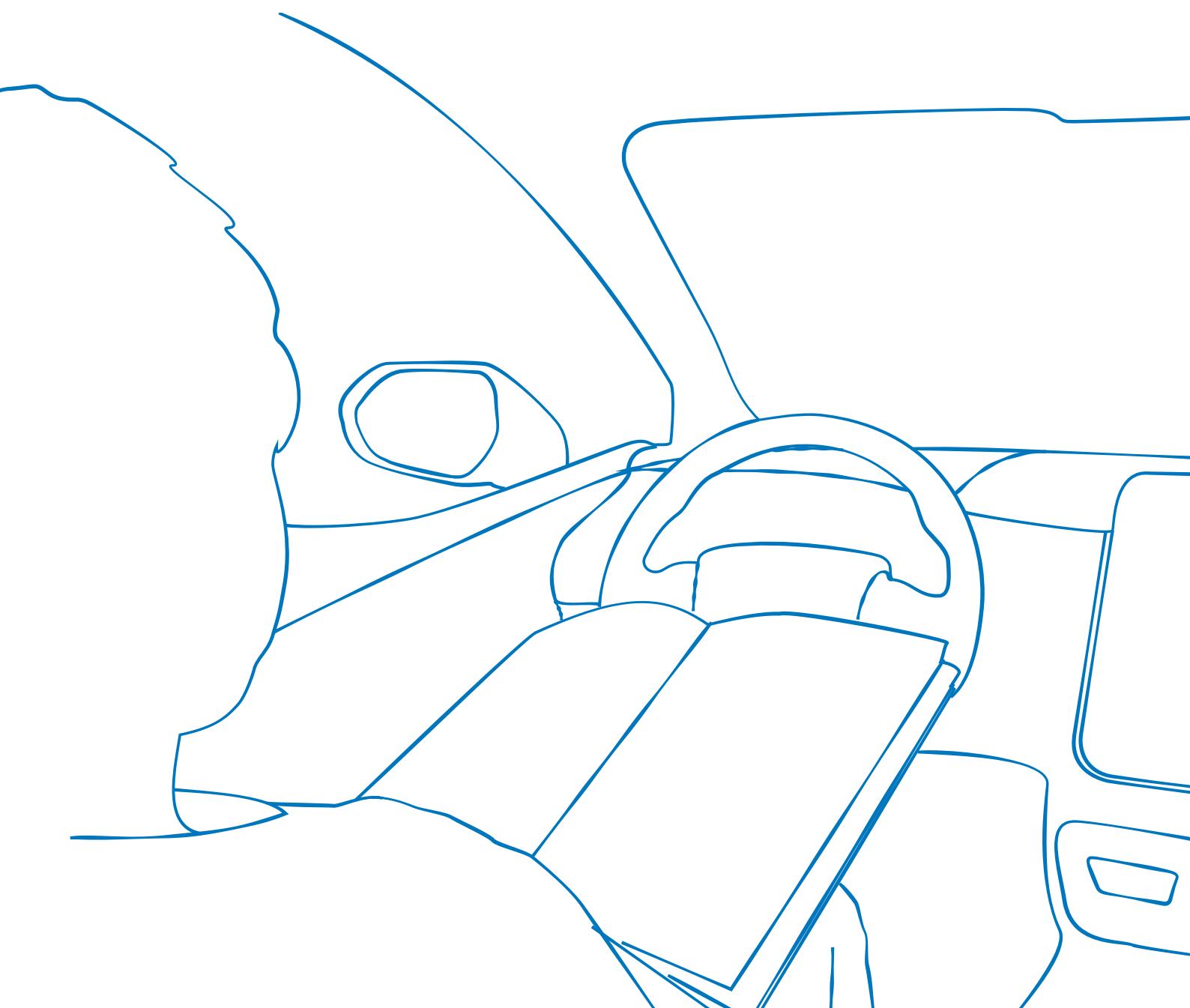


# Ergonomie AKTUELL

Die Fachzeitschrift des Lehrstuhls für Ergonomie

Ausgabe 021 | Sommer 2020 | ISSN 1616-7627



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

Die Fachzeitschrift des Lehrstuhls für Ergonomie erscheint im Selbstverlag einmal pro Jahr.  
Auflage 150

**Herausgeber:**

Lehrstuhl für Ergonomie  
Technische Universität München  
Boltzmannstraße 15  
85748 Garching  
Tel: 089/ 289 15388  
<https://www.mw.tum.de/lfe/startseite/>  
<https://www.mw.tum.de/lfe/downloads/>

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

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

**Redaktion:**

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

**Layout:**

Julia Gres/TUM

**Druck:**

Printy, Digitaldruck & Kopierservice  
80333 München

© Lehrstuhl für Ergonomie | TUM

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

**Zum Sprachgebrauch:**

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

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

mit dieser Ausgabe brechen wir mit einer langjährigen Tradition. Die Ergonomie aktuell wurde bisher am Forschungstag herausgegeben. Nachdem wir wegen COVID-19 unseren Forschungstag und das Sommerfest online veranstalten werden, wollen wir Sie mit dieser Ausgabe neugierig auf unsere online Veranstaltung machen.

Das zurückliegende Jahr war stark von den Themen der automatisierten Fahrzeugführung und Arbeit der Zukunft geprägt. Es ist uns gelungen unsere internationalen Kooperationen auszubauen und wir sind nun mit dem japanischen SIP-ADUS Projekt in sehr enger Kooperation. Unser jüngstes Projekt „Gute Lösungen für die Zukunft nutzen – COVID-19 Lessons Learned“ (gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung) wird sich mit Änderungen in Arbeitssituationen beschäftigen, die zwar durch die Krise erzwungen wurden, aber grundsätzlich sinnvolle Entwicklungen für die Zukunft der Arbeit bedeuten.

Unterstützt durch die Exzellenzstrategie der TUM konnten wir viele neue Lehrveranstaltungen aus der Taufe heben, die vor allem die Nutzung digitaler Werkzeuge und agil kreative Arbeitsweisen vor allem unter dem Prinzip der Interdisziplinarität vermitteln.

Natürlich hat auch uns die COVID-19 Krise völlig überrascht. Dank des außerordentlichen Engagements der wissenschaftlichen und nichtwissenschaftlichen MitarbeiterInnen ist uns der Umstieg in die digitale Lehre und die Fortsetzung der Forschung sehr gut gelungen. In einer sinnvollen Mischung aus Präsenz und Homeoffice wurden manche Aktivitäten



sogar beschleunigt, die Lehre intensiviert und der Gesundheit aller Rechnung getragen.

Vor allem freuen wir uns auf den persönlichen Kontakt mit unseren Studierenden und spätestens beim nächsten Forschungstag wieder mit Ihnen.

### Neugierig?

**Geben Sie uns dieses Jahr am 17.07. die Ehre unter**

**<https://www.mw.tum.de/lfe>**

Wir wünschen Ihnen viel Freude bei der Lektüre.

Ihr

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

Klaus Bengler



---

Impressum	02
Editorial	03
UNICARagil – Ein Zwischenbericht <i>Ingrid Bubb, Birte Emmermann, Manuel Kipp, Johannes Schwiebacher</i>	06
@CITY – Automated Cars and Intelligent Traffic in the City Halbzeit <i>Alexander Feierle, Niklas Grabbe, Tobias Hecht, Michael Rettenmaier, Oliver Winzer</i>	11
Japan, Deutschland und die kulturübergreifende Zukunft der Mobilität <i>Luis Kalb</i>	14
INSAA – Insassensimulation in automatisierten Automobilen <i>Martin Fleischer</i>	16
Entwicklung einer Methodik zur Bewertung von Fahrzeugeinstiegen <i>Martin Dorynek</i>	18
Virtuelle Welten in der Ergonomie <i>Philipp Maruhn</i>	21
From HMI to HMIs: Towards an HMI Framework for Automated Driving <i>Klaus Bengler, Alexander Feierle, Michael Rettenmaier</i>	24
Digital Ergonomics – Das neue Seminar am Lehrstuhl für Ergonomie <i>Verena Knott</i>	27
Moralgeleitete Untersuchung zukünftiger Technologien – Neue Lehrveranstaltung im Rahmen der Exzellenzstrategie vermittelt ethische Grundsätze zu Probandenstudien <i>Christian Lehsing</i>	31
Interdisziplinäres Projekt X <i>Caroline Adam, Lorenz Prasch</i>	32
Digitale Lehrangebote am Lehrstuhl für Ergonomie <i>Verena Knott</i>	34
<b>Professur für Sportgeräte und -materialien:</b>	
Mehr Sicherheit dank verbesserter Schutzausrüstung – <i>Veit Senner, Aljoscha Hermann</i>	36
Optimierte Sportausrüstung für eine bessere Leistung – <i>Bahador Keshvari, Valentin Wohlgut</i>	37
Gesundheit, Wellness und mehr Spaß dank technischer Unterstützung – <i>Stefanie Paßler, Philipp Kopp</i>	38
Verständnis schaffen für die Wechselwirkung zwischen Athlet, Equipment und Umwelt – <i>Tanja Lerchl</i>	39
Veröffentlichungen von Sommer 2019 bis Sommer 2020	40
Dissertationen	44
Abgeschlossene Diplom- und Masterarbeiten	46
Neue Mitarbeiter	50
Abschied	52
Rückblick	53
Ausblick	55

# UNICARagil – Ein Zwischenbericht

Ingrid Bubb, Birte Emmermann, Manuel Kipp, Johannes Schwiebacher

## Das Projekt

Das Ziel des Projektes UNICARagil ist eine hochautomatisierte modulare, skalierbare Fahrzeugplattform, die über unterschiedliche Absicherungsmöglichkeiten (Sensoren, Cloud, Drohnen, Leitwarte, aber auch neuartige Softwarearchitekturen) das Verkehrsgeschehen erfasst und in diesem automatisiert agieren kann. Über unterschiedliche Karosserien können individuelle Anwendungsfälle dargestellt werden. In UNICARagil werden vier Fahrzeugkonzepte erarbeitet: ein auf Abruf bestellbares autoTAXI, das autoELF für den privaten Gebrauch, das autoSHUTTLE als Omnibus und das autoCARGO als Lieferfahrzeug. (Woopen et al. 2018)

Der Lehrstuhl für Ergonomie beteiligt sich im Rahmen des Projektes an der Gestaltung eines ergonomischen Innenraums für das autoTAXI sowie an der Kommunikation mit Passagieren und anderen Verkehrsteilnehmern. Der folgende Bericht beleuchtet die bisherige Entwicklung im Projekt.

## Innenraumauslegung – Design

Im zurückliegenden Jahr hat sich der Lehrstuhl für Ergonomie zusammen mit dem Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik der TUM mit der Finalisierung der Konzeptentwicklung des autoTAXI beschäftigt. Dazu wurden zur besseren Bewertung und als Machbarkeitsstudie erste prototypische Aufbauten getätig.

Die grundsätzliche Topologie des Innenraums bleibt ein 2+2 Sitzer mit vis-à-vis-Anordnung. Zwei Hauptsitze sind in die Vorzugsrichtung und zwei Klappsitze entgegen der Vorzugsrichtung vorgesehen. Es wurde ein Sitzschalenkonzept zur flexiblen Anordnung von Hauptsitzen und Klappsitzen verfolgt, um eine individuelle Anordnung der Sitze zu ermöglichen.

Neben den Arbeiten an der Innenraumkonstruktion des autoTAXI ist eine Sitzkiste aufgebaut worden. An dieser finden Versuche statt, um neben der virtuellen Erprobung auch Probandenstudien zur Nutzererfahrung durchführen zu können.

Alternativ zu den Konstruktionen werden mit Hilfe des digitalen Menschmodells RAMSIS Simulationen zur Absicherung des Greifraums und der Erreichbarkeit sowie eine Sichtbarkeitsanalyse der konstruierten Elemente unter Berücksichtigung möglicher eingenommener Sitzpositionen durchgeführt. So kann während der Konstruktion eine ergonomische Auslegung für das Auslegespektrum von 5. Perzentil Frau bis zum 95. Perzentil Mann garantiert werden.

Designstudierende der Hochschule München stellten an einem Mockup Nutzungsabläufe und die möglichen Informationsflüsse zwischen Fahrzeug, App und Nutzer dar. Anhand eines Anforderungskatalogs an das Design wird Fertigbarkeit, Zugänglichkeiten und Anwendbarkeit sichergestellt. Es werden vier Baugruppen definiert, die vorerst unabhängig voneinander auskonstruiert werden können. Diese sind in Sitzumgebung von Haupt- und Klappsitzen, die gesamte Unterkonstruktion und alle Innenraumverkleidungsteile mit integrierten Komponenten, wie Beleuchtungsmittel, gegliedert. Erste Renderings des Interieur-Designs sind in Abbildung 1 zu sehen.



Abbildung 1: Innenraumdesign-Konzept des autoTAXI der FH Salzburg.

