emotionen erklärt werden können. Generell zeigen Männer eine größere Nutzungsabsicht, da sie mehr Freude und weniger Angst als Frauen mit automatisierten Autos verbinden, wohingegen diese ein genau entgegengesetztes Muster zeigen. Darüber hinaus konnte gezeigt werden, dass das Ausmaß des Geschlechtsunterschieds in Bezug auf die Wahrnehmung von Angst abhängig vom Alter ist. Besonders ausgeprägt war der Unterschied in der Wahrnehmung von

Angst zwischen jungen Frauen und Männern und verringerte sich mit zunehmendem Alter. (Hohenberger, Spörrle, & Welpe, 2016)

In weiteren Untersuchungen beschäftigen sich die ASHAD-Doktoranden mit sozialpsychologischen und ökonomischen Fragestellungen. Hierbei werden im Speziellen Entscheidungsprozesse untersucht, die im Zusammenhang mit der Einführung automatisierter Fahrzeuge in Unternehmensführungen auftreten können. Es zeigte sich, dass Personen mit einem höheren Machtempfinden positiv formulierte Informationen zu Machbarkeit und Erwünschtheit für wichtiger halten als negative (Steinberg, Knipfer, & Peus, 2016). Außerdem werden im Rahmen von ASHAD ethische Fragestellungen untersucht, die das Verhalten und die Entscheidungsfindung von automatisierten Fahrzeugen in Dilemmasituationen zum Gegenstand haben. Hierfür wurden u.a. anreizbasierte Studien durchgeführt, um die wahre Entscheidungspräferenz der Probanden aufzudecken. Die Ergebnisse zeigen, dass der ethisch am besten zu begründende Weg eine gesellschaftliche Regulierung darstellt, die, falls es die Situation erlaubt, eine Minimierung des Personenschadens erzwingt.

## Literatur

- Feldhütter, A., Gold, C., Hüger, A., & Bengler, K. (2016). Trust in Automation as a matter of media and experience of automated vehicles. Accepted for presentation at the Annual Meeting of the Human Factors and Ergonomics Society, September 2016, Washington D.C., USA.
- Gasser, T. M. & Schmidt, E. A. (Januar 2015). Bericht zum Forschungsbedarf: Runder Tisch Automatisiertes Fahren - AG Forschung. : Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur.
- Gold, C., Körber, M., Hohenberger, C., Lechner, D., & Bengler, K. (2015). Trust in Automation – Before and After the Experience of Take-Over Scenarios in a Highly Automated Vehicle. Proceedings of the 6th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics, AHFE 2014, Las Vegas, US

- Gupta, N., Fischer, A. R. H., and Frewer, L. J. (2012). "Sociopsychological determinants of public acceptance of technologies: A review," Public understanding of science (Bristol, England) (21:7), pp. 782–95 (doi: 10.1177/0963662510392485).
- Hohenberger, C., Spörrle, M., & Welpe, I. M. (2016). The why and how of sex differences in the willingness to use automated cars: Emotions across different age groups. Accepted for presentation at the 2016 International Conference on Traffic and Transport Psychology, Brisbane, Australia.
- Klepsch, J., Klüppelberg, C. and Wei, T. (2016) The prediction of functional ARMA processes with an application to traffic data, under review
- Maurer, M., Gerdes, J. C., Lenz, B. & Winner, H. (2015). Autonomes Fahren: Technische, rechtliche und gesellschaftliche Aspekte. Berlin: Springer Vieweg. Verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-45854-9>.
- Steinberg, U., Knipfer, K., & Peus, C., (2016). Testing the Approach Inhibition Theory of Power Against the Social Distance Theory of Power. Poster presented at 17th Annual Convention of the Society for Personality and Social Psychology, San Diego, USA

# Gestensteuerung und ihr Nutzen im Nutzfahrzeug

Michael Stecher

Durch die technische Entwicklung im Bereich der Sensorik und Mustererkennung ist es heute möglich, Gestik als Bedienmodalität für die Steuerung technischer Geräte einzusetzen. Moderne Gestenerkennungssysteme arbeiten derart zuverlässig, dass die Gestensteuerung mittlerweile auch Einzug in das Fahrzeug gehalten hat. So präsentierte beispielsweise BMW auf der IAA 2015 den BMW 7er mit Gestiksteuerung. Durch das Ausführen spezifischer Gesten im Bereich der Mittelkonsole, wie etwa Wischen oder Zeigen, kann der Fahrer ausgewählte Funktionen steuern. Auf diese Weise ist es ihm beispielsweise möglich, die Musiklautstärke zu regulieren oder eingehende Telefonanrufe anzunehmen. Die Gestensteuerung wird dabei stets in Ergänzung zu anderen Bediensystemen (Dreh-/Drücksteller, Touchscreen, Lenkradtasten) eingesetzt. Dies berechtigt zur Frage nach dem Mehrwert der Bedienmodalität Gestik – denn schließlich muss zunächst jede Geste vom Nutzer aktiv gelernt werden (vgl. Bubb et al., 2015). Auch wenn sich der Einsatz einer Gestensteuerung im Pkw durch den markenprägenden Innovationscharakter dieser Technologie begründen mag, so bleibt aus ergonomischer Sicht die Frage nach dem spezifischen Nutzen einer Gestensteuerung zunächst offen.

Im Forschungsprojekt „Gestensteuerung im Nutzfahrzeug“ wird daher gemeinsam mit der MAN Truck & Bus AG untersucht, wie die Gestensteuerung ergonomisch sinnvoll genutzt werden kann und welcher Mehrwert durch einen entsprechenden Einsatz der Gestensteuerung im Nutzfahrzeug geschaffen werden kann. Im Fokus dieser grundlegenden Untersuchungen steht dabei das gesamte Fahrzeug, welches nicht nur reines Transportmittel ist, sondern für den Fahrer ebenso auch Arbeitsplatz und Wohnraum darstellt. Die Gestensteuerung bietet eine neue und innovative Form der Interaktion, im Kontext des Nutzfahrzeugs soll sie aber vor allem den Arbeitsalltag des Fahrers erleichtern und ihn bei seinen Aufgaben unterstützen.

## Mehrwert einer Gestensteuerung

Um der Frage nachzugehen, welcher Mehrwert mittels Gestensteuerung grundsätzlich geschaffen werden kann, lohnt ein Blick in die unterschiedlichen Bereiche des alltäglichen Lebens. Wie sich zeigt, gibt es Gestensteuerungen bereits seit geraumer Zeit. In manchen Bereichen ist die Gestensteuerung sogar weit verbreitet.

Eines der ersten kommerziell verfügbaren Gestensteuerungssysteme nennt sich „The Clapper“ und ist seit Mitte der 1980er Jahre auf dem Markt erhältlich. Bei „The Clapper“ handelt es sich um einen Schalter für elektrische Geräte. Wird ein Gerät entsprechend mit „The Clapper“ verbunden, kann es über eine Geste ein- und ausgeschaltet werden: nämlich über ein einfaches Händeklatschen.



Abbildung 1: Durch ein In-die-Hände-Klatschen lassen sich mit „The Clapper“ elektrische Geräte ein- und ausschalten (Joseph Enterprises, 2016).

Anders als bei heutigen Gestensteuerungen handelt es sich bei „The Clapper“ um eine Form der indirekten Manipulation (Saffer, 2008). Vom Gerät erkannt wird nämlich nicht die Geste an sich, wie es heute vor allem bei der kamerabasierten Gestenerkennung der Fall ist, sondern erkannt wird das Geräusch, welches beim Klatschen entsteht. Auch wenn diese Art der Erkennung mitunter zu Fehlern führt, weil andere Geräusche vermeintlich als Klatschen erkannt werden, so wird am Beispiel von „The Clapper“ doch deutlich, welche Potenziale die Gestensteuerung mit

sich bringt. In erster Linie besteht der Vorteil darin, dass eine Interaktion über größere Distanzen möglich ist, weil das betreffende Gerät nicht erreicht werden muss. Für den Nutzer bedeutet dies, dass er Geräte auch außerhalb seiner Armreichweite bedienen kann, ohne aufzustehen oder sich strecken zu müssen. Dies ermöglicht letztlich eine weitaus komfortablere Bedienung. Ein weiterer Vorteil ergibt sich dadurch, dass auch bei Dunkelheit problemlos interagiert werden kann, weil die Notwendigkeit der visuellen Identifikation eines entsprechenden Bedienelements entfällt. Dieser Vorteil gilt auch bei kamerabasierten Gestenerkennungssystemen, da es sich bei den heute verwendeten Kameras meist um Infrarotkameras handelt, die auch bei Dunkelheit in der Lage sind, Gesten zu erkennen.

Ein anderer Bereich, in dem die Gestensteuerung bereits seit Längerem erfolgreich eingesetzt wird, ist der Bereich sanitärer Anlagen. Infrarotsensoren an Wasserhähnen, Seifenspendern oder Händetrocknern ermöglichen es dem Nutzer, das jeweilige Gerät zu aktivieren, ohne dieses berühren zu müssen. Ein Annähern der Hand an einen bestimmten Bereich des jeweiligen Geräts reicht aus, um die gewünschte Aktion auszulösen.



Abbildung 2: Der Dyson Airblade™ Händetrockner wird über Gestik aktiviert (Dyson GmbH, 2016).

Der Vorteil, Geräte im Sanitärbereich mittels berührungsfreier Gestik zu bedienen, liegt auf der Hand. Einerseits bleiben die Hände des Nutzers sauber, da keine Taster oder Schalter berührt werden müssen. Gerade in öffentlichen Bereichen ist dies von großem Vorteil. Andererseits bleiben aber auch die Armaturen und Bedienelemente sauber, da sie nicht etwa mit nassen Händen angefasst werden müssen. Dies beugt deren Verschmutzung vor und erleichtert somit die Reinigung.

Aber auch im Pkw ist die Gestensteuerung nicht neu. Bereits seit einigen Jahren ist bei Volkswagen das gestengesteuerte Öffnen der Kofferraumklappe möglich. Durch eine entsprechende Geste mit dem Fuß am Fahrzeugheck wird der Kofferraum entriegelt – sofern der Nutzer den Funkschlüssel mit sich führt. Auf diese Weise lässt sich der Kofferraum komfortabel öffnen, auch wenn beide Hände belegt sind. Ein Abstellen getragener Gegenstände ist nicht länger notwendig. Dies steigert nicht nur den Komfort, sondern spart ebenso Zeit.



Abbildung 3: Mit einem gezielten „Kick“ öffnet sich beim VW Passat der Kofferraum (Volkswagen AG, 2016).

In Hinblick auf den Einsatz der Gestensteuerung im Fahrzeug spielt vor allem aber auch die Erreichbarkeit eine entscheidende Rolle. Denn insbesondere während der Fahrt stellt die Bedienung schlecht erreichbarer Systeme ein Sicherheitsrisiko dar, da der Fahrer seine Fahrhaltung verlassen und sich dem zu bedienenden System zuwenden

muss. Eine Ablenkung von der Fahraufgabe wäre somit die Folge. Daher besitzt die Gestensteuerung letztlich auch das Potenzial, die Sicherheit im Fahrzeug zu erhöhen.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Gestensteuerung mehrerelei Potenzial besitzt. Der Mehrwert, der durch die gestische Bedienung erzielt werden kann, umfasst die Aspekte:

- Erreichbarkeit
- Komfort
- Sauberkeit
- Zeitersparnis
- Sicherheit

### Identifikation von Nutzungsszenarien im Lkw

Auf Basis der beschriebenen Potenziale der Gestensteuerung wird im Projekt „Gestensteuerung im Nutzfahrzeug“ untersucht, für welche Funktionen im Lkw ein Einsatz dieser Bedienmodalität sinnvoll und nutzbringend ist. Beispielsweise wurde für die Analyse der Erreichbarkeit von Geräten und Bedienelementen im Innenraum des Lkw auf das geometrische Menschmodell RAMSIS zurückgegriffen. Über sogenannte Greifschalen lässt sich anhand eines CAD-Modells des Fahrerhauses beurteilen, welche Geräte und Bedienelemente sich der Erreichbarkeit des Fahrers entziehen. Für den Aspekt der Sicherheit sind vor allem jene Geräte relevant, die während der Fahrt vom Fahrersitz aus bedient werden. Hinsichtlich des Komforts spielt z. B. aber auch die Erreichbarkeit von Geräten eine Rolle, die dann bedient werden, wenn sich der Fahrer auf der Liege im hinteren Bereich des Fahrerhauses befindet (z. B. während Ruhezeiten).

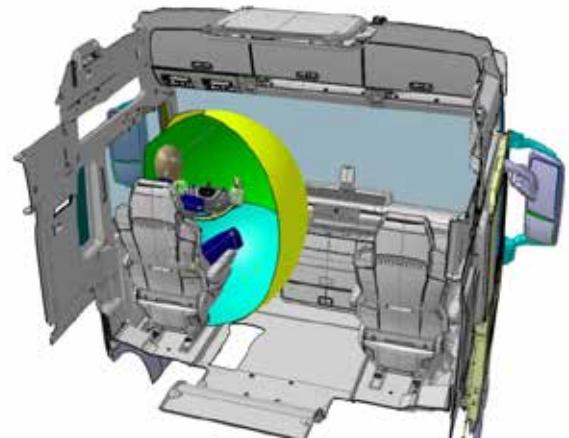


Abbildung 4: Greifschalen für die geringsten Reichweiten beim Mann: 5. Perzentil (gelb), 50. Perzentil (grün) und 95. Perzentil (türkis).