## Gestaltung der internen Kommunikation

Im Rahmen einer Masterarbeit zum Informationsbedarf im autonomen Fahrzeug konnten drei verschiedene HMI Komponenten im Fahrzeuginnenraum identifiziert werden. Dabei handelt es sich zum einen um die „zentrale Sicht“ welche allgemeine Informationen für alle Passagiere zur Verfügung stellt und zentral, für alle Passagiere sichtbar, angebracht ist. Die „private Sicht“ beschreibt eine Mensch-Maschine Schnittstelle, welche einer Einzelperson zur Verfügung steht (z.B. eigenes Smartphone), und dieser private Informationen wie Fahrpreise oder Buchungsdaten übermitteln kann. Als dritte HMI Komponente im Innenraum wurde die „direkte Sicht“ identifiziert. Diese ermöglicht die individuelle Bereitstellung von Informationen oder Entertainment im Innenraum, ohne jedoch private Informationen darzustellen. Den jeweiligen Sichten wurden im Rahmen einer Expertenbefragung Informationsbedürfnisse zugeteilt. Nachfolgend werden die Entwicklungen des letzten Jahres bezüglich der privaten sowie der direkten Sicht dargestellt. Eine zentrale Sicht kann im vom LfE mitentwickelten autoTAXI aufgrund mangelnden Bauraums nicht realisiert werden.

### App – private Sicht

Der Fahrgast soll über die „private Sicht“ auf seinem Smartphone die Möglichkeit haben über die autoTAXI-App wesentliche Interaktionen und Funktionen des Fahrzeugs zu bedienen.

Im Sinne eines einheitlichen, fahrzeugübergreifenden Auftretens der App wurde ein Styleguide formuliert. Der Styleguide bietet allen Beteiligten die Möglichkeit, unabhängig voneinander Prototypen ihrer Apps zu entwickeln, sich jedoch gleichzeitig im projektkonformen Rahmen zu bewegen. Der Styleguide besteht aus 19 Unterpunkten, die wesentliche ergonomische sowie designtechnische Aspekte vorgeben. Die Inhalte sind an den Google Styleguide, aktuellen ISO-Normen sowie Vorgaben durch UNICARagil angelehnt. So wird beispielsweise die Schriftart, -größe und -farbe festgelegt. Zudem wird ein Rahmen für die Menü-

führung und Navigationsstrukturen zwischen den verschiedenen Seiten der App vorgegeben. Um eine gute Usability zu gewährleisten sind die App-Entwickler des UNICARagil-Konsortiums angehalten, sich an die etablierten Heuristiken von Nielsen (Nielsen 1995) sowie dem User Centered Design Process (DIN EN ISO 9241-210) zu orientieren.

Für die App-Entwicklung des autoTAXIs wurden anhand von Benutzungsszenarien Situationen identifiziert, in denen die Smartphone-App Verwendung findet. Anschließend konnten Schlüssel- und Nebenfunktionen der App identifiziert werden, die sich teilweise bewusst redundant zur direkten Sicht verhalten (beispielsweise die Einsicht des aktuellen Fahrzeugstandorts).

Die App wird in Koordination mit den Projektpartnern für die weiteren UNICARagil-Fahrzeuge gestaltet werden, um dem Kunden letztendlich eine einzige App anbieten zu können. Innerhalb dieser App wird es dem Nutzer möglich sein, die verschiedenen Dienste auszuwählen und zu buchen. Um dies zu ermöglichen, werden auf Grundlage von Funktionshierarchien Gemeinsamkeiten sowie Unterschiede des autoTAXIs zu den weiteren Fahrzeugen bezüglich der zu enthaltenen App-Funktionen identifiziert und anschließende Wireframes der App gestaltet.

Diese werden entsprechend bei der Erstellung und Programmierung einer fahrzeugübergreifenden App berücksichtigt.

### Direkte Sicht

Die „direkte Sicht“ wird im autoTAXI über zwei 10 Zoll Tablets realisiert, welche an den zwei Hauptsitzen zur Verfügung stehen. Die Entwicklung eines Anzeigekonzeptes für die „direkte Sicht“ erfolgte gemäß den Vorgaben zur nutzerzentrierten Gestaltung (DIN EN ISO 9241-210). Zunächst wurden die Informationsbedürfnisse potentieller Passagiere über eine Fragebogenstudie erhoben und in einem ersten Low-Fidelity Konzept prototypisch umgesetzt. Dieser Prototyp wurde hinsichtlich Usability und User

Experience überprüft. Daraus ging die Clusterung der Informationen in 6 Gruppen „Navigation“, „Fahrzeug“, „Innenraum“, „München“, „Entertainment“, und „Einstellungen“ hervor. Diese Clusterung diente als Grundlage für die Entwicklung mehrere High-Fidelity Prototypen. Einer der entwickelten High-Fidelity Protoypen ist in Abbildung 2 zu sehen.

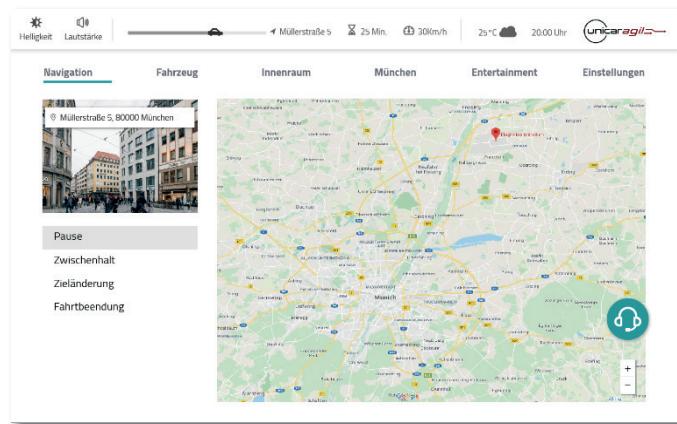


Abbildung 2: High-Fidelity Prototyp "direkte Sicht"

Derzeit erfolgt die Evaluierung der erzeugten High-Fidelity Konzepte, um das am besten geeignete Konzept anderen Projektpartnern als Vorlage bereitzustellen zu können.

## Gestaltung der externen Kommunikation

Die Notwendigkeit einer Kommunikation mit anderen Verkehrsteilnehmern durch autonome Fahrzeuge ergibt sich nach Expertengesprächen am Lehrstuhl für Ergonomie durch Situationen, welche eines der folgenden Kriterien erfüllen:

- Nicht durch StVO geregelt
- Deadlock/Stillstand
- Erhöhung der Verkehrseffizienz möglich
- Regelabweichung

Die externe Kommunikation wird im Projekt UNICARagil über zwei Kommunikationskanäle dargestellt, welche auch in aktueller Literatur als geeignet beschrieben werden (Bengler et al. 2020). Zum einen werden LED-Matrizen eingesetzt um anderen Verkehrsteilnehmern explizite Informationen kommunizieren zu können (eHMI). Zum anderen wird über die Gestaltung von Trajektorien versucht, die Intention des Fahrzeugs zu kommunizieren (dHMI).

## Explizite Kommunikation über LED Matrizen (eHMI)

Die Kommunikation mittels expliziter Botschaften im eHMI wird über den visuellen Kanal realisiert. Dazu werden RGB-LED-Matrizen rund um das Fahrzeug angebracht. In einer Masterarbeit konnte deren Eignung sowohl hinsichtlich Erkennbarkeit als auch bezüglich ihrer hardwareseitigen Umsetzung belegt werden (Schulze 2020). Die Anordnung der LED-Matrizen an den Fahrzeuaen ist in Abbildung 3 zu sehen.

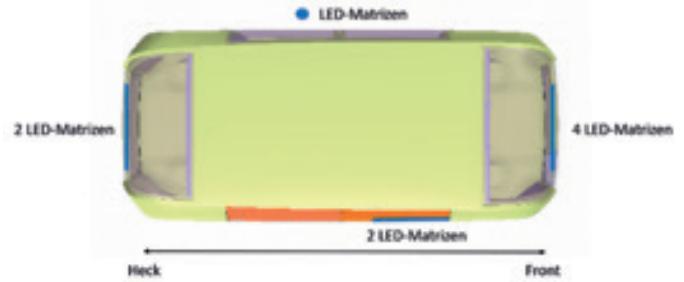


Abbildung 3: Anordnung der LED Matrizen

Für die Entwicklung von expliziten Botschaften wird vorwiegend auf Symbole bzw. Piktogramme zurückgegriffen werden, um die Verständlichkeit auch für Personengruppen zu gewährleisten, welche nicht lesen können (z.B. Kinder), oder die örtliche Landessprache nicht beherrschen. Weiterhin wird im Projekt eine allozentrische Kommunikationsweise bevorzugt, um die Adressierung eines falschen Nachrichtenempfängers zu vermeiden. So werden Botschaften soweit möglich stets aus der Perspektive des Fahrzeugs kommuniziert.

Gemäß den gezeigten Anforderungen werden zu Beginn des Jahres 2020 Designkonzepte zur expliziten Kommunikation in Zusammenarbeit mit der FH Salzburg entworfen. Ein beispielhaftes Konzept zur Ankündigung eines Wendemanövers zeigt Abbildung 4.



Abbildung 4: Ankündigung eines Wendemanövers über eHMI

### Implizite Kommunikation über Trajektorien (dHMI)

Neben einer Expertenbewertung der derzeitig geplanten Trajektorien im Projekt UNICARagil wurde im vergangenen Jahr in einer Virtual Reality Studie untersucht, inwieweit Fußgänger auf verschiedene Anfahrstrategien an eine Bushaltestelle reagieren. Dabei wurde geprüft, ob die Intention des Fahrzeugs an der Haltestelle stehen zu bleiben für Fußgänger erkennbar ist. Es wurde zwischen drei verschiedenen Anfahrstrategien unterschieden. Abbildung 5 zeigt diese in der VR-Umgebung.

Bild 2 und 3 zeigen Anfahrstrategien unter Nutzung von Corner Modulen, welche eine individuelle Lenkbarkeit aller 4 Räder ermöglichen.

Unkonventionelle Lenkmanöver unter Nutzung der Corner Module zeigten sich als schwerer vorhersehbar, insbesondere wenn der Bewegungsfluss durch starkes (90°) Einschlagen der Räder unterbrochen wird. Die technischen Potentiale der Corner Module wurden jedoch erkannt und vor allem die Möglichkeiten zur optimalen Ausnutzung des vorhandenen Verkehrsraumes sehr positiv bewertet. Um die Verständlichkeit für den umliegenden Verkehr zu erhöhen sollten spezielle Manöver mit Einsatz der Corner Module jedoch zusätzlich über das externe HMI (LED-Matrizen) angekündigt werden.

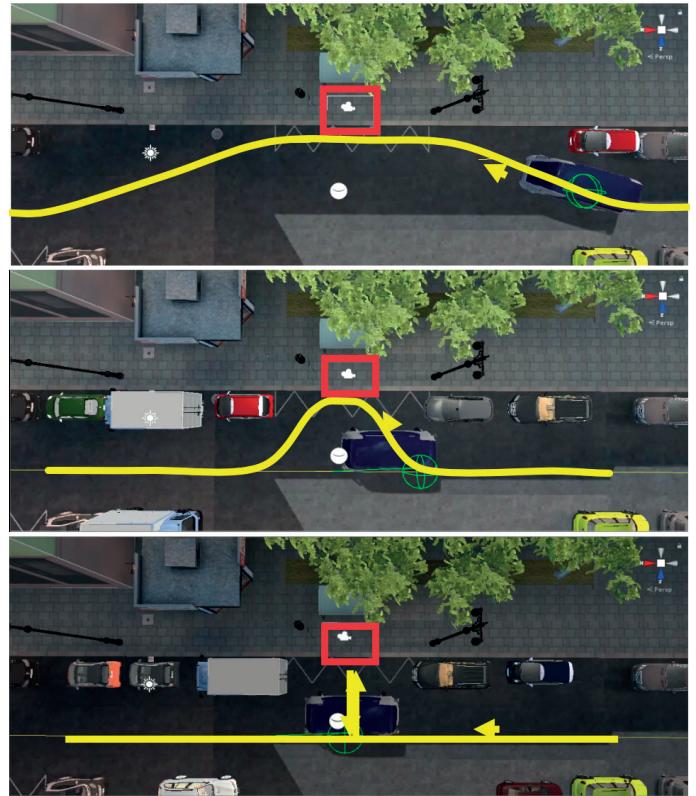


Abbildung 5: Anfahrstrategien an Haltestelle

Bild 1: gängige Anfahrstrategie mittels Vorderachslenkung;  
 Bild 2: Anfahrt der Haltestelle im 60° Winkel (gleichsinnig eingedreht)

Bild 3: Anfahrt der Haltestelle im 90° Winkel unter Einsatz der Corner Module (gegensinnig eingedreht)

Die Forschungsarbeiten wurden im Rahmen des Projekts „UNICARagil“ durchgeführt (FKZ 16EMO0288). Wir bedanken uns für die finanzielle Unterstützung des Projekts durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF).

Wir bedanken uns besonders bei dem Institut für Kraftfahrzeuge, RWTH Aachen, dem Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik, TU München, und der FH Salzburg für ihren Beitrag zu dieser Veröffentlichung.