Um ein grundlegendes Verständnis dafür zu erlangen, welche Tätigkeiten der Berufskraftfahrer im Rahmen seiner Arbeit ausführt, wurde eine Kombination aus theoretischer und empirischer Betrachtung gewählt. Eine theoretische Betrachtung eignet sich insbesondere für definierte Arbeitsabläufe und -aufgaben. So spezifiziert zum Beispiel die Berufsgenossenschaft für Fahrzeughaltungen mit der BGI 599 einen Prozess zum sicheren An- und Abkuppeln von Fahrzeugen. Durch eine gezielte Analyse derartiger Prozesse lässt sich z. B. eine Aussage darüber treffen, ob bei Tätigkeiten im Außenbereich des Fahrzeugs mittels Gestensteuerung Laufwege vermieden werden können. Dadurch ließe sich Zeit einsparen und die Prozesseffizienz könnte gesteigert werden. Für eine detailliertere Betrachtung von Arbeitsabläufen und zur Erfassung individueller Aspekte eignen sich vor allem empirische Ansätze wie etwa die Methode der beobachtenden Mitfahrt auf Basis einer „Contextual Inquiry“ (vgl. Beyer & Holtzblatt, 1995). Hierbei wird der Fahrer über einen definierten Zeitraum während seiner Arbeit begleitet, wobei sämtliche fahrzeugbezogenen Tätigkeiten des Fahrers beobachtet und protokolliert werden. Zwar ist diese Methode aufwendig und zeitintensiv, dafür erlaubt sie eine ausführliche Analyse individueller Gewohnheiten und Präferenzen der Fahrer.

## Ausblick

Im weiteren Verlauf des Projekts werden für die auf diese Weise identifizierten Nutzungsszenarien Konzepte zur Gestensteuerung entwickelt, ausgearbeitet und prototypisch umgesetzt. Eine zentrale Rolle bei der Entwicklung spielen ergonomische Gestaltungskriterien, an denen sich die konzeptionelle Ausgestaltung der Konzepte orientieren muss. Eine Gestaltung im ergonomischen Sinne ist die Voraussetzung dafür, dass eine Gestensteuerung vom Nutzer akzeptiert und folglich auch genutzt wird (vgl. Akyol et al., 2000; Geiger, 2003). Nur so ist es möglich, dass die beschriebenen Potenziale der Gestensteuerung ihre Wirksamkeit erreichen.

## Literatur

- Akyol, S., Canzler, U., Bengler, K. & Hahn, W. (2000). Gesture Control for use in Automobiles. In Proceedings of IAPR Workshop on Machine Vision Applications (S. 349–352).
- Beyer, H. R. & Holtzblatt, K. (1995). Apprenticing With the Customer. Communications of the ACM, 38 (5), 45–52.
- Bubb, H., Bengler, K., Grünen, R. E. & Vollrath, M. (2015). Automobilergonomie (ATZ/MTZ-Fachbuch). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Dyson GmbH. (2016). Dyson Airblade dB Händetrockner - weiterentwickelt zur Geräuschreduktion im Waschraum. Zugriff am 21.03.2016. Verfügbar unter <http://www.dyson.de/haendetrockner/airblade-db.aspx>.
- Geiger, M. (2003). Berührungslose Bedienung von Infotainment-Systemen im Fahrzeug. Dissertation, Technische Universität München. München.
- Johnson Enterprises. (2016). The Original Sound Activated On/Off Switch. Zugriff am 21.03.2016. Verfügbar unter <http://chia.com/home-goods/the-clapper/>.
- Saffer, D. (2008). Designing gestural interfaces. Sebastopol, CA: O'Reilly Media.
- Volkswagen AG. (2016). Easy Open von Volkswagen | Think New. Zugriff am 22.03.2016. Verfügbar unter <http://thinknew.volkswagen.com/de/de/innovations/comfort/kofferraum-sensor.html>.

# Kooperatives hochautomatisiertes Fahren Ko-HAF

Jonas Radlmayr



Kooperatives, hochautomatisiertes Fahren ist vor allem eine Antwort auf die aktuellen Herausforderungen des individuellem Verkehr mit dem Automobil auf Straßen weltweit. Im Projekt Ko-HAF werden die damit einhergehenden Fragestellungen untersucht, die zukünftig eine weitere Senkung der Unfallzahlen, eine Erhöhung der Verkehrseffizienz, Senkung von volkswirtschaftlichen Schäden und eine Erhaltung von Mobilität für eine zunehmend alternde Gesellschaft bewirken sollen.

Gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie ist Ko-HAF mit einer Konsortiumsgröße von 14 Partnern aus der Automobil- und der Zuliefererindustrie, öffentlichen Einrichtungen und Forschungsinstituten ein Forschungsprojekt, das eine evolutionäre Entwicklung automatisierten Fahrfunktionen auf Basis der bereits heute verfügbaren, teilautomatisierten Fahrfunktionen anstrebt.

Dabei soll bis zu einer Geschwindigkeit von 130 km/h auf Autobahnen die Automation die Fahrzeugführung übernehmen wobei eine Zuwendung zu fahrfremden Tätigkeiten erlaubt wäre. Trotzdem bleibt der Mensch an Systemgrenzen Rückfallebene und muss mit ausreichender Zeitreserve die Fahraufgabe wieder übernehmen können.

Weiteren Partner in Ko-HAF befassen sich mit Themen der Umfelderfassung und –repräsentation im Safety Server, der Lokalisierung und dem statischen Umfeldmodell, der Funktionsentwicklung für den Normal- und Notbetrieb und der Absicherung und Erprobung. Bei den Aktivitäten des Lehrstuhls für Ergonomie steht die kooperative Fahrzeugführung und die kontrollierbare Automation im Vordergrund. Ziel ist die Spezifikation von einheitlichen Prüfszenarien, der Modellierung von Fahrerverfügbarkeit für eine Übernahme, der Untersuchung von Automationseffekten und eine Optimierung von Transitionskon-

zepten. Zudem sollen Empfehlungen zu Methoden und Interaktionskonzepten auch in die internationale Standardisierung einfließen.

Zentrale Fragestellungen, die durch die Untersuchungen des Lehrstuhls beantwortet werden sollen, sind:

- Welche Rolle hat der Fahrer?
- Wie lange darf sich ein Fahrer einer fahrfremden Tätigkeit widmen und welchen Einfluss hat diese auf die Übernahme?
- Wie lange dauert es, bis der Fahrer bei einer plötzlichen Störung die Fahraufgabe wieder übernehmen kann?
- Die Heterogenität der Transitionen nimmt zu - Wie bleibt das System bedienbar?

Dabei steht neben einem initialen Abgleich von Versuchsszenarien, einer Klärung von Definitionen, Metriken und Begrifflichkeiten vor allem der empirische Teil des Projekts mittels Fahrsimulationsstudien im Vordergrund.

In mehreren Studien werden die oben genannten Fragestellungen untersucht und der Einfluss von Fahrerverfügbarkeit, fahrfremden Tätigkeiten und der Übernahme als Sicherheits- und Komfortkritisches Thema beleuchtet. Die Verwendung von Eye-Trackern, Körpertrackern und Sitzdruckmessmatten stellt dabei die genauere Quantifizierung des Fahrerzustands sicher.

Das Projekt Ko-HAF endet im November 2018.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

# Erfolgreicher Abschluss – Wissenschaftliche Konferenz zum Projektende von UR:BAN

Christian Lehsing



Abbildung 1: Die drei Projektsäulen der Forschungsinitiative UR:BAN und ihre jeweiligen Projektleiter.

Nach vierjähriger Laufzeit erreichte am 31.03.2016 die Verkehrsforschungsinitiative UR:BAN ihr Projektende. Über 30 Partner aus Wirtschaft und Wissenschaft haben in den Projektsäulen „Kognitive Assistenz“, „Vernetzte Verkehrssysteme“ und „Mensch im Verkehr“ an den innerstädtischen Verkehrsthemen der Zukunft geforscht ([www.urban-online.org](http://www.urban-online.org)). Erste Ergebnisse wurden 2014 in Braunschweig auf der Halbzeitpräsentation (siehe Ergonomie Aktuell 2014) und final 2015 in Düsseldorf auf der Abschlussprä-

sentation vorgestellt. Bei beiden Veranstaltungen ging es darum, den Besuchern die bisher erreichten Meilensteine zu präsentieren, in Fahrdemos Assistenzsysteme erlebbar zu machen und neue Forschungsansätze mit Experten aus dem jeweiligen Bereich zu diskutieren. Die wissenschaftliche Arbeit zur Generierung dieser Resultate konnte hier teilweise nur angedeutet werden – zu viel war an den



Abbildung 2: Eröffnung der Konferenz durch Prof. Bengler.



Abbildung 3: Fachbeitrag von Martin Götze.



© W. Schürmann

Abbildung 4: Konferenzteilnehmer.

Tagen zu sehen. Um eben genau diese Arbeit einer entsprechenden Würdigung zuführen und Bühne geben zu können, wurde im Februar 2016 die wissenschaftliche Abschlusskonferenz zum Projekt durch den Lehrstuhl für Ergonomie (Projektleiter der Säule „Mensch im Verkehr“) organisiert. An zwei Tagen konnten die Partner sowie weitere interessierte Besucher in den Räumlichkeiten der Technischen Universität München in Garching über 30 Vorträgen lauschen. Die Gestaltung der Vorträge war so angelegt, dass genug Raum vorhanden war, um mit den Forschern in Diskussion zu treten. Jeder Redner hatte 20 Minuten Zeit, sein Thema, seine Arbeit und deren Ergebnisse vorzustellen, danach waren zehn Minuten Diskussion angesetzt die äußerst gut genutzt wurden,. Die 36 Vorträge fanden in zwei parallelen Tracks statt und waren in-



© W. Schürmann

Abbildung 5: Zuhörer während des Vortrags der BASt.

haltlich an die Teilprojektstruktur angelehnt. Aufglockert wurden die Sessions durch ausreichend Pausen, um den Partnern hier die Möglichkeit zu geben, bei Kaffee und Snacks sich der einen oder anderen Frage aus den Vorträgen detaillierter zu widmen. Nach einem langen ersten Tag, fanden sich die Teilnehmer der Veranstaltung danach in der Magistrale zu einem gemeinsamen Abendessen zusammen. Die universitäre Atmosphäre während der gesamten Veranstaltung wurde von allen Teilnehmern begrüßt – unterstrich sie doch umso mehr den wissenschaftlichen Charakter dieses Events. Am zweiten Tag ging es recht früh los, um die zwei parallelen Sessions mit dem abschließenden Fazit durch den Projektleiter MV, Professor Bengler, und dem gemeinsamen Mittagessen pünktlich zu beenden.

Auch wenn die Planung dieser Konferenz von der Projektsäule „Mensch im Verkehr“ ausging und damit die Mehrheit der Vorträge aus diesem Bereich kam, so beteiligten sich die Nachbarprojekte erfreulicherweise ebenso rege mit Beiträgen aus ihren Domänen. Der so entstandene Mix gab den Besuchern nochmals ein umfassendes Bild, was in den vergangenen vier Jahren durch die beteiligten Partner alles vorangetrieben wurde, um den Verkehr in Deutschland noch sicherer, effizienter und stressfreier zu machen.



© W. Schürmann

Abbildung 6: Gruppenbild UR:BAN MV-Partner.