## Literatur

DIN EN ISO 9241-210: 9241-210: 2011-01: Ergonomie der Mensch-System-Interaktion-Teil 210: Prozess zur Gestaltung gebrauchstauglicher interaktiver Systeme (ISO 9241-210: 2010).

Bengler, Klaus; Rettenmaier, Michael; Fritz, Nicole; Feierle, Alexander (2020): From HMI to HMIs: Towards an HMI Framework for Automated Driving. In: Information 11 (2), S. 61. DOI: 10.3390/info11020061.

Nielsen, Jakob (1995): 10 usability heuristics for user interface design. In: Nielsen Norman Group 1 (1).

Schulze, Jonas (2020): Weiterentwicklung und Evaluation eines externen Anzeigekonzepts für automatisierte Fahrzeuge - Auswirkung von Distanzen und Lichtverhältnissen auf die Erkennbarkeit. Masterarbeit.

Woopen, Timo; Eckstein, Lutz; Kowalewski, Stefan; Moormann, Dieter; Maurer, Markus; Ernst, Rolf et al. (2018): UNICARagil - Disruptive modulare Architektur für agile, automatisierte Fahrzeugkonzepte. Unter Mitarbeit von Timo Woopen, Bastian Lampe, Torben Böddeker, Alexandru Kampmann, Bassam Alrifae, Torben Stolte et al.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

# @CITY–Automated Cars and Intelligent Traffic in the City Halbzeit

Alexander Feierle, Niklas Grabbe, Tobias Hecht, Michael Rettenmaier, Oliver Winzer



## Hintergrund

Im Herbst 2020 findet die Halbzeitpräsentation der beiden durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie geförderten Verbundprojekte @CITY und @CITY-AF statt.

Das 15 Partner umfassende Projektkonsortium besteht aus Automobilherstellern, Automobilzulieferern, einem Forschungsinstitut und Universitäten. Die TU München wird dabei neben dem Lehrstuhl für Ergonomie durch den Lehrstuhl für Verkehrstechnik vertreten.

## Zielsetzung

Da automatisierte Fahrzeuge und intelligenter Verkehr zentrale Elemente für den Stadtverkehr der Zukunft darstellen, zielen @CITY und @CITY-AF auf ein neues, automatisiertes Fahrerlebnis für das sichere, stressfreie, effiziente und komfortable Fahren in der Stadt ab.

Dazu werden in @CITY Algorithmen zum Situationsverständen, hochgenaue Karten und eine präzise Eigenlokalisierung entwickelt. Darüber hinaus wird ein gemeinsames Verständnis zum automatisierten Fahren und partnerübergreifende Szenarien generiert. Darauf aufbauend wird in @CITY-AF an den automatisierten Fahrfunktionen für das urbane Umfeld geforscht. Der Schwerpunkt des Lehrstuhls für Ergonomie liegt auf der Mensch-Fahrzeug-Interaktion und der Interaktion mit schwächeren Verkehrsteilnehmern. Dabei werden in Abstimmung mit den Konsortialpartnern Verkehrsbeobachtungen, Fahr-, Fahrrad- und Fußgängersimulationsstudien durchgeführt.

## Bisherige Arbeiten

Zu Beginn des Projekts wurde eine Spezifikationsmethodik zur Definition von Szenarien für das urbane automatisierte Fahren entwickelt. Anhand dieser Spezifikationsmethodik wird ein konsistenter Informationsaustausch über verschiedene Teilprojekte, Konsortialpartner und Entwicklungsschwerpunkte gewährleistet.

Nach Abschluss der Spezifikationsphase lag der Schwerpunkt des Lehrstuhls für Ergonomie auf der Durchführung und Analyse empirischer Studien. Bis zur Halbzeit wurden zwei Verkehrsbeobachtungen in Garching und München, eine Online-Umfrage, sowie 15 Fahr- bzw. Fußgängersimulationsstudien am Lehrstuhl für Ergonomie durchgeführt.

## Verkehrsbeobachtungen:

Die Verkehrsbeobachtung in Garching untersuchte das Interaktionsverhalten zweier manueller Fahrer, die zeitgleich gegensätzlich durch eine gleichrangige Engstelle fahren wollten. Aufbauend auf den Daten wurden jeweils zwei offensive und zwei defensive Fahrstrategien abgeleitet. Die Interaktion bestand fast ausschließlich aus impliziten Kommunikationsmitteln (Rettenmaier, Requena Witzig & Bengler, 2020).

Bei der Verkehrsbeobachtung in München wurde ein Kreuzungsszenario in der Innenstadt per Video an 5 Tagen aufgezeichnet. Zum einen sollten die Interaktionen zwischen Fußgänger und Fahrzeugführer qualitativ abgebildet werden, um Muster in den Verhaltensweisen zu entdecken. Dazu wurde das Videomaterial annotiert und beliebige Aktionen und Ereignisse während der Interaktion in zeitlichen Sequenzen erfasst. Zum anderen wurden Skeletts aus allen Kreuzungsszenarien extrahiert. Die Daten dienen vorrangig zur Identifikation von Mustern bei bestimmten expliziten Gesten und deren Ausführungsmerkmalen. Abschließend soll ein Gestenkatalog erstellt werden. Zudem wurden Abstände zwischen den Verkehrsteilnehmern, Zeitlücken und Geschwindigkeiten erfasst, um Korrelationen

zwischen den genannten Parametern und explizite Gesten zu analysieren. Mittels eines überlagerten Rasters im Videomaterial kann die Interaktion auch in räumlich-zeitliche Phasen unterteilt werden.

### **Online-Umfrage:**

Beim automatisierten Fahren wird es möglich sein, sich sogenannten fahrfremden Tätigkeiten (FFT) zuzuwenden. Um aus dem Wunsch der Nutzer bezüglich dieser Tätigkeiten Anforderungen an die HMI-Gestaltung abzuleiten, wurde eine Online-Umfrage durchgeführt. Ziel war es, Faktoren zu ermitteln, welche einen Einfluss auf die Auswahl der Tätigkeit haben und zudem den Einfluss einer intensiven FFT auf den Informationsbedarf während einer automatisierten Fahrt zu untersuchen (Hecht, Darlagiannis & Bengler, 2020).

### **Fahrsimulationsstudien:**

Es wurden verschiedene Studien im Fahrimulator und der dynamischen Sitzkiste durchgeführt. Hierbei wurde unter anderem der Informationsbedarf des Nutzers während einer automatisierten Fahrt in Abhängigkeit seiner Vorerfahrung mit automatisiertem Fahren und der Nutzung von FFT in verschiedenen Situationen ermittelt (Feierle, Danner, Steininger & Bengler, 2020). Weiter wurden verschiedene Elemente des HMIs untersucht. Hierbei wurde beispielsweise ein Konzept für das freiprogrammierbare Kombidisplay entwickelt, welches den Nutzer über den aktuellen Systemstatus, die aktuelle Geschwindigkeit, erkannte Verkehrszeichen, Manöver und Systemgrenzen informiert (Feierle, Bücherl, Hecht & Bengler, 2020). Zudem wurde der Einfluss einer Restfahrzeitangabe bei der Beschäftigung mit freien FFT betrachtet (Hecht, Kratzert & Bengler, 2020), verschiedene Einsatzzwecke, Konzepte und Positionierungen einer ambienten Beleuchtung des Fahrzeuginnenraums durch eine LED-Leiste analysiert und die Informationsausgabe über verschiedene Modalitäten geprüft. Des Weiteren wurde der Einsatz von Augmented Reality bei Head-Up-Displays im Kontext des teilautomatisierten Fahrens untersucht (Feierle, Beller & Bengler, 2019).

Neben den Untersuchungen zur internen Kommunikation des automatisierten Fahrzeugs mit dem Passagier wurden externe Interaktionsstrategien von automatisierten Fahrzeugen mit manuellen Fahrern erforscht (Rettenmaier, Pietsch, Schmidler & Bengler, 2019). Betrachtungsgegenstand der Untersuchungen war das Szenario „gleichrangige Engstelle“, die sowohl ein automatisiertes Fahrzeug als auch ein entgegenkommender manueller Fahrer zeitgleich durchfahren will. Die Studien untersuchten den Einsatz von externen Anzeigekonzepten auf der Außenhaut des automatisierten Fahrzeugs als auch die Gestaltung aussagekräftiger Trajektorien. Ziel der Studien war es, die Engstellendurchfahrt effizient und sicher zu gestalten.

### **Methoden- und Kriterienkatalog:**

Zur Bewertung verschiedener HMI-Konzepte, sowohl intern als auch extern, und zur Beschreibung von Verkehrssituationen, wurde zusammen mit anderen Partnern ein Methoden- und Kriterienkatalog erstellt. Dieser umfasst eine Vielzahl an Kriterien zur Bewertung von Verkehrseffizienz, Sicherheit, Vertrauen, sowie Interaktions- und Übernahmeverhalten und steht allen Projektpartner zur Verfügung und soll eine einheitliche Bewertung ermöglichen und zudem Erfahrungen bündeln.

### **Vernetzte Simulation:**

Weiter wurde eine Methodik entwickelt und evaluiert anhand derer Interaktionsszenarien im Rahmen einer vernetzten Fahrsimulation mit einem automatisierten Verkehrsteilnehmer gezielt herbeigeführt werden können. Betrachtungsgegenstand war die Interaktion eines automatisierten Fahrzeugs mit einem manuellen Fahrer an Engstellensituationen. Während des Experiments nahm ein Proband die Rolle des Passagiers des automatisierten Fahrzeugs und ein anderer Proband die des manuellen Fahrers in der gleichen Simulationsumgebung ein.

## Ausblick

Neben weiteren geplanten vernetzten Simulationsstudien (u. a. Fahrzeug-Fußgänger), sollen die entwickelten Lösungen und Konzeptentwürfe in Gesamtkonzepten zusammengeführt und abschließend bewertet werden. Darauf aufbauend gilt es die Ergebnisse zusammenzufassen und zu strukturieren, um anhand dessen Gestaltungsempfehlungen für das urbane automatisierte Fahren aus menschenorientierter Sicht abzuleiten.

## Literatur

Feierle, A., Beller, D. & Bengler, K. (2019). Head-Up Displays in Urban Partially Automated Driving: Effects of Using Augmented Reality \*. 2019 IEEE Intelligent Transportation Systems Conference (ITSC), 1877–1882. <https://doi.org/10.1109/ITSC.2019.8917472>

Feierle, A., Bücherl, F., Hecht, T. & Bengler, K. (2020). Evaluation of Display Concepts for the Instrument Cluster in Urban Automated Driving. In T. Ahram, W. Karwowski, S. Pickl & R. Taiar (Hrsg.), Human Systems Engineering and Design II (Bd. 1026, Bd. 1026, S. 209–215). Cham: Springer International Publishing.

Feierle, A., Danner, S., Steininger, S. & Bengler, K. (2020). Information Needs and Visual Attention during Urban, Highly Automated Driving—An Investigation of Potential Influencing Factors. *Information*, 11(2), 62. <https://doi.org/10.3390/info11020062>

Hecht, T., Darlagiannis, E. & Bengler, K. (2020). Non-driving Related Activities in Automated Driving – An Online Survey Investigating User Needs. In T. Ahram, W. Karwowski, S. Pickl & R. Taiar (Hrsg.), Human Systems Engineering and Design II (Bd. 1026, Bd. 1026, S. 182–188). Cham: Springer International Publishing.

Hecht, T., Kratzert, S. & Bengler, K. (2020). The Effects of a Predictive HMI and Different Transition Frequencies on Acceptance, Workload, Usability, and Gaze Behavior During Urban Automated Driving. *Information*, 11(2), 73. <https://doi.org/10.3390/info11020073>

Rettenmaier, M., Pietsch, M., Schmidtler, J. & Bengler, K. (2019). Passing through the Bottleneck - The Potential of External Human-Machine Interfaces. *IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV)*, 1687–1692. <https://doi.org/10.1109/IVS.2019.8814082>

Rettenmaier, M., Requena Witzig, C. & Bengler, K. (2020). Interaction at the Bottleneck – A Traffic Observation. In T. Ahram, W. Karwowski, S. Pickl & R. Taiar (Hrsg.), Human Systems Engineering and Design II (Bd. 1026, Bd. 1026, S. 243–249). Cham: Springer International Publishing.

## Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Energie

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

# Japan, Deutschland und die kulturübergreifende Zukunft der Mobilität

Luis Kalb



Abbildung 1: Fußgänger laufen über eine Kreuzung in Tokio (TUM)

## Voneinander und miteinander lernen

Japan und Deutschland forschen im Rahmen des Projektes „Japanese-German Research Collaboration on Connected and Automated Driving: Human Factors (CADJapanGermany: HF)“ bis zum Jahr

2022 zu mehreren Themen der Mobilität gemeinsam. Thematisch deckt die Kooperation, die der Lehrstuhl für Ergonomie leitet, einen großen Teil der aktuellen Fragestellungen im Bereich Human Factors beim automatisierten Fahren ab. Die Partner Technische Universität Chemnitz, Technische Universität Dresden, Universität Ulm, Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt (DLR) und Technische Universität München werden sich intensiv mit der Gestaltung von externen Anzeigen (eHMI) automatisierter Fahrzeuge beschäftigen. So wird es eine Aufgabe sein, Inhalte nicht nur unabhängig von der Sprache, sondern darüber hinaus auch unabhängig von den verwendeten Schriftzeichen zu gestalten, um eine globale Anwendung zu ermöglichen.

In einem weiteren Arbeitspaket wird evaluiert, inwiefern die bereits bestehenden Ausbildungseinrichtungen genutzt werden können und müssen, um sämtliche Verkehrsteilnehmer auf die Einführung von automatisierten Fahrzeugen vorzubereiten. In Deutschland liegt der Fokus dabei insbesondere auf der verpflichtenden und ausführlichen Ausbildung für eine Fahrerlaubnis.



Abbildung 2: Führung durch das Empowerment Studio der University of Tsukuba (TUM)



Abbildung 3: External HMI in Form einer japanischen Schrift-nachricht auf einem automatisierten Versuchsträger an der Keio Universität (TUM)

Auch hier rückt die international ebenbürtige Umsetzung der Maßnahmen in den Vordergrund, um Einwohnern beider Länder weiterhin eine weitgehend reibungslose Teilnahme am Straßenverkehr im jeweiligen Ausland zur ermöglichen.

Um die Forschungsergebnisse möglichst ständig vergleichbar zu halten, werden die japanischen und deutschen Partner mehrere Studien zusammen, unter Anderem am Lehrstuhl für Ergonomie, mit jeweils Gastwissenschaftlern aus dem Partnerland durchführen. Damit soll zudem die Methodik der Forschungsinstitute beider Partnerländer um die jeweiligen Aspekte der forschenden Gäste erweitert werden. Aus den Versuchsergebnissen soll projektbegleitend ein Fahrermodell entwickelt werden, dass die verschiedenen Einflüsse einer automatisierten Fahrt auf den Fahrer/Passagier auf seine Interaktion mit dem Fahrzeug abbildet und dabei die kulturelle Verschiedenheit der Menschen beider Partnerländer berücksichtigt.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



# INSAA - Insassensimulation in automatisierten Automobilen

Martin Fleischer



## Fahrfremde Haltungen am LfE

Mit steigendem Grad der Automation in Fahrzeugen ändert sich die Rolle des Fahrers zu dem des Passagiers. So kann mehr Zeit mit fahrfremden Tätigkeiten zugebracht werden. Damit Fahrzeugentwickler auch in Zukunft weiter den Innenraum von Fahrzeugen auslegen können, müssen neue Erkenntnisse zu den Haltungen der Insassen während der Ausführung der fahrfremden Tätigkeiten gesammelt werden.

In einer Studie am Lehrstuhl für Ergonomie wurden 25 Probanden zwei Fahrzeugumgebungen vorgesetzt, in denen sie insgesamt zwölf fahrfremden Tätigkeiten durchführten. Anhand der erhobenen Daten ist es möglich, den Zusammenhang zwischen Tätigkeiten und zugehörigen Haltungen herzustellen. Diese Erkenntnisse geben in der Entwicklung von Fahrzeuginnenräumen vor, welche Haltungen der Insassen für den Anwendungsfall relevant sind.

## Hintergrund

Digitale Menschmodelle wie RAMSIS dienen dazu notwendige ergonomische Aspekte früh in den Entwicklungsprozess aufzunehmen. Yang (2019) beschreibt einen Bedarf neuer digitaler Menschmodelle im Zuge der steigenden Fahrzeugautomation, da etablierte Menschmodelle sehr stark auf den Fahrerarbeitsplatz fokussiert sind. Dieser Anwendungsfall ist auf Grund der zentralen Fahraufgabe des Insassen stark eingeschränkt und kann nur schlecht auf Passagiere ohne diese Aufgabe übertragen werden.

Da es bis dato noch kein konventionelles, automatisiertes Fahrzeug nach SAE J3016 Level 3 oder aufwärts auf deutschen Straßen gibt, lassen sich Studien zum realen Nutzerverhalten bestenfalls über Wizard-Of-Oz-Studien erforschen. Entsprechend nehmen Studien zu Komfort (Bohrmann, 2019) und Sicherheit (Laakmann, 2019) Insassenhaltungen an, die plausibel erscheinen. Kilincsoy (2011) und Kamp (2011) liefern erste Erkenntnisse zu fahrfremden Haltungen durch den Übertrag aus Verkehrsmitteln, in den bereits heute hauptsächlich fahrfremden Tätigkeiten ausgeführt werden: Züge. Diese Studien legen einen Grundstein für fahrzeugspezifische Untersuchungen.

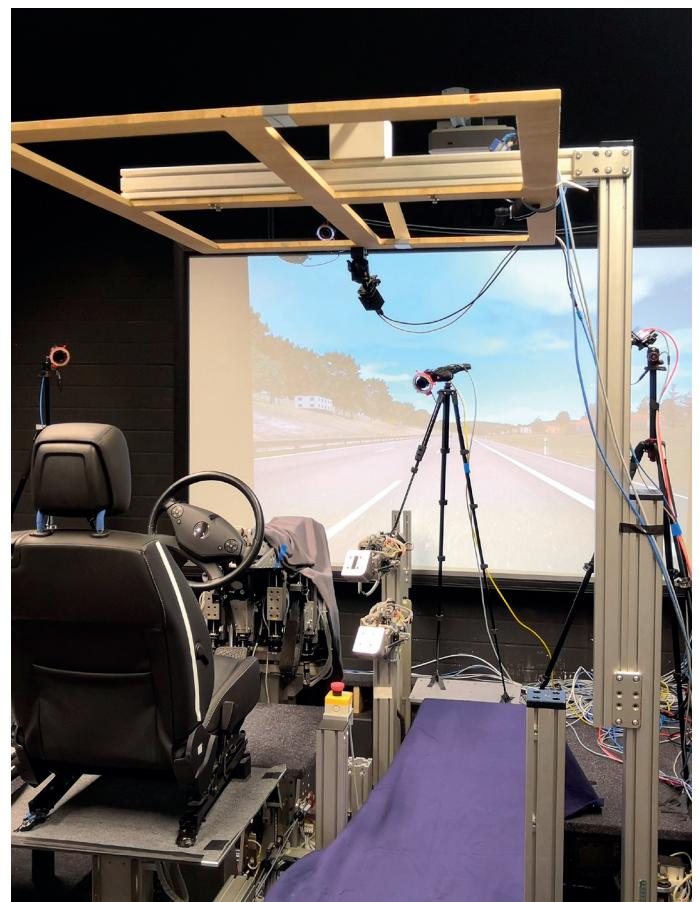


Abbildung 1: Versuchsaufbau im MEPS

## Vorstudie Projekt INSAA

25 Probanden wurden an den Lehrstuhl für Ergonomie eingeladen, um an einer Studie zu Sitzhaltungen in hochautomatisierten Fahrzeugen teil zu nehmen. Im modularen Ergonomieprüfstand (MEPS) wurden zwei Szenarien aufgebaut (siehe Abbildung 1). Zum einen ein konventionelles Fahrzeug wie es heute auf dem Markt zu finden ist, zum anderen ein Fahrzeug ohne Lenkrad und Pedalerie. Diese Konfigurationen können mit Fahrzeugen bis Level 3 nach SAE J3016 beziehungsweise theoretischen Ausgestaltungen ab Level 4 verglichen werden.

Die Probanden wurden gebeten in den Aufbauten fahrfremden Tätigkeiten nach zu gehen. Das dabei entstandene Videomaterial wurde manuell nach eingenommenen Haltungen kodiert. Die Ergebnisse werden auf der HCI 2020 in einer Veröffentlichung vorgestellt.

## RAMSIS lernt neue fahrfremde Haltungen

Im weiteren Verlauf des Projekts INSAA werden die wichtigsten Haltungen aus dem Vorversuch in Probandenstudien analog zur Fahrerhaltung umgesetzt und modelliert. Entwickler können so auf die relevantesten Haltungen zurückgreifen.

## Literatur

Y. Yang, M. Fleischer, and K. Bengler, "Chicken or Egg Problem? New Challenges and Proposals of Digital Human Modeling and Interior Development of Automated Vehicles," in *Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol. 975, *Advances in Additive Manufacturing, Modeling Systems and 3D Prototyping: Proceedings of the AHFE 2019 International Conference on Additive Manufacturing, Modeling Systems and 3D Prototyping*, July 24-28, 2019, Washington D.C., USA, M. Di Nicolantonio, E. Rossi, and T. Alexander, Eds., 1st ed., Cham: Springer International Publishing; Imprint; Springer, 2020, pp. 453–463.

D. Bohrmann and K. Bengler, "Reclined Posture for Enabling Autonomous Driving," in *Advances in Intelligent Systems and Computing, Human Systems Engineering and Design II: Proceedings of the 2nd international*, T. Ahram, W. Karwowski, S. Pickl, and R. Taiar, Eds., [S.I.]: SPRINGER NATURE, 2019, pp. 169–175.

F. Laakmann, L. Zink, and M. Seyffert, "Neue Innenraumkonzepte für den Insassenschutz in hochautomatisierten Fahrzeugen," *ATZ Automobiltech Z*, vol. 121, no. 4, pp. 54–59, 2019.

I. Kamp, U. Kilincsoy, and P. Vink, "Chosen postures during specific sitting activities," (eng), *Ergonomics*, vol. 54, no. 11, pp. 1029–1042, 2011.

Ü. Kilincsoy et al., "Comfortable rear seat postures preferred by car passengers," in *Advanc-es in human factors and ergonomics 2014*, 5th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics : 20 volume set: proceedings of the 5th AHFE Conference, 19 - 23 July 2014 ; 13, *Advances in the ergonomics in manufacturing: Managing the enterprise of the future*, S. Trzcieliński and W. Karwowski, Eds., Louisville, Ky.: AHFE Conference, 2014, pp. 823–831.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

# Entwicklung einer Methodik zur Bewertung von Fahrzeugeinstiegen

Martin Dorynek



## Menschmodellierung am LfE

Die Forschungsgruppe Anthropometrie am Lehrstuhl für Ergonomie hat sich in den letzten Jahrzehnten umfangreich mit dem Thema Einstieg und Ausstieg in Personenkraftfahrzeugen und Lastkraftwagen beschäftigt. Die Modellierung, Vorhersage und Bewertung der Einstiegsbewegung in einen CoE (Cab over Engine)-Lkw und Pkw stehen nun im Mittelpunkt des Forschungsprojekts DELFIN. Dabei spielt die (objektive) Bewegungsbewertung eine entscheidende Rolle und birgt die größte Innovationskraft.

## Wieso wird am Fahrzeugeinstieg geforscht?

Die Verletzungsgefahr für Lkw-Fahrer beschränkt sich nicht auf die Phase des Fahrens, sondern tritt häufig auch beim stehendem Fahrzeug auf. Verletzungen des Lkw-Fahrers beim stehendem Fahrzeug treten beispielsweise während des Lkw-Einstiegs auf, wie eine Studie von Lin und Cohen (1997) verdeutlicht. Demnach sind in der US-Trucking Industrie Unfälle von Lkw-Fahrern in 27 % der Fälle auf Ausrutschen und Stürzen zurückzuführen. Auch Heglund (1987) zeigt, dass Verletzungen von Lkw-Fahrern häufig auf das Betreten und Verlassen des Fahrerhauses zurückzuführen sind. Die Stürze der Lkw-Fahrer werden durch Stolpern, Fehltritte oder Verlieren der Balance verursacht (Lin & Cohen, 1997). Typische Verletzungen treten dabei am Rücken und an den Gelenken (Knie, Handgelenk, Sprunggelenk und Schulter) auf. Im Hinblick auf die schwerwiegenden Folgen durch Verletzungen von Lkw-Fahrern sind Präventionsmaßnahmen durch Anpassung des Lkw-Designs ein wichtiges Ziel (Michel, 2014). Damit die auftretenden Schwierigkeiten beim Einstieg besser verstanden werden können, untersuchte Hebe (2018) die unterschiedlichsten

Einstiegsstrategien beim Lkw. Dabei kam heraus, dass es keine klaren Hauptstrategien gibt.

Als Ursachen des Fehltretens nennen Fischer et al. (2008) folgende Aspekte:

- unzureichende Flächengröße von Podesten
- Nichtwahrnehmung von seitlichen Begrenzungen von Podesten
- unzureichende Tiefe von Treppenstufen
- unzureichende Wahrnehmung von Treppen-Stufenkanten oder Ausgleichsstufen
- gestörter Gangrhythmus beim Treppensteigen

Unfallprävention spielt beim Pkw-Ein-/Ausstieg hingegen eine untergeordnete Rolle, die es aber auch zu beachten gilt. Generell wurde der Einstieg bis jetzt auf Basis von Erfahrungen und Best Practices entworfen. Dies ist aufgrund der steigenden Anforderungen und veränderten Wettbewerbssituation nicht mehr zeitgemäß.