## Programm 18.02.2016



9:00	Registrierung			
10:00	Begrüßung – Prof. Dr. Klaus Bengler, TU München			
10:10	Vortrag: „URBAN-Das Letzte seiner Art?“ Eberhard Hipp			
	<b>Vorträge im Raum 0350</b>	<b>Chair</b>	<b>Vorträge im Raum 0250</b>	<b>Chair</b>
10:30	Herausforderungen verkehrlicher Bedingungen für die Umsetzung eines Ampelassistenten und die experimentelle Untersuchung der Auswirkungen auf die Fahrer-akzeptanz, Lena Rittger, Dr. Ulrich Eberle, Adam Opel AG	TU Braunschweig	Leitfaden für die Einrichtung kooperativer Systeme auf öffentlicher Seite Jakob Kath, TU München (VT)	
11:00	Iterative Entwicklung eines generischen und integrativen MMI Gesamtkonzeptes für den urbanen Raum Martin Götze, TU München (LFE)	Prof. Dr. Mark Vollrath, TU München (LFE)	Lösungsmöglichkeiten für die Unterstützung kooperativer intelligenter Verkehrssysteme durch kommunale Verkehrsbetreiber am Beispiel des UR: BAN Prüffelds Kassel, Dr. Thorsten Miltner, Stadt Kassel	
11:30	MMI-Konzepte für eine automatisierte, kraftstoff-effiziente Fahrzeuglängsführung im Lkw Sonja Stockert, TU München (FTM)	Prof. Dr. Mark Vollrath, TU München (LFE)	Simulationsgestütztes Testen kooperativer, verteilter Verkehrssysteme Tim Ruß, ifak Magdeburg e.V.	Michael Neuner, GEVAS software GmbH
12:00	<b>Mittagspause</b>			
13:30	In welchen urbanen Situationen erhöhen Warnungen die Sicherheit? Juela Kazazi, TU Braunschweig	Prof. Dr. Klaus Bengler, TU München (LFE)	Erprobung von Fahrerassistenzfunktionen auf dem Smartphone unter Berücksichtigung prognostizierter LSA-Schaltzeiten, Felix Rudolph, Uni Kassel	
14:00	Generische zweistufige Warnungen zur Erhöhung der Sicherheit im urbanen Raum Susann Winkler, TU Braunschweig	Prof. Dr. Klaus Bengler, TU München (LFE)	Gegenüberstellung SVM-basierter Schaltzeitprognosen an verkehrsabhängigen Lichtsignalanlagen der Städte Düsseldorf und Kassel, Toni Weisheit, Uni Kassel	
14:30	Warnstrategie einer Ausweichassistenz Dr. Gerald Schmidt, Adam Opel AG	Prof. Dr. Klaus Bengler, TU München (LFE)	Kooperativer Kreuzungsassistent auf Datenbasis des elektronischen Horizonts und C2X-Kommunikation Benedikt Bernais, TH Mittelhessen	
15:00	Bremsbereit? Frederik Diederichs, Fraunhofer IAO	Prof. Dr. Klaus Bengler, TU München (LFE)	Lokale Verkehrslageschätzung mit dem Cellular Transmission Model, Mirko Barthauer, TU Braunschweig	Regina Glas, BMW Group
15:30	<b>Kaffeepause</b>			
16:00	Vorhersage von Fahrstrategien abgelenkter Fahrer Felix Schmitt, Robert Bosch GmbH	Robert Bosch GmbH	Implementierung eines auf FCD basierten energieeffizienten / reisezeitoptimierten Strategiemanagements in Düsseldorf, Dr. Peter Maier, GEVAS software	
16:30	Vorhersage von Fahrstreifenwechseln: Von Fahrermerkmalen über Manövertypen und Blickmuster zu einem Echtzeit-Prädiktionsalgorithmus Dr. Matthias Beggiato, TU Chemnitz	Robert Bosch GmbH	Realer vs simulierter Umgebungsverkehr – Was bringt die vernetzt Fahrsimulation? Dr. Dominik Mühlbacher, Uni Würzburg – IZVW	
17:00	Erkennung von Manöverintention durch Fusion von Fahrerverhalten und Umfeldsituation Veit Leonhardt, TU Chemnitz	Robert Bosch GmbH	Realisierung eines Fußgänger-Simulators für urbane Querungsszenarien Ilja Feldstein, TU München (LFE)	
17:30	Fahrmanöverprädiktion im urbanen Verkehr auf Basis von Verhaltensketten Jens Heine, Adam Opel AG	Robert Bosch GmbH	Bits und Bytes lernen laufen – der ur:bane Weg zur sozialen Interaktion in der vernetzten Simulation Christian Lehsing, TU München (LFE)	Prof. Dr. Fritz Blisch, TU München (VT)
18:10	Zusammenfassung Tag 1 (anschließend Gruppenfoto)			
18:30	Gemeinsames Abendessen			
21:00	Ende Tag 1			

Abbildung 7: Programmübersicht Tag 1.



## Programm 19.02.2016

	Vorträge im Raum 0350	Chair	Vorträge im Raum 0250	Chair
8:30	<b>Die – vernetzte – Fahrsimulation zur Untersuchung des Fahr- und Interaktionsverhaltens von Motorradfahrern</b> Sebastian Will, Uni Würzburg – IZVW	Dr. Silja Hoffmann, TU München (VT)	<b>Neue intelligente Verkehrs- und Assistenzsysteme – wie wirken sie auf nicht ausgestattete Fahrer?</b> Katharina Preuk, DLR	Dr. Ulrich Kreßel, Daimler AG
9:00	<b>Modellierung des operativen und taktischen Verhaltens von Radfahrern an signalgesteuerten Knotenpunkten</b> Heather Twaddle, TU München (VT)		<b>Entwicklungsbegleitende Wirkfeldermittlung und softwarebasierte Effektivitätsbewertung aktiver Fahrerassistenzsysteme für die Stadt</b> Volker Labenski, AUDI AG	
9:30	<b>Analyse der Interaktion zwischen Fußgängern und Fahrzeugen im Realverkehr und kontrollierten Feld</b> Jens Kotte, RWTH Aachen (ika)		<b>Optimierung von aktiven Fahrerassistenzsystemen basierend auf der Analyse des Fahrer- und Fußgänger-reaktionsverhaltens in der Pre-Crash-Phase</b> Thomas Schlender, Robert Bosch GmbH	
10:00	<b>Einfluss des vorhandenen Ausweichraums auf die Fahrerreaktion bei Lenkeingriffen</b> Andreas Pütz, RWTH Aachen (ika)		<b>Die vollständige Landkarte der Fahrzeugautomatisierung</b> Tom Gasser, BASt	
<b>10:30 Kaffeepause</b>				
10:50	<b>Einfluss von Fahrerablenkung auf die Kontrollierbarkeit eines fehlerhaft auslösenden Ausweichsystems</b> Rico Auerswald und Alexander Frey, BASt	Alexandra Neukum, Uni Würzburg	<b>Kombiniertes Ausweichen und Bremsen zum letztmöglichen Moment</b> Boliang Yi, Adam Opel AG	Dr. Horst Klöden, BMW Group
11:20	<b>Einfluss der Systemgestaltung von Ausweich-assistenten auf die Kontrollierbarkeit</b> Norbert Schneider, Uni Würzburg (IZVW)		<b>Aktive Sicherheit für Fußgänger 2.0</b> Prof. Dr. D. Gavrila, Daimler AG	
11:50	<b>Kontrollierbarkeitsbewertung von FAS der aktiven Sicherheit in frühen Phasen des Entwicklungsprozesses mit dem Vehicle in the Loop (ViL)</b> , Fabian Rüger, Uni BW		<b>Realisierung eines frühzeitig warnenden Fußgängerschutzsystems auf Basis einer Intentionserkennung des Fußgängers mit hochauflösender Sensorik</b> Nina Brouwer, BMW Group – Forschung und Technik	
12:30	<b>Fazit und Ausblick</b>			
12:50	<b>Schlusswort</b>			
<b>13:00 Gemeinsames Mittagessen</b>				
14:30	<b>Ende der Veranstaltung</b>			

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

**UR:BAN**

Urbamer Raum:  
Benutzergerechte Assistenzsysteme  
und Netzmanagement

## Programm UR:BAN Konferenz

am 18. und 19. Februar 2016  
TU München



Abbildung 8: Programmübersicht Tag 2.

# VacuuAir: Die Technologie, die aus Luftmatratzen Surfboards macht

Stefan Klare

Kaum eine Kategorie im Surfkosmos hat sich in den letzten Jahren so rasant schnell entwickelt wie Stand-up-Paddleboards (SUPs). Ob auf Flachwasser, Wildwasser oder Bigwaves – SUPs sieht man in den unterschiedlichsten Revieren. Aufblasbare SUPs, sogenannte iSUPs, sind vor allem bei Einsteigern und Familien beliebt, während Fortgeschrittkte und Profis aufgrund der besseren Performance zumeist auf klassische Hardboards aus Faserverbundstoffen, wie Karbon oder Glasfaser, setzen. Das Münchener Startup TRIPSTIX hat sich zum Ziel gesetzt die Vorteile beider Technologien zu vereinen. TRIPSTIX wurde dafür mit dem ISPO BRANDNEW AWARD 2016, als Gesamtsieger der Kategorie Hardware Summer, ausgezeichnet.



Abbildung 1: Das Tripstix Team präsentiert stolz sein Produkt und den verliehenen Preis auf der diesjährigen Sportartikelmesse „ISPO 2016“.

Die komplett neu entwickelte 2-Kammern Konstruktion VacuuAir bietet drei große Vorteile.

## TRIPSTIX Boards

- bieten dank ihrer Biegesteifigkeit und ihrer genauen Form die Performance eines klassischen Surfboards aus Faserverbundstoffen
- sind sicherer als herkömmliche iSUPs, durch einen zweiten Auftriebskörper

- sind schneller aufzublasen, gleichzeitig so komfortabel zu transportieren und verstauen wie ein klassisches iSUP

## Dropstitch: die herkömmliche Bauweise

Aufblasbare Surfboards bzw. Stand-up-Paddleboards werden bisher aus sogenanntem Dropstitch-Material bzw. Doppelwandgewebe gefertigt. Hierbei handelt es sich um zwei Gewebeschichten, welche durch eine Vielzahl von Fasern verbunden sind (siehe Abb. 2). Die Gewebeschichten sind mit einem luftundurchlässigen Material beschichtet (meist weich-PVC). Die Fasern, welche Ober- und Unterseite verbinden, gewährleisten einen konstanten Abstand der Gewebeschichten beim Aufblasen. Doppelwandgewebe weist eine Vielzahl von Nachteilen auf. Einerseits ist das Material im Vergleich zu einer klassischen PVC-Gewebeplatte sehr teuer. Außerdem lassen sich nur Strukturen mit einheitlicher Dicke herstellen, da der komplizierte Webeprozess bisher keine variierende Faserlänge der Abstandsfasern zulässt. Insbesondere bei Surfboards ist eine variierende Dicke von entscheidender Bedeutung für die Performanz des Sportgeräts. Außerdem weisen Bauteile aus Doppelwandgewebe keine hohe Biegesteifigkeit auf, da die Abstandsfasern, welche senkrecht zu Ober- bzw. Unterseite verlaufen, keine Biegekräfte aufnehmen können.

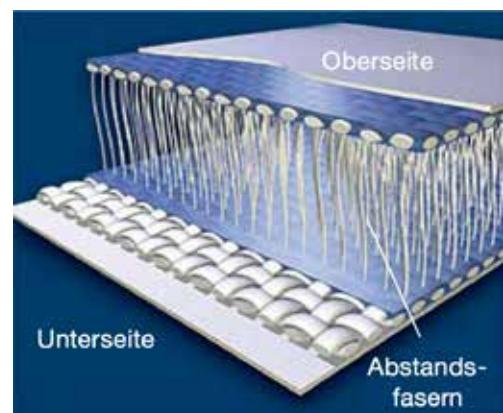


Abbildung 2: Prinzipieller Aufbau von Dropstitch Material. Die Abstandsfasern verlaufen senkrecht zu Ober- und Unterseite und können keine Biegekräfte aufnehmen. Die Faserlänge ist bisher fertigungsbedingt nicht variierbar.

Doppelwandgewebe wird außer bei aufblasbaren Surfboards noch bei einer Vielzahl von weiteren Anwendungen verwendet z.B. Sportmatten, schwimmende Plattformen, Bootsböden, Trennwände, etc.

## VacuuAir: die Revolution

Die VacuuAir Technologie löst die Probleme, die die Dropstitch Technologie mit sich bringt. Die innovative und zum Patent angemeldete 2-Kammern VacuuAir Technologie besteht aus einer Luft- und einer Vakuumkammer (vgl. Abb. 3 und 4). Dabei dient die Luftkammer der Realisierung der Surfboardform. Die zweite Kammer ist mit Granulat gefüllt.

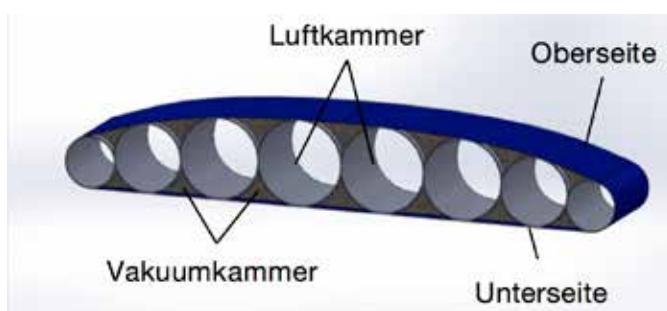


Abbildung 3: Prinzipieller Aufbau der VacuuAir-Technologie: Die Röhrenförmigen Luftkammern empfinden die Form eines Surfboards nach. und können keine Biegekräfte aufnehmen. Die Faserlänge ist bisher fertigungsbedingt nicht varierbar.