## Wie könnte man diese Vorhersagen berechnen?

Die Bedeutung ergonomischer Studien wird in Zukunft vor allem im Hinblick auf eine alternde und länger arbeitende Gesellschaft zunehmen, insbesondere hinsichtlich Komfort, Sicherheit und Gesundheit der Insassen,. Auf der anderen Seite wird der Zeit- und Kostendruck auf die Produktentwicklung bei steigender Anzahl von Produktvarianten weiter steigen. Daher besteht der Bedarf, diese ergonomischen Studien in den digitalen Produktentwicklungsprozess der Fahrzeughersteller zu integrieren. Hierzu ist eine Technologie für die Bewegungsprognose und -bewertung von Insassen am/im Fahrzeugmodell (digitales Mock-Up) auf Basis von digitalen Menschmodellen erforderlich, um ergonomische Aussagen über das Design in einer frühen Entwicklungsphase zu erhalten und damit Designoptimierungen

effizient zu unterstützen. In der Abbildung 1 sind die zwei zu modellierenden Anwendungsszenarien dargestellt.



Abbildung 1: Auf der linken Seite ist der Einstieg oben in einen Lkw und im unteren Teil in Pkw zu sehen. Beide werden rechts modelliert und sollen zukünftig voraussagbar und bewertbar werden (Bildquelle: Eigene Darstellung).

Diese Technologie ist jedoch bei den derzeit eingesetzten Menschmodellen noch nicht für produktive Anwendungen verfügbar, da zum einen die Prognose von realistischen Bewegungen noch einen sehr hohen manuellen Aufwand seitens des Anwenders erfordert und zum anderen die ergonomische Bewertung von Bewegungen noch nicht valide berechnet werden kann.

Aufgrund der Vielzahl an Parametern bei der Bauweise eines Lkws und deren komplexer Zusammenhänge stellt die Prognose der Bewegungsvorgänge und des Diskomforts beim Ein- und Ausstieg eine

große Herausforderung für die Hersteller dar. Insbesondere bei COE-Lkw befindet sich das Fahrerhaus weit über dem Boden, sodass beim Betreten der Stufen ein Gefühl des Diskomforts auftreten kann (Choi & Lee, 2015). Verschiedene Studien präsentieren quantitative Methoden zur Bestimmung des Diskomforts während einer Körperbewegung oder -haltung. Diese Methoden basieren auf der Verwendung von kinetischen oder kinematischen Daten zur Bestimmung des Diskomforts.

### Worin liegt die Innovationskraft bei DELFIN?

In diesem Projekt möchte der LfE einen Zusammenhang zwischen subjektiven Messgrößen und objektiven kinematischen und dynamischen Daten herstellen. Dieser Zusammenhang soll für die Bewertung von ergonomischen Arbeitsräumen genutzt werden. Eine Herausforderung hierbei ist für den Lehrstuhl die bereits geschaffenen Theorien zur Bewegungsbeurteilung auf das Anwendungsszenario Einstieg in den Lkw und im zweiten Schritt auf den Pkw übertragen zu können.

Um für die Modellierung einen vollständigen und umfangreichen Datensatz zu generieren, der alle benötigten Informationen vereint, wurde ein neuer Versuchsaufbau konzipiert. Dieser ist in Abbildung 2 zu sehen und befindet sich beim Institut für Mechatronik (IfM) in Chemnitz. Dank der Kraftmessplatten und des Motion Capturing Verfahrens der Firma ART können so präzise Bewegungsdaten erfasst werden, wie noch nie zuvor.

Nachdem die Probandenstudie zum Ende des Sommers beendet sein sollte, kann mit der Auswertung der Ergebnisse begonnen werden. Aus den Daten und Zusammenhängen die aus den Daten der Probandenstudie entwickelt werden, soll ein möglichst einfaches mathematisches Modell erstellt werden, das als Bewertungsgrundlage nur auf kinematische (Gelenkwinkel) und nicht auf dynamische Daten (Gelenkmomente) zurückgreifen muss.



Abbildung 2: Lkw-Mockup inklusive umfangreicher Messtechnik  
(Bildquelle: Eigene Darstellung)

durch Stolpern, Umknicken und Fehltreten. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund.

Hebe, J., & Bengler, K. (2018). How Do People Move to Get into and Out of a European Cabin-Over-Engine Truck?, 823, 142–151. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-96074-6\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-319-96074-6_15)

Heglund, R. E. (NOV. 16, 1987). Falls Entering and Exiting Heavy Truck Cabs. Vortrag anlässlich SAE International Truck and Bus Meeting and Exposition.

Michel, B. (2014). Ergonomische Analyse der Fahrerumgebung im Fernverkehrs-Lkw (1. Aufl.). Ergonomie. Verl. Dr. Hut.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

## Literatur

Chateauroux, E., Wang, X., & Roybin, C. (2012). Analysis of truck cabin egress motion. *International Journal of Human Factors Modelling and Simulation*, 3 (2), 169-186.

Choi, N.-C. & Lee, S. H. (2015). Discomfort Evaluation of Truck Ingress/Egress Motions Based on Biomechanical Analysis. *Sensors* (Basel, Switzerland), 15 (6), 13568-13590.

Fischer, H., Görner, B., Karl, M., Mössner, T., Reyhl, H., Schatte, M. et al. (2008). Vermeiden von Unfällen

# Virtuelle Welten in der Ergonomie

Philipp Maruhn

Virtuelle Umgebungen ermöglichen es, menschliches Verhalten in kontrollierten und vielfältigen Szenarien zu untersuchen. Im Gegensatz zu Real-Versuchen, bietet sich zudem die Möglichkeit neuartige Mensch-Maschine Interaktionskonzepte zu evaluieren, ohne die Notwendigkeit zunächst physische Prototypen aufzubauen zu müssen. Somit lassen sich beispielsweise bereits heute neuartige externe Anzeigekonzepte (eHMIs) zur Kommunikation autonomer Fahrzeuge mit anderen Fahrern (Rettenmaier et al. 2019) oder Fußgängern (de Clercq et al. 2019) untersuchen. In beiden Fällen befindet sich der Proband in einer immersiven virtuellen Umgebung, geschaffen durch umgebende Projektionsflächen (Fahrtsimulator) oder mittels eines Head-Mounted Displays (Fußgängersimulator). Vor allem die technische Entwicklung von HMDs begünstigte ein starkes Ansteigen von Fußgängersimulator-Studien, um beispielsweise demographische Aspekte von Fußgängerverhalten, Effekte bei Ablenkungen oder neuartige Fahrzeugdesigns zu untersuchen (Schneider & Bengler 2020).

Neben den beiden extremen Ausprägungen Virtual Reality auf der einen und Real-Versuchen auf der anderen Seite, werden unter dem Begriff Mixed Reality eine Vielzahl von Kombinationen realer und virtueller Inhalte zusammengefasst. Milgram et al. (1995) beschreiben dieses Spektrum als Reality-Virtuality Kontinuum (siehe Abbildung 1).

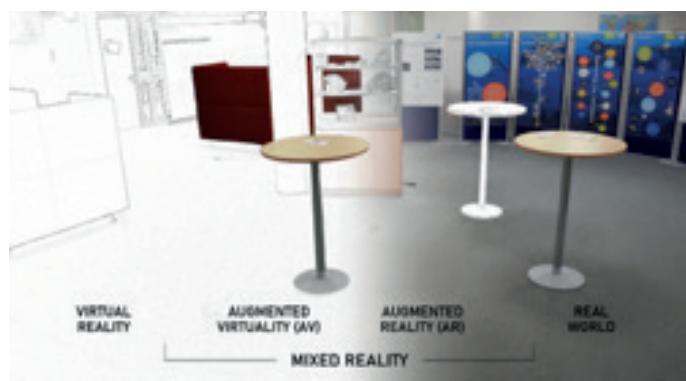


Abbildung 1: Beispielhafte Darstellung des Reality-Virtuality-Kontinuums nach Milgram et al. (1995).

Wie in Abbildung 1 beschrieben, gibt es eine Vielzahl an Möglichkeiten virtuelle mit realen Inhalten zu kombinieren. Augmented Reality ist eine davon. Dabei werden virtuelle Objekte auf eine reale Umgebung überlagert – augmentiert. Dabei werden zwei Anzeigetechnologien unterschieden: Monitorbasierte AR-Displays und „See-Through“ AR-Displays (Milgram et al. 1995). Erstere werden auch als Window to the World bezeichnet. Aktuelle Smartphones sind ein prominenter Vertreter dieser Technologie. Sie ermöglichen es virtuelle Inhalte auf das Kamerabild zu augmentieren (Abbildung 2).

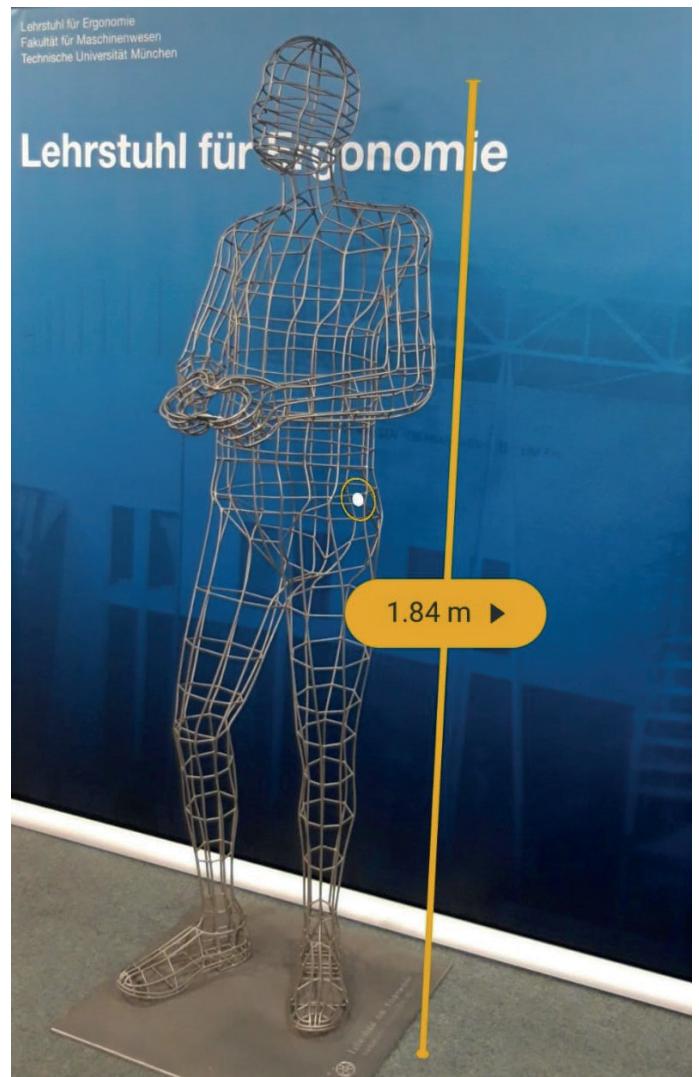


Abbildung 2: Smartphone-Anwendungen wie das hier abgebildete virtuelle Maßband nutzen Augmented Reality, um virtuelle Inhalte auf dem Kamerabild einzublenden.

„See-Through“ AR-Displays beschreiben meist kopfgetragene Systeme. Der Nutzer sieht die reale Umgebung. Zusätzlich werden virtuelle Inhalte mittels Reflektionen auf das Auge projiziert, um Hologramme zu erzeugen. Jedoch limitieren technische Faktoren das maximal darstellbare Sichtfeld auf einen Bruchteil des menschlich wahrnehmbaren Sichtfeldes. Mit Hinblick auf die bereits erwähnten Anwendungsfelder (Untersuchungen von menschlichen Verhalten im Straßenverkehr), eignet sich diese Technologie aktuell nur bedingt.

Eine Möglichkeit diese Limitation zu umgehen stellt „Video Pass-Through“ dar. Anstelle der unmittelbaren realen Umgebung, wird ein Video-Stream von dieser präsentiert. Durch die Kombination von Stereo-Kameras und Virtual Reality Headsets ist es somit möglich virtuelle Inhalte auf einem Live-Video-Stream der realen Umgebung zu präsentieren und dadurch das größere Sichtfeld der VR-Brillen zu nutzen.

Im Rahmen des Forschungsprojekts PedSiVal (Deutsche Forschungsgemeinschaft, Projektnummer 317326196 Cross-Platform Validation of Pedestrian Simulators) wurden bereits Daten für eine VR-Real Vergleich erhoben (siehe Ergonomie Aktuell 2019). Innerhalb des Versuchs passierten zwei Fahrzeuge den Probanden mit einer Lücke von 1-5 Sekunden. Die Probanden hatten die Aufgabe diese Lücken dahingehend zu bewerten, ob eine sichere Querung der Straße für sie möglich sei. Neben den beiden Bedingungen VR und Real, wurde dieser Versuch zudem in AR repliziert (Maruhn et al. in Press). Abbildung 3 zeigt eine Gegenüberstellung der drei Bedingungen.

Ein genauerer Vergleich der erhobenen Daten in den drei Bedingungen steht noch aus. Jedoch scheint AR neben VR ein vielversprechendes Forschungstool im Bereich der Ergonomie zu sein. Dabei kommen vor allem einige Vorteile im Vergleich zu VR zum Tragen: es muss keine virtuelle Umgebung erschaffen werden. Lediglich die Objekte von Interesse müssen virtuell nachmodelliert werden. Bei VR-Anwendungen ist es zwar durch zusätzliches Tracking von Körperteilen möglich, ein virtuelles Körperabbild

in Form eines Avatars zu schaffen, bei der Nutzung von AR können die Teilnehmer jedoch ihren eigenen Körper unmittelbar sehen. Zusätzlich lässt sich eine höhere Immersion vermuten, da sich die Probanden nicht in einem Labor, sondern in der realen Umgebung befinden.



Abbildung 3 Oben: Reales Fahrzeug auf dem Testtrack Campusparkplatz Garching. Mitte: Virtuelles Fahrzeug augmentiert auf realer Umgebung via „Video Pass-Through“ (Screenshot aus Darstellung im Headset). Unten: virtueller Parkplatzumgebung mit virtuellem Fahrzeug in der VR Bedingung.

Diese Aspekte bringen jedoch wiederum einige neue Herausforderungen mit sich. So muss zunächst eine geeignete reale Umgebung gefunden werden. Befinden sich virtuelle Objekte hinter realen stellt die Okklusion derzeit noch eine technische Herausforderung dar.

Zusammenfassend lässt sich AR als neue Methodik auf dem Reality-Virtuality Kontinuum einordnen. Zukünftige Studien werden zeigen, welche dieser Methoden sich für welche Forschungsfragen am besten eignet.

## Literatur

de Clercq, K., Dietrich, A., Núñez Velasco, J. P., de Winter, J., & Happee, R. (2019). External Human-Machine Interfaces on Automated Vehicles: Effects on Pedestrian Crossing Decisions. *Human Factors*, 61(8), 1353–1370. <https://doi.org/10.1177/0018720819836343>

P. Maruhn, A. Dietrich, L. Prasch, & S. Schneider (2020). Analyzing Pedestrian Behavior in Augmented Reality – Proof of Concept. In 2020 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR).

Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A., & Kishino, F. (1995, December). Augmented reality: A class of displays on the reality- virtuality continuum. In *Telemanipulator and telepresence technologies* (Vol. 2351, pp. 282–293). International Society for Optics and Photonics.

Rettenmaier, M., Pietsch, M., Schmidtler, J., & Bengler, K. (2019). Passing through the Bottleneck - The Potential of External Human-Machine Interfaces. In *Proceedings of the IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV) 2019* (pp. 1687–1692). IEEE Xplore Digital Library.

Schneider, S. & Bengler, K. (2020). Virtually the same? Analysing pedestrian behaviour by means of virtual reality. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 68, 231 - 256.

# From HMI to HMIs: Towards an HMI Framework for Automated Driving

Klaus Bengler, Alexander Feierle, Michael Rettenmaier

## Motivation

Die Entwicklung der verschiedenen Fahrzeug-Human-Machine Interfaces (HMIs) ist in unterschiedlichen Abteilungen eines Unternehmens und teilweise auch über verschiedene Unternehmen hinweg angesiedelt. Darüber hinaus konzentrierten sich in der bisherigen Forschung empirische Studien zumeist nur auf einen HMI-Aspekt. Unserer Überzeugung nach ist es entscheidend für eine erfolgreiche Kommunikation und Interaktion die Synchronisierung und die Konsistenz verschiedener HMIs untereinander zu berücksichtigen. Außerdem muss ein HMI im richtigen Kontext und zur richtigen Zeit aktiviert werden, damit die relevanten Informationen erfolgreich vermitteln werden können. Bengler, Rettenmaier, Fritz & Feierle (2020) zielen auf die Einführung eines HMI-Frameworks ab, das für die Koordinierung verschiedener Forschungsarbeiten und Entwicklungsaktivitäten genutzt werden kann. Es berücksichtigt sowohl die unterschiedlichen HMI-Einflussfaktoren als auch die Zusammenhänge zwischen den einzelnen HMI-Typen. Bisherige Ansätze, die verschiedene HMIs im Inneren des Fahrzeugs adressierten (Strömberg, Bligård, & Karlsson, 2019), boten kein ganzheitliches Verständnis von intern und extern kommunizierenden HMI-Lösungen und deren Wechselwirkungen. Die vorgestellten HMI-Typen sind in der Norm ISO/TR 21959 definiert (International Organization for Standardization, 2020). Die Motivation dieses Frameworks entspringt der Ergonomie und stellt keine technische Architektur für die Implementierung von Fahrzeug-HMIs dar.

## HMI Framework

Das HMI-Framework ist in Abbildung 1 dargestellt. Es beschreibt die Wechselwirkung zwischen Einflussfaktoren und den HMI-Typen des automatisierten Fahrzeugs (AV) in einer bestimmten Situation. Die Einflussfaktoren bestehen aus der statischen Infrastruktur, auf der sich alle Verkehrsteilnehmer bewegen, aus dynamischen Elementen, die sich mit der Zeit ändern und aus der Automation mit ihren Eigenschaften und Fähigkeiten. Darüber hinaus er-

gänzen die Adressaten der AV-Kommunikation die dynamischen Elemente des Modells. Der untere Teil des HMI Framework (Abbildung 1) enthält die fünf verschiedenen HMI-Typen, über die das AV mit seinen Interaktionspartnern kommuniziert.

Die unterschiedlichen HMIs sind entsprechend der zugehörigen Kommunikationspartner gruppiert. Die Kommunikation kann dabei entweder intern mit dem/den Passagier(en) des AV oder extern mit anderen Verkehrsteilnehmern, wie Fahrern konventioneller Fahrzeuge, Radfahrern oder Fußgängern erfolgen.

Das dynamic HMI (dHMI) ist sowohl Teil der externen als auch der internen Kommunikation. Es kommuniziert mit dem Fahrgast des AV und mit umgebenden Verkehrsteilnehmern über die konventionelle Fahrdynamik oder über speziell entworfene Fahrtrajektorien. Die Gruppe der intern kommunizierenden HMIs wird neben dem dHMI durch das vehicle HMI (vHMI), das infotainment HMI (iHMI) und das automation HMI (aHMI) ergänzt. Das vHMI gibt Informationen über den Fahrzeugzustand wieder, während das iHMI zusätzliche Schnittstellen für fahrfremde Tätigkeiten bietet. Das aHMI umfasst die Übermittlung aller relevanten Informationen über den Systemstatus der Automation sowie über die aktuellen und zukünftigen Aktivitäten des Automationssystems. Das external HMI (eHMI) ist Teil der externen Kommunikation und kommuniziert mit umgebenden Verkehrsteilnehmer unter anderem über Anzeigen auf der Fahrzeugaußenhaut.

Das Framework ist als Kreislauf aufgebaut. Die Einflussfaktoren wirken sich auf die Auswahl und den Inhalt der HMI-Typen aus. Die Kommunikation des AV beeinflusst daraufhin das Verhalten der Adressaten und wirkt sich somit letztlich auf die Interaktion zwischen dem AV und seiner Umgebung aus. Darüber hinaus ändern sich während der Fahrt die statische Infrastruktur, die dynamischen Elemente sowie die Fähigkeiten des Automationssystems, was wiederum die Auswahl der HMI-Typen und deren Inhalt beeinflusst.

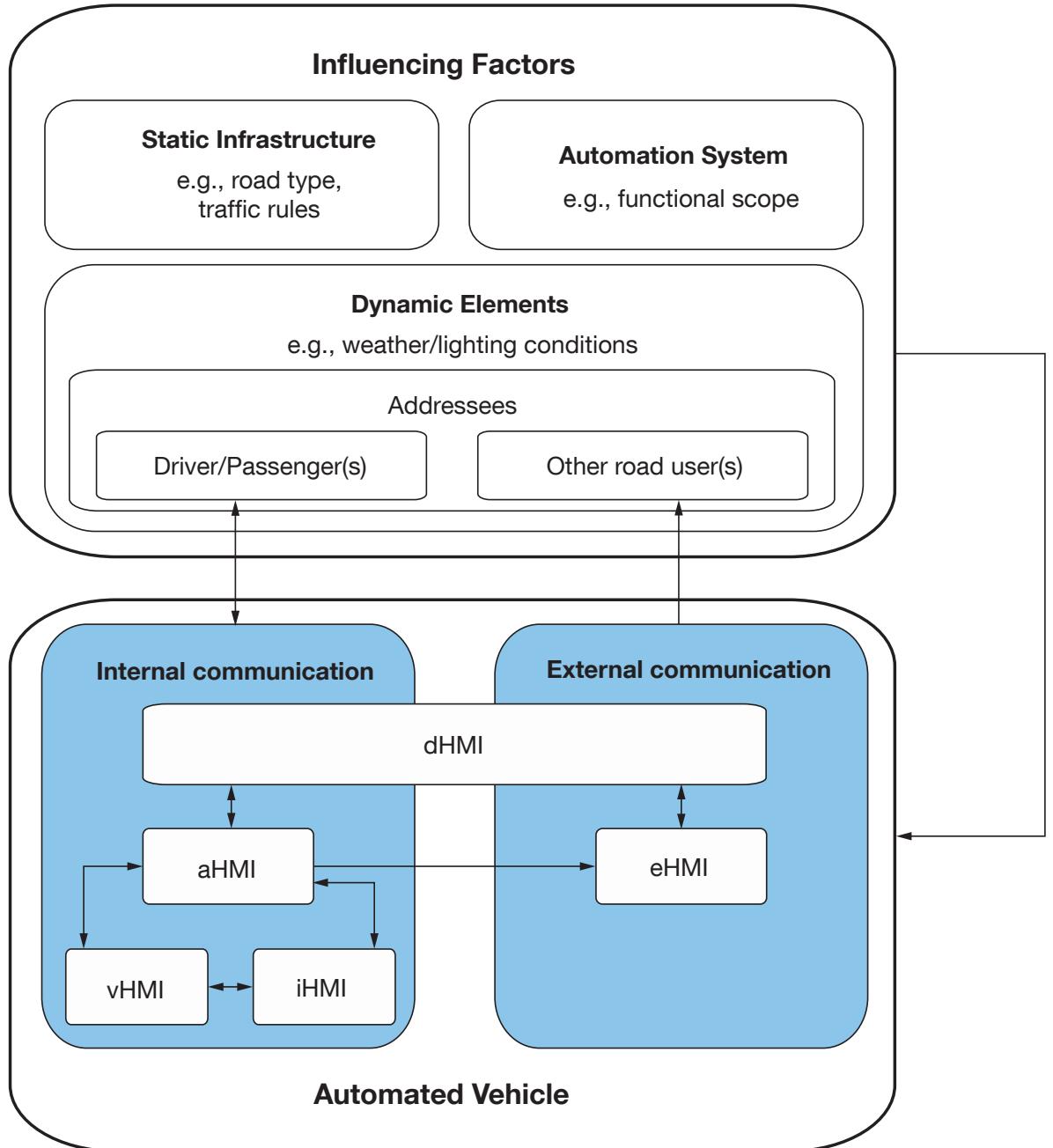


Abbildung 1: HMI-Framework bestehend aus Faktoren, die die Ausprägung und die Auswahl der HMI Elemente beeinflussen (oberer Teil des Modells) und aus den verschiedenen HMI Typen selbst (unterer Teil des Modells) nach Bengler, Rettenmaier, Fritz und Feierle (2020).

Neben der Beeinflussung durch externe Einflussfaktoren wirken die unterschiedlichen HMIs wechselseitig. Die internen HMI Typen konkurrieren beispielsweise um Anzeigefläche im Fahrzeuginnenraum.

Außerdem muss die Nachricht des AVs konsistent über die unterschiedlichen HMIs kommuniziert und die chronologische Abstimmung und die zeitliche Planung abgestimmt werden.

## Ausblick

Aufgrund der beschriebenen Einflüsse auf die HMI-Auswahl und deren Inhalte ist eine ganzheitliche Betrachtung interner und externer Kommunikationsstrategien unerlässlich. Zukünftig sollte unter anderem ein Fokus auf die zeitliche Abstimmung und die Synchronisierung der unterschiedlichen HMIs gelegt werden. Darüber hinaus ist es notwendig komplexe Szenarien zu untersuchen, in denen AVs über verschiedene HMI-Typen kommunizieren und bei denen mindestens eine Kommunikation ausfällt die wiederum die Kommunikation der anderen HMI-Typen beeinflusst. Eine detaillierte Vorstellung des HMI-Frameworks findet sich in Bengler, Rettenmaier, Fritz und Feierle (2020).