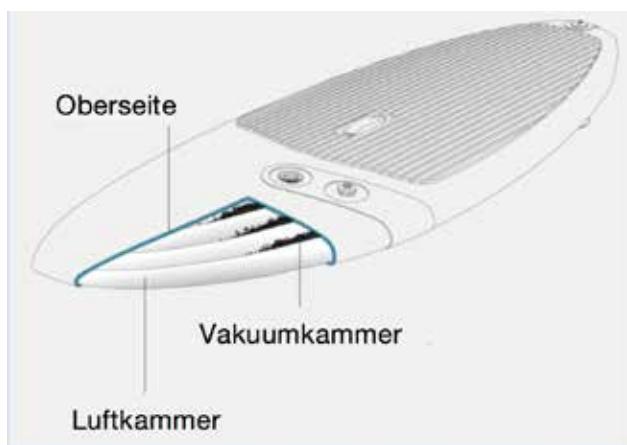


Abbildung 4: Dreidimensionale Visualisierung des Kammeraufbaus der VacuuAir-Technologie.

Wird im Bereich der zweiten Kammer ein Vakuum angelegt, so wird das Granulat komprimiert und es bilden sich harte Regionen aus, was die Biegesteifigkeit des Sportgeräts erhöht. Die Vakuumkammer übernimmt also die Rolle eines Stringers, wie man ihn von klassischen Surfboards kennt. Die Technologie ist auf die unterschiedlichsten Surfboardformen (Shapes) anwendbar. Surfboards in VacuuAir-Bauweise weisen ein hohes Maß an Sicherheit auf. Selbst bei einer Beschädigung beider Kammer bleibt die lebensrettende Auftriebwirkung erhalten, da das Granulat an sich genügend Auftrieb erzeugt um eine Person im Ernstfall an der Wasseroberfläche zu halten. Da VacuuAir-Boards ein geringeres Volumen als entsprechende Boards in Dropstitch Bauweise aufweisen ist der Pumpaufwand beim Aufblasen deutlich geringer.

Das Team rund um Dr.-Ing. Stefan Klare steht nach über 15 Prototypen und 4 Shapes kurz vor der Serienreife. Markteintritt wird für den späten Sommer 2016 angestrebt.

## Tripstix: Die Idee und das Team dahinter

Die Idee, Überdruck- mit Unterdruckkammern zu kombinieren hatte der Ingenieur Stefan Klare auf kurzen Geschäftsreisen an Küstenorte, wo er ohne Brett den Surfern zuschauen musste. Ein normales Surfboard war zu sperrig und umständlich zu transportieren und die Performance aufblasbarer Boards entsprach nicht seinem Anspruch. Als er dann eine vakuumierte Kaffeepackung in den Händen hielt kam er auf den Gedanken die Stabilität von aufblasbaren Surfboards durch eine Vakuumkammer zu gewährleisten.

Das Team von Tripstix, bestehend aus dem Ingenieur und Ideengeber Stefan Klare und dem Kaufmann Andreas Trapp formierte sich bereits 2013. Der Industriedesigner Joaquin Parodi stieß im Jahre 2015 zum Team hinzu. Das Projekt wurde über verschiedene Gründerstipendien finanziert. Hierbei war und ist das Projekt eingebettet in den Fachbereich „Sportgeräte und –materialien“ der TU München.

Mentor Prof. Dr. Veit Senner erkannte schon frühzeitig das Potential für die zu entwickelnde Technologie und unterstützt das Projekt seit Juni 2014.

## Zusammenfassung

Die von Tripstix entwickelte VacuuAir-Technologie bietet ambitionierten Wassersportlern eine echte alternative zum sperrigen Hardboard. Die Technologie zeichnet sich durch eine hohe Performanz (Biegesteifigkeit und Form), einem hohen Grad an Sicherheit und einen geringen Pumpaufwand aus.

# Veröffentlichungen von Sommer 2015 bis Sommer 2016

## 2015

Albert, M., Lange, A., Schmidt, A., Wimmer, M., & Bengler, K. (2015). Automated Driving – Assessment of Interaction Concepts Under Real Driving Conditions. In T. Ahram, W. Karwowski, & D. Schmorow (Eds.), Proceedings of the 6th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics 2015 and the Affiliated Conferences (AHFE). AHFE (Vol. 3, pp. 2832–2839). Elsevier.

Bengler, K. (2015). Grundlegende Zusammenhänge von Automatisierung und Fahrerleistung (ZVS). Zeitschrift für Verkehrssicherheit (ZVS), (3/2015), 169–173.

Bengler, K., Pütz, A., Purucker, C., Götze, M., & Färber, B. (2015). Das UR:BAN Assistenzszenario als Konstrukt für die Entwicklung und Bewertung integrierter Fahrerassistenzsysteme. Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, 69 (2), 65–70.

Breuninger, J., & Popova-Dlugosch, S. (2015). Gestaltung moderner Touchscreen-Interaktion für technische Anlagen. In B. Vogel-Heuser, T. Bauernhansl, & M. ten Hompel (Eds.), Handbuch Industrie 4.0. Produktion, Automatisierung und Logistik (pp. 1–21). Berlin Heidelberg: Springer.

Brück, B., & Bengler, K. (2015). Sensor fusion and human behavioral pattern analysis for vehicle occupancy detection. In G. Lindgaard & D. Moore (Eds.), Proceedings of the 19th Triennial Congress of the International Ergonomics Association (IEA) 2015 .

Conti, A. S., Kremser, F., Krause, M., An, D.-j., & Bengler, K. (2015). The Effect of Varying Target Sizes and Spacing between Target and Non-target Elements on Goal-directed Hand Movement Times while Driving. In T. Ahram, W. Karwowski, & D. Schmorow (Eds.), Proceedings of the 6th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics 2015 and the Affiliated Conferences (AHFE). AHFE (Vol. 3, pp. 3168–3175). Elsevier.

Cramer, S., Lange, A., & Bengler, K. (2015). Path Planning and Steering Control Concept for a Cooperative Lane Change Maneuver According to the H-Mode Concept. In Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik (Ed.), 7. Tagung Fahrerassistenzsysteme (Vol. 7). München: TÜV SÜD Akademie GmbH.

Feldstein, I., Guentner, A., & Bengler, K. (2015). IR-based in-vehicle Head-tracking. In T. Ahram, W. Karwowski, & D. Schmorow (Eds.), Proceedings of the 6th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics 2015 and the Affiliated Conferences (AHFE). AHFE (Vol. 3, pp. 829–836). Elsevier.

Gold, C., Körber, M., Hohenberger, C., Lechner, D., & Bengler, K. (2015). Trust in Automation – Before and After the Experience of Take-over Scenarios in a Highly Automated Vehicle. In T. Ahram, W. Karwowski, & D. Schmorow (Eds.), Proceedings of the 6th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics 2015 and the Affiliated Conferences (AHFE). AHFE (Vol. 3, pp. 3025–3032). Elsevier.

Goncalves, J., & Bengler, K. (2015). Driver State Monitoring Systems– Transferable Knowledge Manual Driving to HAD. In T. Ahram, W. Karwowski, & D. Schmorow (Eds.), Proceedings of the 6th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics 2015 and the Affiliated Conferences (AHFE). AHFE (Vol. 3, pp. 3011–3016). Elsevier.

Goncalves, J., Olaverri-Monreal, C., & Bengler, K. (2015). Driver Capability Monitoring in Highly Automated Driving: From State to Capability Monitoring. In Proceedings of the 18th International Conference on Intelligent Transportation Systems (IEEE-ITSC) (pp. 2329–2334). IEEE.

Gontar, P., & Hoermann, H.-J. (2015). Reliability of Instructor Pilots' Non-Technical Skills Ratings. In Proceedings of the 18th International Symposium on Aviation Psychology (ISAP) 2015 (pp. 366–371). Wright State University and Events.

- Gontar, P., & Mulligan, J. B. (2015). A Metric to Quantify Shared Visual Attention in Two-Person Teams. In T. Pfeiffer & K. Essig (Eds.), Proceedings of the 2nd International Workshop on Solutions for Automatic Gaze Data Analysis (SAGA 2015) (pp. 37–38). eColecctions Uni Bielefeld.
- Gontar, P., Porstner, V., Hoermann, H.-J., & Bengler, K. (2015). Pilots' Decision-Making under High Workload: Recognition-Primed or Not – An Engineering Point of View. In G. Lindgaard & D. Moore (Eds.), Proceedings of the 19th Triennial Congress of the International Ergonomics Association (IEA) 2015 .
- Götze, M., & Bengler, K. (2015). Urban Driving: Where to Present What Types of Information – Comparison of Head-Down and Head-Up Displays. In S. Yamamoto (Ed.): Human Interface and the Management of Information. Information and Knowledge in Context, Proceedings of the 17th International Conference, HCI International 2015 (pp. 190–200). Springer International Publishing.
- Götze, M., Ruff, F., & Bengler, K. (2015). Optimal Information Output in Urban Traffic Scenarios: An Evaluation of Different HMI Concepts. In T. Ahram, W. Karwowski, & D. Schmorow (Eds.), Proceedings of the 6th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics 2015 and the Affiliated Conferences (AHFE). AHFE (Vol. 3, pp. 739–746). Elsevier.
- Haslbeck, A., Schmidt-Moll, C., & Schubert, E. (2015). Pilots' Willingness to Report Aviation Incidents. In Proceedings of the 18th International Symposium on Aviation Psychology (ISAP) 2015 (pp. 1–5). Wright State University and Events.
- Hölzel, C., Schmidler, J., Knott, V., & Bengler, K. (2015). Unterstützung des Menschen in der Arbeitswelt der Zukunft. In R. Weidner (Ed.), Technische Unterstützungssysteme (pp. 148–158). Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- Knott, V. C., Demmelmair, S., & Bengler, K. (2015). Distraction and Driving Behavior by Presenting Information on an „Emissive Projection Display“ Compared to a Head-up Display. In D. Harris (Ed.), Engineering Psychology and Cognitive Ergonomics. 12th International Conference, EPCE 2015, Held as Part of HCI International 2015, Los Angeles, CA, USA, August 2–7, 2015, Proceedings (Vol. 9174, pp. 13–23). Springer International Publishing.
- Knott, V. C., Mayr, T., & Bengler, K. (2015). Lifting Activities in Production and Logistics of the Future – Cardiopulmonary Exercise Testing (CPET) for Analyzing Physiological Stress. In T. Ahram, W. Karwowski, & D. Schmorow (Eds.), Proceedings of the 6th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics 2015 and the Affiliated Conferences (AHFE). AHFE (Vol. 3, pp. 354–362). Elsevier.
- Körber, M., Schneider, W., & Zimmermann, M. (2015). Vigilance, boredom proneness and detection time of a malfunction in partially automated driving. In Proceedings of the 2015 International Conference on Collaboration Technologies and Systems (CTS). The 16th Annual Meeting (pp. 70–76). IEEE XPLOR Digital Library.
- Körber, M., Cingel, A., Zimmermann, M., & Bengler, K. (2015). Vigilance Decrement and Passive Fatigue Caused by Monotony in Automated Driving. In T. Ahram, W. Karwowski, & D. Schmorow (Eds.), Proceedings of the 6th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics 2015 and the Affiliated Conferences (AHFE). AHFE (Vol. 3, pp. 2403–2409). Elsevier.
- Krause, M., Angerer, C., & Bengler, K. (2015). Evaluation of a Radio Tuning Task on Android while Driving. In T. Ahram, W. Karwowski, & D. Schmorow (Eds.), Proceedings of the 6th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics 2015 and the Affiliated Conferences (AHFE). AHFE (Vol. 3, pp. 2642–2649). Elsevier.
- Krause, M., Conti, A. S., Henning, M., Seubert, C., Heinrich, C., Bengler, K., Herrigel, C., Glaser, D. (2015). App Analytics: Predicting the Distraction Potential of In-vehicle Device Applications. In T. Ahram, W. Karwowski, & D. Schmorow (Eds.), Proceedings of the 6th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics 2015 and the Affiliated Conferences (AHFE). AHFE (pp. 2658–2665). Elsevier.