## Literatur

- Bengler, K., Rettenmaier, M., Fritz, N., & Feierle, A. (2020). From HMI to HMIs: Towards an HMI Framework for Automated Driving. *Information*. Advance online publication. <https://doi.org/10.3390/info11020061>
- International Organization for Standardization (2020). Road Vehicles: Human Performance and State in the Context of Automated Driving: Part 2 – Considerations in designing experiments to investigate transition processes. (ISO/TR, 21959).
- Strömberg, H., Bligård, L.-O., & Karlsson, M. (2019). HMI of Autonomous Vehicles - More Than Meets the Eye, 823, 359–368. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-96074-6\\_39](https://doi.org/10.1007/978-3-319-96074-6_39)

# Digital Ergonomics – Das neue Seminar am Lehrstuhl für Ergonomie

Verena Knott

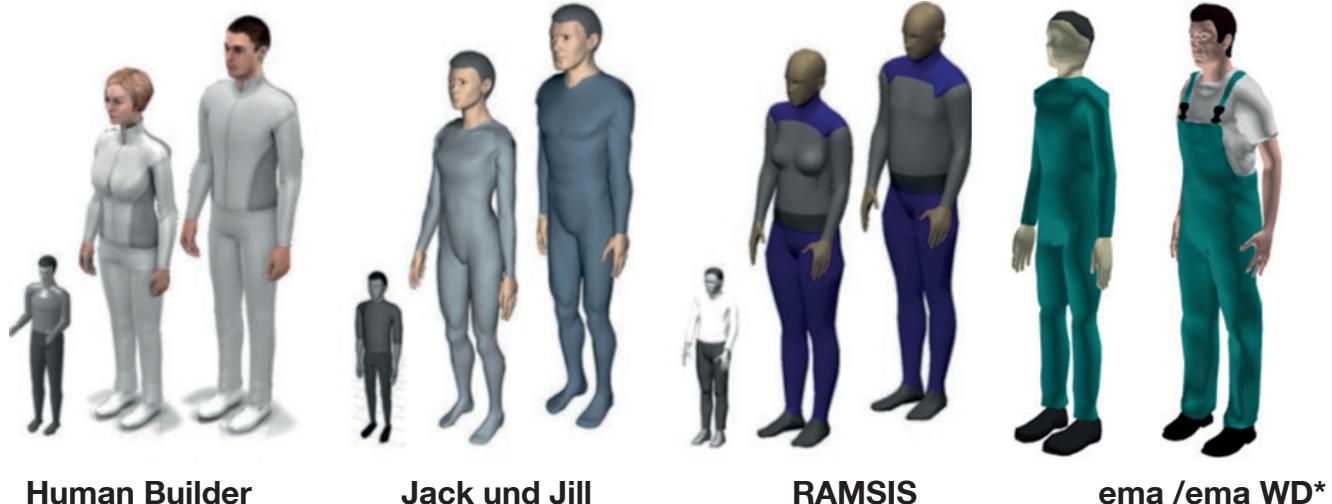


Abbildung 1: Arbeitswissenschaftliche digitale Menschmodelle; links: Human Builder (V6, Dassault Systèmes); mittig links: Jack (Siemens PLM); mittig rechts RAMSIS (NextGen, Human Solutions GmbH) (Bullinger-Hoffmann & Mühlstedt, 2016); rechts: ema bzw. ema WD\* verfügbar ab Mitte 2020 (imk automotive GmbH, 2020)

Die Digitalisierung der Arbeitswelt in derzeit allgegenwärtig und um die Studierenden der Studiengänge Maschinenwesen sowie Human Factors Engineering der Technischen Universität München bestmöglich auf ihr zukünftiges Arbeitsleben vorzubereiten, ist es sinnvoll, sie bereits während des Studiums mit den späteren Handwerkszeugen vertraut zu machen.

## Virtuelle Ergonomie als Teilgebiet der Ergonomie

Nach der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA, 2013) sowie Mühlstedt (2016) können unter den Begriffen „Digitale Ergonomie“ oder „Virtuelle Ergonomie“ rechnergestützte Methoden oder auch (Software-)Werkzeuge verstanden werden, die im Rahmen des Produktentstehungs- und Produktherstellungsprozesses zur ergonomischen Gestaltung von Produkten, Prozessen und Arbeitssystemen eingesetzt werden. Einen wesentlichen Bestandteil der virtuellen Ergonomie bilden die arbeitswissenschaftlichen digitalen Menschmodelle als Teil von CAx-Systemen, die über unterschiedliche anthropometrische Variablen (z.B. Geschlecht, Perzentil, Alter, Proportionen) charakterisiert werden

können und modellhaft geometrische Eigenschaften des Menschen abbilden (Mühlstedt, 2016). Ziel der Systeme ist es, verschiedene Szenarien und ergonomische Sachverhalte im Rahmen einer frühzeitigen Analyse zu visualisieren und Ergebnisse zu Erreichbarkeit und Sichtverhältnisse zu generieren. Weitere Analysefunktionen wie Untersuchungen zum Diskomfort, der Lastenhandhabung, zur Haltung oder Ermüdung bieten zusätzliche Möglichkeiten der ergonomischen Gestaltung und Auswertung. RAMSIS (Human Solutions GmbH), Jack und Jill (Siemens PLM) und Human Builder (Dassault Systèmes) sind die arbeitswissenschaftlichen Menschmodelle mit weitester Verbreitung (siehe Abbildung 1, Mühlstedt, 2016).

## Die Software ema Work Designer

Neben diesen Modellen existieren weitere Modelle mit Fokussierung auf spezielle Funktionen, die für besondere – beispielsweise biomechanische – Fragestellungen angewendet werden können. Der Editor menschlicher Arbeit (ema) bzw. ema Work Designer (WD) der imk automotive GmbH als eigenständige Software ermöglicht eine prozessbausteinbasierte

Bewegungssimulation zur Planung, Gestaltung und Optimierung von Arbeitsabläufen (Leidholdt, Fritzsche & Bauer, 2016). Abbildung 2 zeigt verschiedene Szenarien.

Die grafische Modellierung mithilfe der Software ema Work Designer kann über zeitwirtschaftliche und ergonomische Bewertungen ergänzt werden,

wobei für Letztere das Verfahren „Ergonomic Assembly Worksheet (EAWS)“ in der Software ema Work Designer implementiert ist (vgl. Schaub, Caragnano, Britzke, Bruder, 2012). Das Screening-Tool EAWS ermöglicht im Rahmen von vier Sektionen die ergonomische Bewertung von statischen Haltungen, Aktionskräften, Lastenhandhabungen und repetitiven Tätigkeiten in Bezug auf taktgebundene

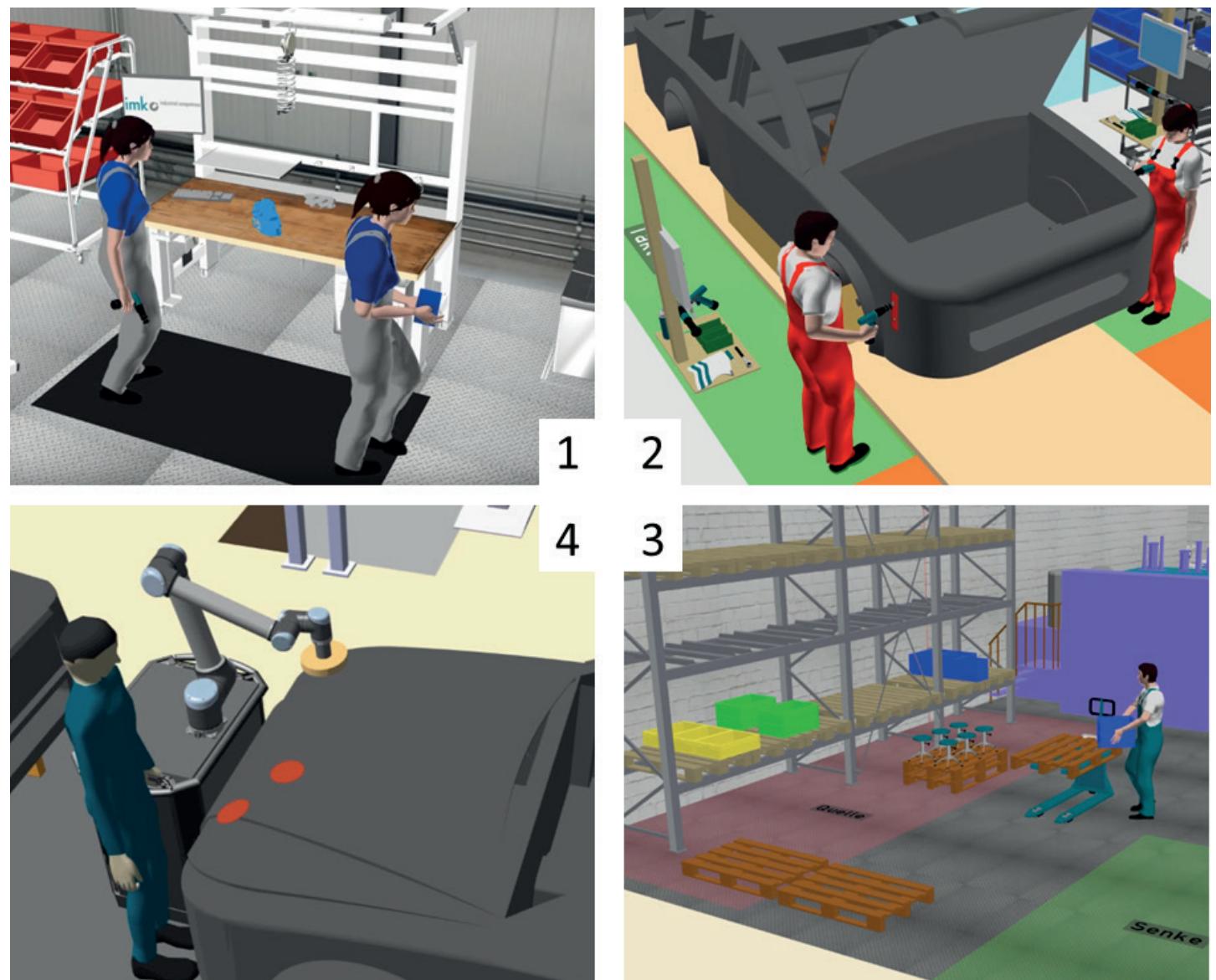


Abbildung 2: Vielfalt an Szenarien; 1 Montagearbeitsplatz mit Integration von Motion Capture Daten in ema; 2: Arbeitsprozesse der Fahrzeugendmontage; 3: Kommissionierung in der Logistik; 4: Mensch-Roboter-Kollaboration am Beispiel eines Polierprozesses im Fahrzeugbau (imk automotive GmbH, 2017, 2019)

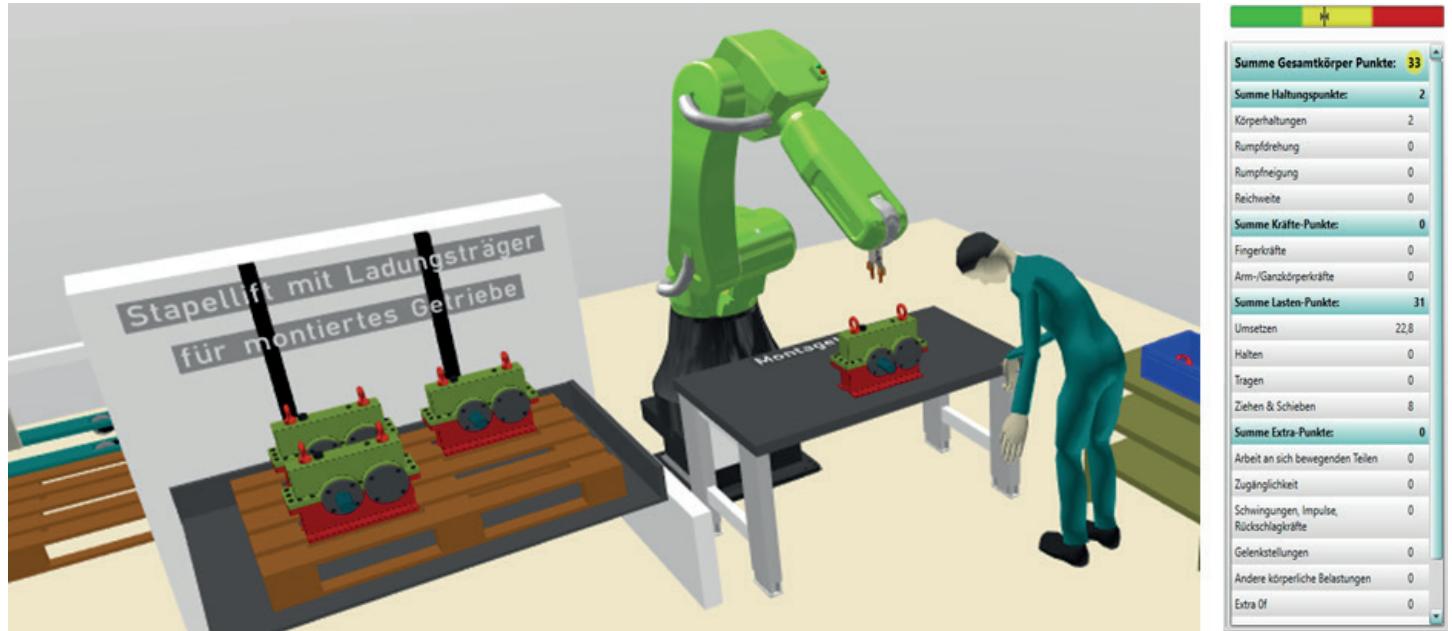


Abbildung 3: Anwendungsbeispiel des Seminars – Getriebemontage mit Anzeige der EAWS-Bewertung

Tätigkeiten. Als Ergebnis resultiert ein Punktwert sowie eine Ampel-Einstufung in drei Risikobereiche (Mühlstedt, 2016).