- Krause, M., Donant, N., & Bengler, K. (2015). Comparing Occlusion Method by Display Blanking to Occlusion Goggles. In T. Ahram, W. Karwowski, & D. Schmorow (Eds.), Proceedings of the 6th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics 2015 and the Affiliated Conferences (AHFE). AHFE (Vol. 3, pp. 2650–2657). Elsevier.
- Krause, M., Weichelt, S., & Bengler, K. (2015). Malfunction of a Traffic Light Assistant Application on a Smartphone. In Proceedings of the European Conference on Cognitive Ergonomics (ECCE) 2015 . ACM Digital Library.
- Lange, A., Albert, M., Siedersberger, K.-H., & Bengler, K. (2015). Ergonomic Design of the Vehicle Motion in an Automated Driving Car. In T. Ahram, W. Karwowski, & D. Schmorow (Eds.), Proceedings of the 6th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics 2015 and the Affiliated Conferences (AHFE). AHFE (pp. 2761–2768). Elsevier.
- Lehsing, C., Kracke, A., & Bengler, K. (2015). Urban Perception - A Cross - Correlation Approach to Quantify the Social Interaction in a Multiple Simulator Setting. In Proceedings of the 18th International Conference on Intelligent Transportation Systems (IEEE-ITS) (pp. 1014–1021). IEEE.
- Petermeijer, S. M., Abbink, D., Mulder, M., & de Winter, J. (2015). The Effect of Haptic Support Systems on Driver Performance: A Literature Survey. IEEE Transaction on Haptics, Volume 8(Issue 4), 467–479. doi:10.1109/TOH.2015.2437871
- Petermeijer, S., de Winter, J. C. F., & Bengler, K. (2015). Vibrotactile Displays: A Survey With a View on Highly Automated Driving. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Volume 17, S. 897 - 907. doi:10.1109/TITS.2015.2494873
- Pfannmüller, L., Kramer, M., Senner, B., & Bengler, K. (2015). A Comparison of Display Concepts for a Navigation System in an Automotive Contact Analog Head-Up Display. In T. Ahram, W. Karwowski, & D. Schmorow (Eds.), Proceedings of the 6th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics 2015 and the Affiliated Conferences (AHFE). AHFE (Vo. 3, pp. 4849–4856). Elsevier.
- Pfannmüller, L., Walter, M., & Bengler, K. (2015). Lead me the right way?! The impact of position accuracy of augmented reality navigation arrows in a contact analog head-up display on driving performance, workload, and usability. In G. Lindgaard & D. Moore (Eds.), Proceedings of the 19th Triennial Congress of the International Ergonomics Association(IEA) 2015 .
- Pfannmüller, L., Walter, M., Senner, B., & Bengler, K. (2015). Depth Perception of Augmented Reality Information in an Automotive Contact Analog Head-Up Display. Journal of Vision, (15(12), 1078). doi:10.1167/15.12.1078
- Radlmayr, J., Selzer, T., Arcati, A., & Bengler, K. (2015). Haptic Gear Shifting Indication: Evaluating Acceptance and Potential Fuel Consumption Reduction. In T. Ahram, W. Karwowski, & D. Schmorow (Eds.), Proceedings of the 6th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics 2015 and the Affiliated Conferences (AHFE). AHFE (pp. 2746–2752). Elsevier.
- Schmidtler, J., & Bengler, K. (2015). Fast or Accurate? – Performance Measurements for Physical Human-robot Collaborations. In T. Ahram, W. Karwowski, & D. Schmorow (Eds.), Proceedings of the 6th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics 2015 and the Affiliated Conferences (AHFE). AHFE (Vol. 3, pp. 1387–1394). Elsevier.
- Schmidtler, J., Knott, V., Hözel, C., & Bengler, K. (2015). Human Centered Assistance Applications for the working environment of the future. Occupational Ergonomics, Vol. 12(3), 83–95. doi: 10.3233/OER-150226
- Schmidtler, J., Sezgin, A., Illa, T., & Bengler, K. (2015). Black or White? Influence of Robot Arm Contrast on Distraction in Human-Robot Interaction. In D. Harris (Ed.), Engineering Psychology and Cognitive Ergonomics. 12th International Conference, EPCE 2015, Held as Part of HCI International 2015, Los Angeles, CA, USA, August 2-7, 2015, Proceedings (Vol. 9174, pp. 188–199). Springer International Publishing.

Stecher, M., Baseler, E., Draxler, L., Fricke, L., Michel, B., Zimmermann, A., & Bengler, K. (2015). Tracking Down the Intuitiveness of Gesture Interaction in the Truck Domain. In T. Ahram, W. Karwowski, & D. Schmorow (Eds.), Proceedings of the 6th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics 2015 and the Affiliated Conferences (AHFE). AHFE (Vol. 3, pp. 3176–3183). Elsevier.

Ulherr, A., Hasselmann, K., Kuhn, K., & Bengler, K. (2015). The Effect of Secondary Tasks on Perceived Seating Discomfort. In G. Lindgaard & D. Moore (Eds.), Proceedings of the 19th Triennial Congress of the International Ergonomics Association (IEA) 2015.

Walter, N., Altmüller, T., & Bengler, K. (2015). Concept of a Reference Architecture for an Extendable In-vehicle Adaptive Recommendation Service. In Proceedings of the 7th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications (AutomotiveUI 2015) (pp. 88–93). New York, USA: ACM Digital Library.

Walter, N., Kaplan, B., Altmüller, T., & Bengler, K. (2015). Erhöhung der Transparenz eines adaptiven Empfehlungsdiensts. In A. Weisbecker, M. Burmester, & A. Schmidt (Eds.), Mensch und Computer 2015 - Workshopband (pp. 475–482). Oldenbourg Wissenschaftsverlag.

Walter, N., Kaplan, B., Wettemann, C., Altmüller, T., & Bengler, K. (2015). What Are the Expectations of Users of an Adaptive Recommendation Service Which Aims to Reduce Driver Distraction? In M. Aaron (Ed.), Proceedings of the 4th International Conference, DUXU 2015, Held as Part of HCI International 2015. Design, User Experience, and Usability: Interactive Experience Design (Vol. 9188, pp. 517–528). Springer International Publishing.

Zaindl, A., Zimmermann, A., Dörner, K., & Kohrs, C. (2015). Camera-Monitor-System as Mirror Replacement in Commercial Vehicles. ATZ-Automobiltechnische Zeitschrift, Volume 117(5), 28–33. doi:10.1007/s35148-015-0035-4

Zimmermann, M., Fahrmeier, L., & Bengler, K. J. (2015). A Roland for an Oliver? Subjective perception of co-operation during conditionally automated driving. In Proceedings of the 2015 International Conference on Collaboration Technologies and Systems (CTS). The 16th Annual Meeting (pp. 57–63). IEEE XPLOR Digital Library.

## 2016

Bubb, H., Popova-Dlugosch, S., & Breuninger, J. (2016). Ergonomische Produktgestaltung. In U. Lindemann (Ed.), Handbuch Produktentwicklung (pp. 837–866). München: Carl Hanser-Verlag.

Feldhütter, A., Gold, C., Schneider, S., & Bengler, K. (2016). How Duration of Automated Driving Influences Take-Over Performance and Gaze Behavior. In Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V. (GfA) (Ed.), Arbeit in komplexen Systemen. Digital, vernetzt, human?, Dortmund GfA Press.

Gold, C., Körber, M., Lechner, D., & Bengler, K. (2016). Taking Over Control from Highly Automated Vehicles in Complex Traffic Situations: The Role of Traffic Density. Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society doi: 10.1177/0018720816634226, Vo. 58(4), 642–652.

Kassirra, R., & Rausch, H. (2016). Analyzing Motivation-Enhancing Features in Work Orders. A Methodical Procedure for Analyzing Motivation-Enhancing Features in Written Work Orders. In B. Deml, P. Stock, R. Bruder, & C. M. Schlick (Eds.), Advances in ergonomic design of systems, products and processes. Proceedings of the Annual Meeting of GfA 2015. Heidelberg: Springer Vieweg.

Knott, V., Demmelmaier, S., & Bengler, K. (2016). Display Concepts for the Vehicle: The Comparison of an “Emissive Projection Display” and a Conventional Head-Up Display. In B. Deml, P. Stock, R. Bruder, & C. M. Schlick (Eds.), Advances in ergonomic design of systems, products and processes. Proceedings of the Annual Meeting of GfA 2015 (pp. 249–267). Heidelberg: Springer Vieweg.

Knott, V., & Bengler, K. (2016). Konzept zur ergonomischen Bedienung eines Exoskeletts für die manuelle Lastenhandhabung. In Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V. (GfA) (Ed.), Arbeit in komplexen Systemen. Digital, vernetzt, human?!, Dortmund: GfA Press.

Körber, M., Gold, C., Lechner, D., & Bengler, K. (2016). The Influence of Age on the Take-Over of Vehicle Control in Highly Automated Driving. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, Vol.39, 19–32. doi:10.1016/j.trf.2016.03.002.

Krause, M., Henel, J., & Bengler, K. (2016). Performance and Behavior of a Codriver When Using a Mobile Device. In Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V. (GfA) (Ed.), Arbeit in komplexen Systemen. Digital, vernetzt, human?!, Dortmund: GfA Press.

Rücker, L., Brombach, J., & Bengler, K. (2016). Sitzen, Stehen, Gehen - Körperstellungswechsel auf dem Prüfstand. In Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V. (GfA) (Ed.), Arbeit in komplexen Systemen. Digital, vernetzt, human?!, Dortmund: GfA Press.

Stecher, M., Kremser, F., Michel, B., & Zimmermann, A. (2016). Gesture Control for Commercial Vehicles - Methods for Identifying Useful Use Cases. In W. Hirschberg & P. Fischer (Eds.), *Proceedings of the 7th Grazer Nutzfahrzeug-Workshop*.

Winkle, T. (2016). Development and Approval of Automated Vehicles: Considerations of Technical, Legal and Economic Risks. In M. Maurer, J. C. Gerdes, B. Lenz, & H. Winner (Eds.), *Autonomous Driving. Technical, Legal and Social Aspects* (pp. 589–618). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Winkle, T. (2016). Safety Benefits of Automated Vehicles: Extended Findings from Accident Research for Development, Validation and Testing. In M. Maurer, J. C. Gerdes, B. Lenz, & H. Winner (Eds.), *Autonomous Driving. Technical, Legal and Social Aspects* (pp. 335–364). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

## Professur für Sportgeräte und -materialien

Keshvari, B., & Senner, V. (2015). Comparison of Shoe-surface Tractions on Various Playing Surfaces in Futsal. *Procedia Engineering*, (Vol. 112), 267–272.

Lehner, S., Huber, N., Baumeister, D., & Michel, F. (2015). Effektivität unterschiedlicher Stabilisierungssysteme des distalen Unterarms in Dorsalextension: Eine Untersuchung unter Verwendung von Computermodellen. *Orthopädie Technik. Rehabilitation. Medizinprodukte*, 66. Jahrgang(08), 18–23.

Meyer, D., Dungs, C., & Senner, V. (2015). Estimating the Relationship between Heart Rate and Power Output for Short Term Cycling Exercises: The Impact of Technology on Sport VI; 7th Asia-Pacific Congress on Sports Technology, APCST 2015. *Procedia Engineering* (7th Asia-Pacific Congress on Sports Technology (APCST) 2015), (Vol. 112), 237–243.

Meyer, D., Zhang, W., & Tomizuka, M. (2015). Sliding Mode Control for Heart Rate Regulation of Electric Bicycle Riders. In *Proceedings of the ASME 2015 Dynamic Systems and Control Conference* (Vol. 2, pp. V002T27A003). ASME Digital Collection.

Meyer, D., Zhang, W., Tomizuka, M., & Senner, V. (2015). Heart Rate Regulation with Different Heart rate Reference Profiles for Electric Bicycle Riders. In T. Ahram, W. Karwowski, & D. Schmorow (Eds.), *Proceedings of the 6th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE) 2015 and the Affiliated Conferences* (Vol. 3, pp. 4213–4220). Elsevier.

Senner, V., Lehner, S., Mitternacht, J., & Nusser, M. (2015). Methodologische Probleme bei biomechanischen Untersuchungen im Schneesport. In *Schriftenreihe der ASH* (Ed.), *Skilauf und Snowboard in Lehre und Forschung. 40 Jahre ASH* (pp. 172–184). Hamburg: Feldhaus Verlag GmbH &Co. KG.

# Dissertationen

## Akzeptanzkriterien und Nutzungsbarrieren älterer Autofahrer im Umgang mit Fahrerassistenzsystemen

Fahrerassistenzsysteme (FAS) haben das Potential, Sicherheit und Komfort von Autofahrern zu erhöhen. Ältere Autofahrer könnten aufgrund altersbedingter Leistungsveränderungen besonders von der Nutzung solcher Technologien profitieren. Aktuellen Marktforschungsstudien zufolge äußern viele Senioren den Wunsch nach Unterstützung beim Autofahren, aber nur wenige besitzen FAS. In der Dissertation wird anhand von drei experimentellen

Studien untersucht, wie ältere Autofahrer die am Markt angebotenen FAS wahrnehmen, welche Schwierigkeiten sie bei der Erstnutzung der FAS erleben, welche Faktoren sie vom Kauf und von der Nutzung abhalten und inwiefern ein Training die Akzeptanz gegenüber FAS steigern kann.

Nicole Trübwetter 10.12.2015

## Ermittlung vestibulärer Wahrnehmungsschwellen zur zielgerichteten Gestaltung der Fahrzeug-Längsdynamik

In der Vergangenheit, heute und in der Zukunft entscheidet in letzter Konsequenz stets das subjektive Empfinden des Fahrers über die Qualität der Fahreigenschaften eines Fahrzeugs. Das längsdynamische Verhalten eines Fahrzeugs bestimmt dabei maßgeblich sowohl den Fahrspaß bei manueller Fahrt, als auch das Komfort- und Sicherheitsempfinden bei teil- und hochautomatisierter Fahrzeugführung. Diese Arbeit quantifiziert unter Verwendung von Methoden aus dem Forschungsgebiet der Psychophysik die menschliche Wahrnehmungsleistung bezüg-

lich Beschleunigungsänderungen im Fahrzeug. Ausgehend von einer übergreifenden Betrachtung mit stark überschwelligen Veränderungen des Beschleunigungsverhaltens, wird im weiteren Verlauf der Arbeit diejenige Beschleunigungsveränderung quantifiziert, die seitens des Fahrers gerade noch wahrnehmbar ist.

Thomas Müller 17.12.2015

## Gestaltung eines ergonomischen Interaktionskonzeptes für flexibel einsetzbare und transportable Roboterzellen

Für kleine und mittlere Unternehmen existiert ein wesentlicher Bedarf nach flexibel einsetzbaren und leicht programmierbaren Robotern. Dieser Bedarf wird durch aktuelle Konzepte noch nicht ausreichend bedient. Ein Grund dafür ist die aktuell geringe Bedeutung der Ergonomie im Gestaltungsprozess der Interaktionskonzepte. Dementsprechend setzt sich diese Arbeit das Ziel, ein nutzerzen-

triertes Bedienkonzept zu schaffen, das die Analyse des mentalen Modells der Nutzerklientel und die Einbeziehung von Heuristiken der Nutzer im Sinn der Ergonomie in den Fokus stellt.

Uwe Herbst 22.12.2015

## Validierung der Fahrsimulation für das Erleben und Beurteilen fahrdynamischer Eigenschaften

Die zunehmende Zeit- und Kostenproblematik in der Automobilindustrie erfordert die Reduktion der Anzahl realer Versuchsfahrzeuge. Fahrsimulatoren bieten als virtuelles Pendant die Möglichkeit eines subjektiv geprägten Erlebens und Beurteilens von Fahrzeugeigenschaften. Die Arbeit prüft das Potential der Fahrsimulation für die Untersuchung grundlegender fahrdynamischer Fragestellungen. Probandenstudien im Realfahrzeug und in verschie-

denen Varianten eines Fahrsimulators analysieren dazu die Bedeutung menschlicher Wahrnehmung bei Fahr- und Beurteilungsaufgaben.

Matthias Wiedemann 15.04.2016

# Abgeschlossene Diplom- und Masterarbeiten

## Diplomarbeiten

Planung und Durchführung einer Probandenstudie zum kontaktanalogen Head-Up-Display (kHUD) 16.04.2015

Implementierung und Usability-Untersuchung eines MMI Konzepts mit Fahrerassistenzsystemen von Probandenversuche im Fahrsimulator 10.07.2015

## Masterarbeiten

Evaluierung von Sensoren zur Intentionserkennung in Exoskeletten 06.04.2015

Entwicklung und Konstruktion der Rumpfstruktur einer Körpergetragenen Hebehilfe unter Verwendung energieerhaltender Kinematik, sowie die konstruktive Entwicklung der dazugehörigen Aufbewahrungs- und Ladestation 30.04.2015

MSE - Einfluss der Präzision einer ACC-Anzeige im kontaktanalogen Head-up Display auf das Fahrverhalten, den Workload und die Usability 08.05.2015

MSE- Mayday-Entscheidungsverhalten von Piloten in kritischen Situationen 28.05.2015

Einfluss und Potential eines haptischen Schaltpunkthinweises im Automobil 29.05.2015

Experimentelle Untersuchung einer Navigations-App mit Augmented Reality im Vergleich zur konventionellen Kartenansicht 29.05.2015

MSE-Gestaltung und Evaluation einer neuartigen Lichtfunktion zur Fahrstreifenwechselunterstützung im Kraftfahrzeug 01.06.2015

Implementierung von Echzeit-Eyetracking-Metriken in der Fahrsimulation 06.07.2015

Psychophysikalische Untersuchungen des Menschlichen Verhaltens bei Zug- und Schubbewegungen im Fokus der ergonomischen Interfacegestaltung 07.07.2015

MSE-Vergleich der Gebrauchstauglichkeit zweier Aktivitätstracker für Personen über 60 Jahren 24.07.2015

Validierung eines Regressionsmodells zur Schätzung der Parameter einer Übernahmesituation beim hochautomatisierten Fahren 28.07.2015

MSE-Die Kombination von statischen und kontaktanalogen Navigationsanzeigen im Head-Up Display (HUD) zur Optimierung von Navigationsfehlern, Ablenkung und Vertrauen 05.08.2015

Korrelative Betrachtungen urbanen Verkehrsverhaltens im Fahrsimulator - Quantifizierung sozialer Interaktion 14.08.2015

Evaluation of Acceleration Sensation induced by Proprioception on a Motorcycle Simulator	16.08.2015
MSE - Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Instrumentenscan und manueller fliegerischer Leistung	16.08.2015
MSE - Human Dyads als Grundlage für die Gestaltung physischer Mensch-Roboter-Kollaboration	24.08.2015
MSE - Psychophysikalische Betrachtung von Schiebevorgängen im Produktionsumfeld	24.08.2015
Entwicklung eines Anzugs mit aktiven LED-Markern für optische Motion-Capturing-Systeme mit Infrarot-Kameratechnik	30.08.2015
MSE- Prototyp eines kooperativen Fahrstreifenwechsel- Assistenten im Realfahrzeug	31.08.2015
MSE - Fahrkompetenz im Wandel. Fahrkompetenzerwerb bei zunehmender Fahrzeugautomatisierung	07.09.2015
MSE - Evaluation of Haptic Human-Machine Interfaces for Virtual Reality Applications	25.09.2015
Ausarbeitung, Umsetzung und Evaluation von MMI-Konzepten für Fahrerassistenzsysteme im urbanen Verkehr	26.09.2015
Energiesparpotential bei Verwendung des Eco-Mode von Elektrofahrzeugen	29.09.2015
Folgeszenario der Mensch-Roboter-Interaktion in der mobilen Service Robotik	30.09.2015
Entwicklung einer anthropometrisch und linguistisch optimierten Daumentastatur für Tablets	15.10.2015
Entwicklung eines Schutzmaßnahmenkonzepts für krebserzeugende Gefahrstoffe beim thermischen Spritzen	26.10.2015
MSE - Untersuchung und Analyse der Lenkkräfte beim LKW-Fahren mittels eines muskuloskelettalen Modells	29.10.2015
MSE - Sichtanalyse im PKW. Adaption realer Bewertungsmethoden an virtuelle Erprobungsfahrten unter Berücksichtigung von 3D-Effekten	02.11.2015
Entwicklung eines Bedienkonzepts zur lenkradnahen Gesteninteraktion im Nutzfahrzeug	04.11.2015
MSE - Weiterentwicklung eines Bedienkonzepts sowie zugehöriges GUI Design für einen Universalfußschalter im integrierten neurochirurgischen Operationssaal	18.11.2015
Entwicklung eines Anzeigekonzepts zur lenkradnahen Gesteninteraktion im Nutzfahrzeug	30.11.2015
Entwicklung und Evaluation von ergonomischen Schalterelementen für Touchscreens	01.12.2015

MSE - Drei User-Interface-Designstile im Vergleich bezüglich ihres Aufforderungscharakters	07.12.2015
MSE - Gestengesteuerte Infotainmentsysteme: Entwicklung von Bedienkonzepten und Ableitung erster Gestaltungsempfehlungen	15.12.2015
MSE - Optimierung und Evaluierung des Darstellungskonzeptes von Navigationsanzeigen im kontaktanalogen Head-up Display	11.01.2016
MSE - Vertrauen in Automation: Welchen Einfluss zeigt das Vertrauen auf die Interaktion zwischen Fahrer und System?	15.01.2016
Informatik - Development and Evaluation of a Method for an Intuitive Driver's Workplace Adjustment in a Motor Vehicle	15.01.2016
MSE- Prototypische Entwicklung und Bewertung von Kühlkonzepten für Fahrradhelme	28.01.2016
Konstruktionsoptimierung der Rumpfstruktur eines Körpergetragenen Hebehilfe und Sicherung gegen Bauteilversagen mittels FEM unter Berücksichtigung von Leichtbauprinzipien und ergonomischen Gesichtspunkten	01.02.2016
MSE - Konzeptionierung eines Frontpack-Tragesystems mit optimaler Lastenverteilung	01.02.2016
MSE - Einflussfaktoren auf die Fahrerleistung bei einscherendem Fremdfahrzeug	23.02.2016
MSE - Entwicklung und Evaluation von Bedienkonzepten zur lenkradnahen Gesteninteraktion in Nutzfahrzeugen	16.03.2016
Automatisierung eines biomechanischen Knie-Surrogats: Realisierung der externen Lastaufbringung	30.04.2016
MSE - Fußsohlendruck und Schlagqualität im Golfsport	15.05.2016
MSE - Orientierung im Fahrzeugkontext ohne eine aktive Routenführung	31.05.2016

# Auszeichnungen und Ehrungen

## **2015 DSCC Finalist Best Student Paper Award**

Daniel Meyer, Wenlong Zhang, Masayoshi Tomizuka

Meyer D, Zhang W and Tomizuka M. Sliding mode control for heart rate regulation of electric bicycle riders. ASME 2015 Dynamic Systems and Control Conference 2015; 2. Finalist Best Student Paper Award

Verfügbar unter: <http://proceedings.asmedigitalcollection.asme.org/proceeding.aspx?articleID=2481954>

## **Best Paper Award**

Martin Götze, Franz Ruff, Klaus Bengler

Der AHFE 2015 Student Best Paper Award der 6th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics und den mehr als 20 angeschlossenen Konferenzen u.a. aus den Bereichen Ingenieurwesen, Informatik und Gesundheitswissenschaften wurde an Herrn Dipl.-Ing. Martin Götze verliehen. Der Preis wird von der wissenschaftlichen Konferenzleitung an Doktoranden aus über 1.000 eingereichten Beiträgen vergeben.

Der Lehrstuhl für Ergonomie gratuliert Herrn Götze zur wissenschaftlichen Auszeichnung.

Götze, M., Ruff, F., & Bengler, K. (2015). *Optimal Information Output in Urban Traffic Scenarios: An Evaluation of Different HMI Concepts*. Procedia Manufacturing, 3, 739–746.

Verfügbar unter: doi:10.1016/j.promfg.2015.07.317

## **Willy Messerschmitt-Studienpreis**

Patrick Gontar

### **“Excuse me? The relation between communicational behavior and pilots’ performance”**

Patrick Gontar erhielt 2015 den “Willy Messerschmitt-Studienpreis“ für seine Diplomarbeit „Excuse me? The relation between communicational behavior and pilots’ performance“, welche er am Lehrstuhl für Ergonomie unter der Betreuung von Prof. Eichinger und Prof. Bengler durchführte. Der Studienpreis wird jedes Jahr von der Deutschen Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt zur Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchs im Rahmen des Deutschen Luft- und Raumfahrtkongresses verliehen.

## **Joseph-Ströbl-Förderpreis 2015**

Stephanie Cramer

### **„Entwicklung eines Konzepts zur kooperativen automatischen Fahrzeugführung“**

Stephanie Cramer erhielt den „Joseph-Ströbl-Förderpreis 2015“ für ihre Masterarbeit „Entwicklung eines Konzepts zur kooperativen automatischen Fahrzeugführung“, welche sie am Lehrstuhl für Ergonomie der TU München in Kooperation mit der Vorentwicklung für automatisierte Fahrfunktionen der AUDI AG absolvierte. Die „Joseph und Sonja Ströbl-Stiftung“ setzt sich für eine Verbesserung der Verkehrssicherheit ein und zeichnet Personen aus, die sich für Sicherheit im Straßenverkehr auf journalistischer und wissenschaftlicher Ebene besonders verdient gemacht haben.

## **Silberne TUM-Ehrennadel für Martin Götze**

Martin Götze

Herrn Dipl.-Ing. Martin Götze wurde am 17. Juni 2016 für sein Engagement bei der Betreuung eines TUMKollegiaten die silberne TUM-Ehrennadel verliehen. Im Rahmen der Absolventenfeier des TUMKolleg zeichneten Prof. Dr. Manfred Prenzel von der TUM School of Education und die Oberstudiendirektorin und Schulleitering des Otto-von-Taube-Gymnasiums Frau Sylke Wischnevsky die Betreuer des TUMKolleg für Ihre Verdienste aus.

Das TUMKolleg ist ein bundesweit einmaliges Kooperationsprojekt zwischen der Technischen Universität München und dem Otto-von-Taube-Gymnasium Gauting (OvTG). Mathematisch-naturwissenschaftlich begabte und leistungsfähige Schülerinnen und Schüler erhalten in einem eigenständigen Oberstufenzug eine intensive und individuelle Förderung im Bereich der MINT-Fächer und Englisch. An der TUM haben die TUMKollegiatinnen und TUMKollegiaten die Möglichkeit, über den Zeitraum von ca. einem Jahr ein individuelles kleineres Forschungsprojekt an einem Lehrstuhl der TUM durchzuführen.

# Neue Projekte:

## DAAD fördert Kooperation mit dem Beijing Institute of Technology

Christian Lehsing

Der wissenschaftliche Austausch zwischen dem Lehrstuhl für Ergonomie und dem Beijing Institut of Technology (BIT) besteht schon seit geraumer Zeit. Seit 2011 besuchen Professor Heiner Bubb und Professor Klaus Bengler den Kollegen Wang Wuhong an seinem Lehrstuhl in der asiatischen Hauptstadt. Mit einer Verbundpromotion in der Frau Xiaobei Jiang 2012 erfolgreich zum Dr. - Ing. promoviert wurde, verfestigten sich die Beziehungen auf akademischer Ebene weiter.

2015 wurde dann in Zusammenarbeit mit Dr. Jiang das DAAD-Programm „Projektbezogener Personenaustausch China“ erfolgreich adressiert. Zentraler Bestandteil dieses Programmes ist ein bilaterales Forschungsprojekt zwischen den beteiligten Institutionen. Innerhalb dieses wird neben inhaltlichen Fragestellungen zu kognitiven Fahrerassistenzsystemen, Fahrermodellierung oder interkulturellen Unterschieden im Verkehrsverhalten zwischen Fußgänger und Fahrzeug auch der Wissenschaftsaustausch im Vordergrund stehen. Das auf zwei Jahre ausgelegte Programm ermöglicht es den beiden Delegationen jeweils einmal pro Jahr den Projektpartner zu besuchen. Die erste Dienstreise in die Millionenstadt, die 2017 aufgrund ihrer Einwohnerzahlen den Status einer Megalopolis (namens Jing-Jin-Ji) erhalten soll, führt die Mitarbeiter André Dietrich, Ilya Feldstein und Christian Lehsing im Juni und Juli diesen Jahres nach China. Professor Bengler trifft im Rahmen des Projektes zum wiederholten Male auf seinen Amtskollegen Professor Wang Wuhong und begleitet die Doktoranden nach Peking. Verbunden wird diese Reise mit der Teilnahme an der „International Conference on Green Intelligent Transportation System and Safety (GITSS)“ in Nanjing, wo die Münchner Forscher auch Vorträge zum Thema Verkehrssicherheit, Verkehrsorschung und Mobilität halten werden.

Der Gegenbesuch der chinesischen Delegation ist dann für September 2016 geplant. Hier sollen Workshops, Experimente und Feldbeobachtungen die Aktivitäten aus Beijing aufgreifen und fortführen.



Abbildung 1: Besuch am BIT im Jahr 2013.

# SAFARI - Smartphonebasierte Schaltzeitprognose und Fahrerassistenz

Michael Krause



Bayerische  
Forschungsstiftung

Das Projekt SAFARI ist ein von der Bayerischen Forschungsstiftung (BFS) gefördertes Zwei-Jahres-Projekt. Ziel ist eine Ampelschaltzeitprognose, Übertragung dieser Information und Anzeige auf einem Smartphone für den Fahrer.

Projektpartner sind die TRANSVER GmbH, die Bayerische Medien Technik GmbH (bmt) und der Lehrstuhl für Ergonomie.

Die Verkehrstechnik-Ingenieure von TRANSVER erarbeiten im Projekt Verfahren um aus Floating-Car-Daten die Programmabläufe von Lichtzeichenanlagen (Ampeln) abzuleiten. Die so gewonnenen Informationen werden von Nachrichtentechnik-Experten der bmt in ein zu erarbeitendes Format überführt und über den Standard TPEG hybrid via Mobilfunk und Digital Audio Broadcasting (DAB) übertragen. Im Fahrzeug angekommen, ist der Lehrstuhl für Ergonomie verantwortlich dem Fahrer die Informationen in geeigneter Weise anzuzeigen, um die Zufahrt auf die nächste Ampel angenehmer zu gestalten.

Ein Hindernis bei der Einführung von Ampelassistenten ist eine Datenbasis von Schaltzeiten zu erhalten. In Städten liegt diese beispielsweise in Verkehrszentralen vor und wird in diversen Industrie- und Forschungsprojekten genutzt. Die Stadt eignet sich aber nur begrenzt für die Ampelassistentenz: Die Abstände zwischen den Ampeln betragen wenige 100 Meter, der Geschwindigkeitsbereich um auf Ampelinformationen zu reagieren ist stark begrenzt, der dichte Verkehr schränkt weiter ein, da eine Vielzahl schwächerer Verkehrsteilnehmer (Fußgänger, Fahrradfahrer) wahrscheinlich mehr Aufmerksamkeit als ein informierender Ampelassistent verdienen.

Im Vorgängerprojekt KOLIBRI (Kooperative Lichtsignaloptimierung – Bayerisches Pilotprojekt) wurden gute Erfahrungen in der ländlichen Umgebung auf einer Bundesstraße in München und einer Staatsstraße in Regensburg gesammelt; mit typischen Ampelabständen von 1km.

Die informationstechnisch unterstützte, 6km lange Anfahrt (Fahrenzhausen-Unterschleißheim) zum eigentlichen Testgebiet ermöglichte ein besonderes Erlebnis: Grüngarantie.

Diese ländlichen Schaltanlagen sind meist nicht an einen Verkehrsrechner gekoppelt; um Daten zu erhalten sind sie kostenintensiv aufzurüsten. Das Umröhstindernis möchte das SAFARI-Projekt in geeigneter Umgebung im Münchener Norden umgehen. Wesentliche Unterschiede zu KOLIBRI sind damit der Verzicht der Aufrüstung, ein größeres Testgebiet und keine überplante Koordinierung der Signalanlagen.

Eine Besonderheit ist die Übertragung von Ampelinformationen mit dem praxisbewährten DAB. Der hybride Ansatz (Mobilfunk/DAB) könnte die Datenverfügbarkeit im ländlichen Raum erhöhen. Das Rundfunksignal kann fortlaufend Informationen übermitteln, die ohnehin von allen Teilnehmern benötigt werden; bzw. teilnehmerseitig gefiltert werden. Das Projekt nutzt damit explizit keinen dedizierten Kurzreichweitenfunk (VANet u.ä.).

Der Lehrstuhl greift für die Visualisierung im Fahrzeug auf Vorarbeiten aus dem Projekt KOLIBRI zurück. Während die umgerüstete KOLIBRI-Strecke im Rahmen des laufenden EU-Projektes Local4Global noch für einen begrenzten Feldtest genutzt werden soll; werden in SAFARI die öffentlichen Feldtests zeitlich und räumlich ausgedehnt. Von Interesse sind die Nutzermeinung und das Verhalten (GPS-Tracks).

# Isarsitze – ein neues Startup am Lehrstuhl

Alexander Riess, Andreas Hippe, Dominik Ganswohl

Das vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie geförderte Jungunternehmen kooperiert mit dem Lehrstuhl für Ergonomie der Technischen Universität München. „Unsere Mission ist es, die zentral organisierte Mobilität von morgen mit innovativen Sitzsystemen effizient, nachhaltig und attraktiv mitzustalten.“

## Urbanisierung bestimmt die Mobilität von Morgen

Wir befinden uns im Jahrhundert der Städte. Im Jahr 2016 ist die Zahl der Megacities weltweit erstmals auf über 30 gestiegen und es leben mehr Menschen in Städten als jemals zuvor. Bereits heute stößt die

städtische Infrastruktur zu Hauptverkehrszeiten an ihre Grenzen. Um der drastisch zunehmenden Nachfrage nach Mobilität gerecht zu werden, suchen Städte händeringend nach smarten Lösungen, die die Effizienz der bestehenden Verkehrsinfrastruktur kostengünstig und nachhaltig steigern.

## Vision einer funktionierenden und attraktiven Mobilität, die alle bewegt

Die erste Produktgeneration vereint Platzeffizienz eines Stehplatzes mit dem Komfort eines Sitzplatzes und legt den Fokus auf das wichtigste Gut des Menschen: seine Gesundheit.

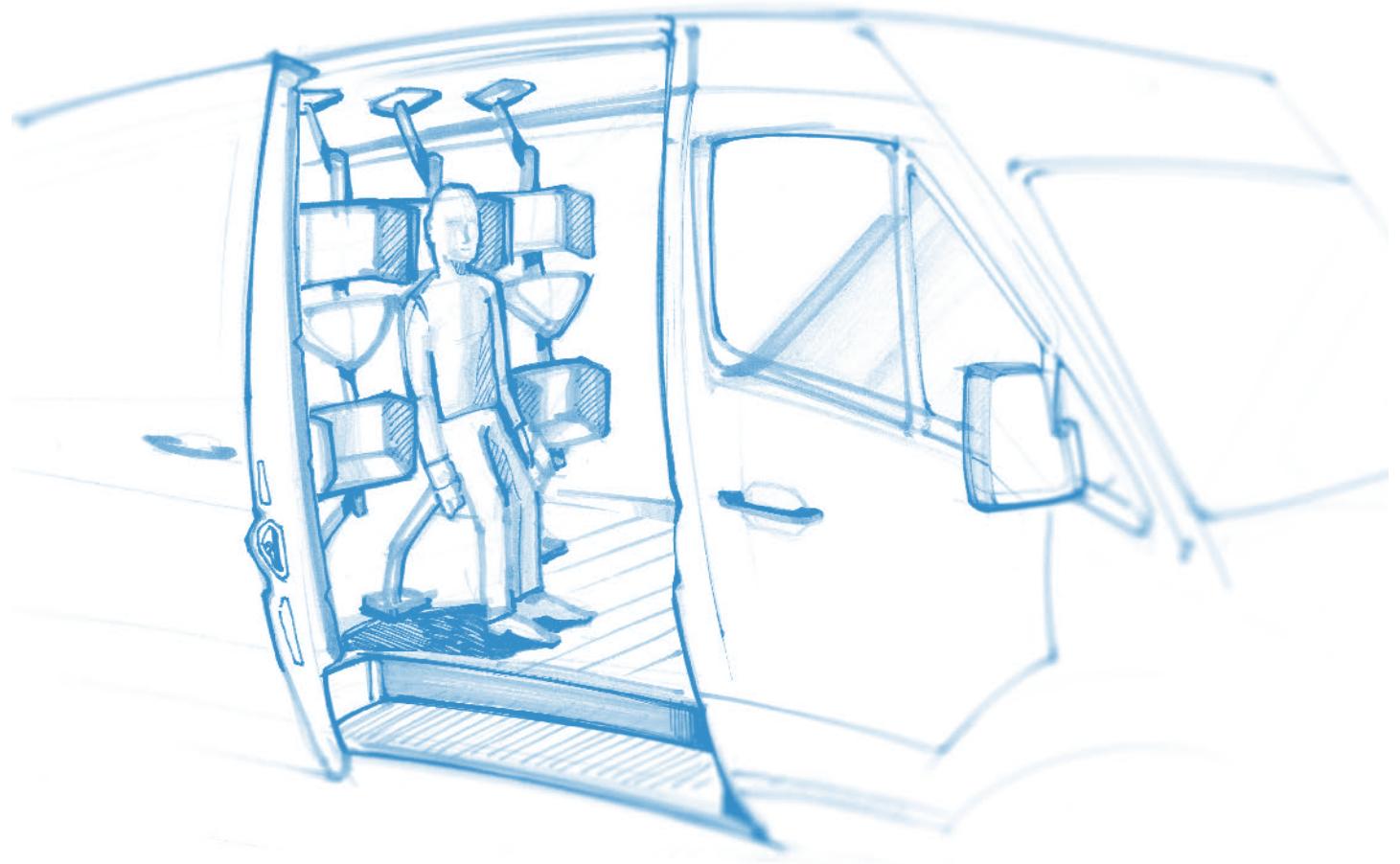


Abbildung 1: Erste Skizze des Sitzes aus 2015.

Am Lehrstuhl für Ergonomie soll dafür eine neue, aufrechte Sitzposition entwickelt und hinsichtlich Wirbelsäulenbelastung, Diskomfort und Alltagstauglichkeit untersucht werden. Neben Fahrgastbefragungen in deutschen Nahverkehrsnetzen und der Zusammenarbeit mit Interessensverbänden sowie Industrievertretern soll der Entwicklungsprozess des neuen Sitzsystems durch zwei wissenschaftliche Studien unterstützt werden.

Durch den nutzerzentrierten Produktentwicklungsansatz und durch die vorhandene Erfahrung und Expertise des Lehrstuhls soll eine deutlich effizientere Innenraumgestaltung der Fahrzeuge ermöglicht werden, ohne dass dabei die Ergonomie und die Fahrgastzufriedenheit auf der Strecke bleibt. Somit können Verkehrsgesellschaften kurzfristig und kostengünstig auf die rasant wachsende Mobilitätsnachfrage reagieren und weitaus mehr Passagiere auch zu Hauptverkehrszeiten von einem Sitzplatz profitieren.

## Isarsitze wächst

Gefördert wird das einjährige Projektvorhaben im Rahmen des EXIST Gründerstipendiums durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. Die durch den Europäischen Sozialfonds kofinanzierte Förderung unterstützt Studierende, Absolventinnen und Absolventen sowie Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen bei der Weiterentwicklung von Produktideen mit signifikanten Alleinstellungsmerkmalen und guten wirtschaftlichen Erfolgsaussichten.

Darüber hinaus unterstützen die UnternehmerTUM GmbH der Technischen Universität München und die BayStartUP GmbH das Team mit gründungserfahrenen Mentoren und dem unternehmerischen Netzwerk.

## Anfang 2017 auf Straße und Schiene

Das Projektvorhaben schaffte es beim Bayerischen Businessplan Wettbewerb 2016 - München unter die 20 Finalisten. Das Team überzeugte ein Gremium aus 18 Unternehmern und Investoren und landete unter insgesamt 137 Bewerbern in der Spitzengruppe. Erste Industrieunternehmen haben bereits ihr Interesse bekundet und ab 2017 wird die erste Produktgeneration den Fahrgästen im Rahmen einer Pilotphase im Realbetrieb zur Verfügung stehen.

## Neugierig?

Isarsitze sucht fortlaufend nach Mitstreitern, Unterstützern, Probanden und freut sich über Meinungen und offene Gespräche mit Interessierten. Per Mail an [info@isarsitze.de](mailto:info@isarsitze.de) oder im Internet unter [www.isarsitze.de](http://www.isarsitze.de).



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Zusammen. Zukunft. Gestalten.

# Herzlich Willkommen

## Unsere neuen Mitarbeiter am Lehrstuhl und der Professur



Frau Stephanie Cramer, M.Sc. ist seit Juli 2015 Doktorandin in der Vorentwicklung für automatisierte Fahrfunktionen der AUDI AG in Kooperation mit dem Lehrstuhl für Ergonomie der Technischen Universität München. Sie studierte den Bachelor- und Masterstudiengang Maschinenwesen mit den Schwerpunkten Fahrzeug- und Regelungstechnik an der TU München.

In ihrer Masterarbeit entwickelte sie ein Bahnplanungs- und Regelungskonzept zur kooperativen automatischen Fahrzeugführung nach dem H-Mode Prinzip. Frau Cramer befasst sich in ihrer Doktorarbeit weiterhin mit der automatisierten Fahrzeugführung und dabei insbesondere mit der Gestaltung des Fahrzeughaltens, um einerseits ein intuitives Fahrverhalten zu generieren und andererseits dem Fahrer Rückmeldung zum aktuellen Fahrzustand durch gezielte Beeinflussung der Fahrzeuggbewegung zu geben.

wird die Untersuchung fahrerspezifischer Aspekte bei der hochautomatisierten Fahrzeugführung sein.



Frau Tanja Fuest ist seit März 2016 als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Ergonomie tätig. Im Rahmen ihrer Forschung wird sie sich mit Kooperation und Automation beschäftigen. Sie hat Psychologie im Bachelor an der Alpen-Adria-Universität und im Master an der TU Braunschweig studiert. Neben dem Studium absolvierte Frau Fuest ein Praktikum bei der Adam Opel AG und arbeitete als Werkstudentin für die Konzernforschung der Volkswagen AG. Dort schrieb sie auch ihre Masterarbeit zu dem Thema „Kognitiven Übernahmefähigkeit nach der Übernahmeaufforderung aus der hochautomatisierten Fahrt“.



Frau Anna Feldhütter, M.Sc. ist seit September 2015 als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Ergonomie tätig. Sie studierte den Bachelor- und Masterstudiengang Maschinenwesen an der Technischen Universität München mit den Schwer-

punkten Ingenieurwissenschaftliche Grundlagen und Systematische Produktentwicklung. Im Rahmen einer Semesterarbeit am Lehrstuhl für Ergonomie untersuchte Frau Feldhütter die Auswirkungen der Zielposition (z.B. einer Nebenaufgabe) im Fahrzeug auf Zielgenauigkeit, Handbewegungszeiten und Fahrperformance. Im Rahmen ihrer Masterarbeit am Lehrstuhl für Ergonomie validierte Frau Feldhütter ein Regressionsmodell, welches zur Schätzung der Übernahmeszeit und -qualität in einer Übernahmesituation vom hochautomatisierten Fahren zum manuellen Fahren dient. Schwerpunkt ihrer Forschung am Lehrstuhl



Jennifer Hebe, M.Sc. ist seit Februar 2016 als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Ergonomie tätig. Im Bachelorstudium studierte sie Maschinenbau mit der Vertiefung Antrieb und Fahrwerk an der Dualen Hochschule (DHBW) in Stuttgart. Anschließend absolvierte sie ein Traineeprgramm bei der MAN Truck & Bus AG in München. Hierbei durchlief sie 1 Jahr lang verschiedene Abteilungen bevor am Lehrstuhl für Ergonomie, der Masterstudiengang Human Factors Engineering folgte. In ihrer Masterarbeit bei der MAN Truck & Bus AG untersuchte sie die Lenkkräfte beim LKW fahren mit Hilfe eines musculoskelettalen Menschmodells. Aus dieser Arbeit entstand eine MAN.TUM Kooperation zwischen der MAN Truck & Bus AG und dem Lehrstuhl für Ergonomie, im Rahmen derer Frau Hebe, unter Berücksichtigung von Muskelermüdung, einen Fahrerarbeitsplatz entwickeln wird.



Herr Benjamin Heckler ist seit Mai 2016 als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Ergonomie tätig. Er studierte von 2010 bis 2016 Sportwissenschaften an der Deutschen Sporthochschule Köln und verfasste seine Masterarbeit zum Thema „Funktionsales Situationsmanagement im Kontext des automatisierten Fahrens“ in Zusammenarbeit mit dem Institut für Kraftfahrzeuge (ika) der RWTH-Aachen.

Im Rahmen eines Praktikums und einer anschließenden Werkstudententätigkeit in der Forschung & Entwicklungsabteilung der Johnson Controls Inc. entwickelte sich sein Interesse für den Automobilsektor. In Kooperation mit der AUDI AG (INI.TUM) befasst er sich am Lehrstuhl mit der Identifikation körperbezogener (physischer) Einflussgrößen zur objektiven Komfortbeurteilung von Fahrzeugsitzen.



Seit Februar 2016 ist Stefanie Paßler an der Professur für Sportgeräte und -materialien tätig. Von 2009 bis 2016 studierte Frau Paßler an der Technischen Universität München. Im Anschluss an ihr Bachelorstudium Wissenschaftliche Grundlagen

des Sports absolvierte sie ihren Master of Science in Human Factors Engineering. Sowohl ihre Bachelor- als auch ihre Masterarbeit fertigte Frau Paßler an der Professur für Sportgeräte und -materialien an. In letzterer befasste sich Frau Paßler mit der prototypischen Entwicklung und Bewertung von Kühlkonzepten für Fahrradhelmen. Ihr Forschungsschwerpunkt liegt im Bereich der Mensch-Umwelt-Interaktion. Die Fragestellungen der Forschungsarbeit stehen dabei sowohl im arbeitswissenschaftlichen als auch im sportwissenschaftlichen Kontext. Frau Paßler beschäftigt sich mit der Entwicklung und Validierung von Produkten (Bsp. Wearables), die zur Reduzie-

rung der physischen Belastung und Beanspruchung des menschlichen Körpers dienen.



Herr Jakob Reinhardt hat Maschinenbau an der TU München, der Aalto University Helsinki und dem RMIT in Melbourne studiert. Schließlich fertigte er seine Masterarbeit am Lehrstuhl für Ergonomie im Bereich der Mensch-Roboter-Interaktion an. Im

Szenario des Folgen von Probanden hinter einem vorausfahrenden Roboter wurde der Einfluss der kinematischen Variablen Beschleunigung und Kurventrajektorie auf Abstandsverhalten und subjektives Empfinden der Folgenden Personen untersucht. Herr Reinhardt ist seit Juni 2016 am Lehrstuhl beschäftigt mit Forschungsinteresse im Bereich des Bewegungsverhaltens autonomer Systeme.



Herr Matthias Walter, M.Sc. ist seit Januar 2016 als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Ergonomie tätig. Er studierte Maschinenwesen an der TU München mit den Schwerpunkten Leichtbau und Funktionsstrukturen sowie Produktionsmanagement. Im Rahmen seiner Semesterarbeit und Masterarbeit am Lehrstuhl für Ergonomie untersuchte er die Wahrnehmung von Augmented Reality Inhalten im kontaktanalogen Head-Up Display sowie die Auswirkungen der örtlichen Korrektheit der angezeigten Inhalte. In der Zeit nach seinem Abschluss 2014 arbeitete er als Berechnungsingenieur für FEM-Simulation in der Crashuntersuchung. Aktuell befasst er sich in einem INI.TUM Projekt in Kooperation mit der AUDI AG wieder mit dem kontaktanalogen Head-Up Display.



Herr Yucheng Yang (M.Sc.) ist seit Mai 2016 als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Ergonomie (LfE) tätig. Er studierte an der Beijing University of Posts and Telecommunications (BUPT) und schloss 2012 sein Studium mit einer Bachelorarbeit bei BMW China zum Thema Sitzkomfort auf einem chinesischen Straßenprofil mit einem Bachelor of Science ab.

Sein Masterstudium Automotive Software Engineering absolvierte er von Oktober 2013 bis Januar 2016 an der Technische Universität München (TUM). Im Rahmen seiner Masterarbeit bei der BMW AG befasste er sich unter der Betreuung des Lehrstuhls mit der Entwicklung und Evaluation einer Methode für eine intuitive Fahrerplatzinstellung in einem Personenfahrzeug, womit sich die Einstellungen von Sitz, Spiegel und Lenkrad durch eine zentrale Bedienung mit 3 Parametern bedienen lassen. In den folgenden Jahren wird sich Herr Yang im Bereich der Menschmodellierung, Kooperation und Automation und schließlich mit dem Promotionsthema Innenraumkonzepte im Kontext von hochautomatisiertem Fahren beschäftigen.

## ISARSITZE - TUM Exist



Andreas Hippe, Alexander Riess und Dominik Ganswohl sind das interdisziplinäre Team hinter Isarsitze. Andreas Hippe beendete 2016 sein Masterstudium der Fahrzeug- und Motorentechnik an der TU München. Davor studierte er Maschinenbau an der TH Nürnberg und der Monash University in Melbourne, Australien. Vor seinem Studium absolvierte er 2011 seine Ausbildung zum Industriemechaniker bei Siemens und arbeitete anschließend als Entwicklungsingenieur bei Océ Printing Systems. Durch seine Semester- bzw. Masterarbeit im Rahmen des vorangegangenen Sitzprojekts am Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik konnte er sich bereits Fachwissen im Bereich der Sitzentwicklung und -zulassung aneignen. Er verantwortet im Team die Produktentwicklung und Prototypenfertigung. Alexander Riess schloss 2016 sein Bachelorstudium des Maschinenbau & Managements an der TU München ab und studiert inzwischen Ergonomie im Masterstudiengang Human Factors Engineering der Munich School of Engineering. 2012 arbeitete er ein Jahr im Produktmanagement der KUKA AG in Augsburg, worauf ein sechsmonatiges Ingenieurspraktikum bei TFW Ltd. in Birmingham, UK folgte. Anschließend arbeitete er zwei Jahre am Lehrstuhl für Strategie der TUM School of Management. In seiner Bachelorarbeit bewertete er die Technologieentwicklung der Elektromobilität hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit für Kleinbusse. Bei Isarsitze ist er für die Geschäftsent-

wicklung zuständig. Dominik Ganswohl ist seit 2015 erfolgreicher Absolvent des Bachelorstudiengangs International Management an der HS Augsburg mit Auslandssemester an der Shandong University Jinan (China). Neben seinem Studium arbeitete er u.a. als Projektmanager und Forschungsassistent bei der Thomas Hauser Managementberatung in Augsburg und im Project Finance bei BMW in Kuala Lumpur, Malaysia. Nach seinem Studium unterstützte er die sonnen GmbH bei dem Ausbau des Vertriebs in der DACH-Region. In seiner Bachelorarbeit erarbeitete er die strategische Ausrichtung einer Unternehmensberatung in der Gründungsphase. Bei Isarsitze ist er für Marketing & Sales verantwortlich.

## **Auf Wiedersehen**

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

**Martin Albert, Nicole Biebel, Christian Gold, Andreas Haslbeck, Magnus Helmbrecht, Christin Hölzel, Alexander Lange, Claudia Neuhofer, Lisa Pfannmüller, Severina Popova-Dlugosch, Paul Stuke**

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

# Rückblick

## Besuch der 62. Frühjahrskonferenz der GfA

Der 62. Frühjahrskongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (GfA) wurde in diesem Jahr (02. bis 04. März 2016) vom Institut für Arbeitswissenschaft (IAW) an der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule (RWTH) Aachen ausgetragen und stand unter dem Motto „Arbeit in komplexen Systemen – Digital, vernetzt, human?!“. Auch der Lehrstuhl war mit vielseitigen Vorträgen vertreten. Vier Doktoranden referierten zu Themen aus den Bereichen Automatisiertes Fahren und Bewegungs-/Produktionsergonomie. Einen Höhepunkt stellte die Abendveranstaltung im Krönungssaal des Aachener Rathauses dar.



## Forschungstag Ergonomie und Sommerfest 2016

Am 17. Juli 2015 lud der Lehrstuhl für Ergonomie alle Mitarbeiter, Ehemalige und Projektpartner zum alljährlichen Forschungstag Ergonomie und Sommerfest 2015 ein.

Die Eröffnung des Modularen Ergonomieprüfstands und andere anregende Stationen, sowie gemütliches Beisammensein beim Grillen machten diesen Tag zu einem Erfolg.