## Aufbau der Lehrveranstaltung

Neben dem seit vielen Jahren etablierten RAMSIS-Praktikum wird ab Sommersemester 2020 nun auch das Seminar Digital Ergonomics am Lehrstuhl für Ergonomie angeboten, das insbesondere das Menschmodell ema Work Designer der imk automotive GmbH nutzt. Am Beispiel der Getriebemontage erlernen die Studierenden in diesem Modul die virtuelle Planung, Gestaltung und Optimierung von Arbeitsprozessen, Arbeitsplätzen und Produkten in Bezug auf eine ergonomische Auslegung. Dazu werden im ersten Teil (Theorie) zunächst in Bezug auf Arbeitsplätze allgemeine Informationen zur Auslegung und Optimierung von Arbeitsplätzen gegeben. Des Weiteren werden Tools wie LMM, MTM und EAWS vorgestellt und deren Grundlagen, Vor- und Nachteile für den Einsatz besprochen. Ein Überblick zu digitalen Menschmodellen wird ebenso wie Empfehlungen für unterschiedliche Fragestellungen gegeben. Der zweite Teil (Praxis) befasst sich mit der praktischen An-

wendung der Software ema Work Designer. Das semesterbegleitende Seminar gliedert sich in folgende sieben Einheiten, wobei zahlreiche Übungsaufgaben zur Getriebemontage das Erlernen unterstützen. Abbildung 3 veranschaulicht das Beispiel des Seminars.

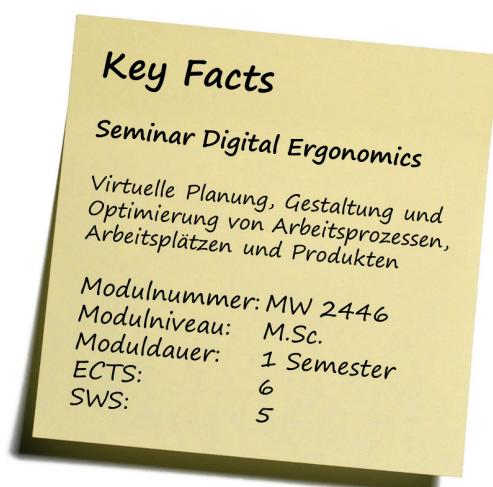
- Einheit 0: Grundlagen – Einführung in die Ergonomie und ergonomische Gestaltung
- Einheit 1: Digitale Menschmodellierung und Vorstellung von Modellen
- Einheit 2: ema Work Designer – Einführung, Workflow, Benutzeroberfläche, Tutorial
- Einheit 3: Erstellung eines Arbeitsprozesses und notwendiger Verrichtungen
- Einheit 4: Ergonomieanalyse zur Analyse und Optimierung, Zeitanalyse
- Einheit 5: MRK – Planung und Bewertung von Mensch-Roboter-Interaktionen
- Einheit 6: Vorstellung weiterer Szenarien (z.B. Automobil, Logistik, Komplexverrichtung)

Ein Webinar unterstützt die Wiederholung des Erlernten und im Rahmen einer Projektarbeit wird die Software eigenständig angewendet, indem Optimierungsmaßnahmen des Arbeitsplatzes entworfen und über EAWS bewertet werden. Die Zusammenfassung der Ergebnisse der Projektarbeit erfolgt in einer kurzen wissenschaftlichen Publikation (Hausarbeit).

## Ziele und Lernergebnisse der Veranstaltung

Nach der Teilnahme an der Lehrveranstaltung sind die Studierenden in der Lage mit den vorgestellten Theorie- und Praxisinhalten

- die Grundlagen zur ergonomischen Arbeitsplatzgestaltung und -bewertung sowie die Anwendung von digitalen Menschmodellen zu erläutern,
- die Grundlagen der Bedienung der Software ema Work Designer zu beherrschen,
- die Software ema Work Designer für die ergonomische Arbeitsplatzgestaltung anhand eines Beispiels für spezielle Fragestellungen anzuwenden,
- mithilfe der Software ema Work Designer eine Arbeitsplatzbewertung hinsichtlich MTM und EAWS durchzuführen,
- die erarbeiteten Ergebnisse zu interpretieren.



## Literatur

- BAuA (2013) Digitale Ergonomie 2025. Trends und Strategien für den Einsatz digitaler Menschmodelle" Projekt F 2313. BAuA, Dortmund. [https://www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Berichte/Gd72.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=5](https://www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Berichte/Gd72.pdf?__blob=publicationFile&v=5) [05.02.2020]
- Bullinger-Hoffmann, A.C.; Mühlstedt, J. (2016). Homo Sapiens Digitalis - Virtuelle Ergonomie und digitale Menschmodelle. Berlin: Springer. ISBN 978-3-662-50459-8.
- Leidholdt, W.; Fritzsche, L.; Bauer, S. (2016). Editor menschlicher Arbeit (ema) Kap. 20, S. 355-362. In Bullinger-Hoffmann A.C.; Mühlstedt J. (2016). Homo Sapiens Digitalis - Virtuelle Ergonomie und digitale Menschmodelle. Berlin: Springer. ISBN 978-3-662-50459-8.
- Mühlstedt, J. (2016). Grundlagen virtueller Ergonomie Kap. 2, S. 7-40. In Bullinger-Hoffmann A.C.; Mühlstedt J. (2016). Homo Sapiens Digitalis - Virtuelle Ergonomie und digitale Menschmodelle. Berlin: Springer. ISBN 978-3-662-50459-8.
- Mühlstedt, J. (2016). Digitale Menschmodelle Kap. 4, S. 73-182. In Bullinger-Hoffmann A.C.; Mühlstedt J. (2016). Homo Sapiens Digitalis - Virtuelle Ergonomie und digitale Menschmodelle. Berlin: Springer. ISBN 978-3-662-50459-8.
- Mühlstedt, J. (2016). Virtuelle Ergonomie Kap. 5, S. 183-225. In Bullinger-Hoffmann A.C.; Mühlstedt J. (2016). Homo Sapiens Digitalis - Virtuelle Ergonomie und digitale Menschmodelle. Berlin: Springer. ISBN 978-3-662-50459-8.
- Schaub, K.; Caragnano, G.; Britzke, B.; Bruder, R. (2012): The European Assembly Worksheet. Theoretical Issues in Ergonomics Science. DOI:10.1080/1463922X.2012.678283. 2012. S. 2-5.
- Schlick, C.; Bruder, R.; Luczak, H. (2010). Arbeitswissenschaft. Springer-Verlag. Berlin Heidelberg. ISBN 978-3-540-78333-6.

# Moralgeleitete Untersuchung zukünftiger Technologien – Neue Lehrveranstaltung im Rahmen der Exzellenzstrategie vermittelt ethische Grundsätze zu Probandenstudien

Christian Lehsing

Ab dem Sommersemester 2020 haben die Studierenden der TU München die Gelegenheit, den klassischen, eher technikintensiven, Lehrplan um eine weitere philosophische Facette im Sinn der Exzellenzinitiative zu erweitern. Denn: Viele neu entwickelte Verfahren oder technische Systeme sind auf die Interaktion mit dem Menschen angewiesen oder sogar eigens darauf ausgelegt. Um hier ein sicheres, intuitives und einwandfreies Ausführen oder Bedienen zu gewährleisten, werden in unterschiedlichsten wissenschaftlichen Disziplinen Probandenstudien durchgeführt. Menschen kommen hierbei, je nach Entwicklungsstand, mit mehr oder weniger ausgereiften Prototypen in Kontakt und generieren bei der Auseinandersetzung mit diesen Daten. Dabei sollen die zuletzt genannten Aspekte, der Kontakt mit dem System sowie die dabei gewonnenen Daten, unter möglichst ethischen (Ethik: Gesamtheit sittlicher Normen und Maximen, die einer [verantwortungsbewussten] Einstellung zugrunde liegen (Duden, 2020)) Gesichtspunkten realisiert werden.

Die DFG beispielsweise hat im Bereich von geplanten Studien, die Versuche am Menschen vorsehen, klare Vorstellungen: „Ist die Durchführung von Untersuchungen am Menschen, an identifizierbarem menschlichem Material oder an identifizierbaren Daten geplant, so ist im Grundsatz die Stellungnahme der örtlich zuständigen Ethikkommission erforderlich.“ (DFG, 2020). Dies beinhaltet eine genaue Beschreibung der Studie sowie den Umgang mit den darin gewonnenen Daten im Rahmen eines Ethikantrages. Dieser Antrag wird bei der örtlichen Ethikkommission eingereicht und begutachtet (Votum).

Das geplante Seminar „Ethikanträge für die Mensch-Technik Forschung“ für das der Lehrstuhl für Ergonomie, zusammen mit dem Leiter der Ethikkommission der Technischen Universität München, Prof. Dr. med. Georg Schmidt, verantwortlich zeichnet, greift die oben genannten Themen umfassend auf. Neben den theoretischen Konzepten und Theorien zu Ethik, Moral, Werten, interner/externer Verantwortung, Wissenschafts- und Technikethik wer-

den die SeminarteilnehmerInnen anhand eines realen Fallbeispiels einen Ethikantrag schreiben. Dieser soll dann im Seminar vorgestellt und diskutiert werden. Somit kommt die Arbeitsweise im Seminar der praktischen Tätigkeit beim Einwerben des Ethikvotums sehr nah. Die zukünftigen WissenschaftlerInnen und Ingenieure/Ingenieurinnen werden so auf das an Bedeutung gewinnende Spannungsfeld zwischen Technik und Ethik optimal vorbereitet.

## Literatur

- DFG (2020). FAQ: Informationen aus den Geistes- und Sozialwissenschaften. Wann brauche ich ein Ethikvotum? Abgerufen 05.02.2020, von [https://www.dfg.de/foerderung/faq/geistes\\_sozialwissenschaften/](https://www.dfg.de/foerderung/faq/geistes_sozialwissenschaften/)  
Duden (2020). Ethik, Abgerufen 05.02.2020, von <https://www.duden.de/rechtschreibung/Ethik>

# Interdisziplinäres Projekt X

Caroline Adam, Lorenz Prasch

Die Digitalisierung verändert die Lern- und Arbeitswelt radikal. Um mit der wachsenden Geschwindigkeit der globalen Entwicklungen mithalten zu können, modifizieren Unternehmen ihre Strategien. So setzen sie vermehrt auf agile Arbeitsprozesse, autonome Teams und ein hohes Maß an Interdisziplinarität. Durch die Transformation der Arbeitsprozesse verändern sich auch die Anforderungen an die zukünftigen Beschäftigten – unsere aktuellen Studierenden. Erfahrung mit Projektarbeit sowie mit agilen und kreativen Arbeitsweisen gewinnt immer mehr an Bedeutung.



Abbildung 1. Studierende in der Ideenfindungsphase (© Tobias Hase/TUM)

Im Rahmen der Exzellenzstrategie hat der Lehrstuhl für Ergonomie in Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für Industrial Design und unterstützt durch die BSH Hausgeräte GmbH eine neue Lehrveranstaltung entwickelt, die diesen Anforderungen gerecht werden soll. In einem sechsmonatigen Projektstudium entwickeln Studierende in interdisziplinären Teams, bestehend aus vier bis fünf TeilnehmerInnen unterschiedlicher Fachrichtungen, gemeinsam eine konkrete Lösung für eine zukunftsweisende Themenstellung. Die Themenausgestaltung bleibt hierbei den Studierenden überlassen, es wird lediglich ein übergreifendes Leitmotiv vorgegeben. Im Rahmen einer Auftaktveranstaltung wird zur Themenfindung ein 3-tägiger Design Thinking Sprint durchgeführt. Design Thinking ist eine agile Innovationsmethode zur systematischen, menschzentrierten und kreativen Problemlösung für komplexe Fragestellungen.



Abbildung 2. Prototyping (© Tobias Hase/TUM)

In einem iterativen Entwicklungsprozess über das gesamte Semester wird das Thema weiter ausgearbeitet und konkrete prototypische Lösungen werden über mehrere Schleifen mit den zentralen Bausteinen Explore – Ideate – Prototype – Evaluate entwickelt, stets mit dem Menschen im Mittelpunkt (siehe Abbildung 3). Abschließend werden die entwickelten Lösungen vor Publikum präsentiert.

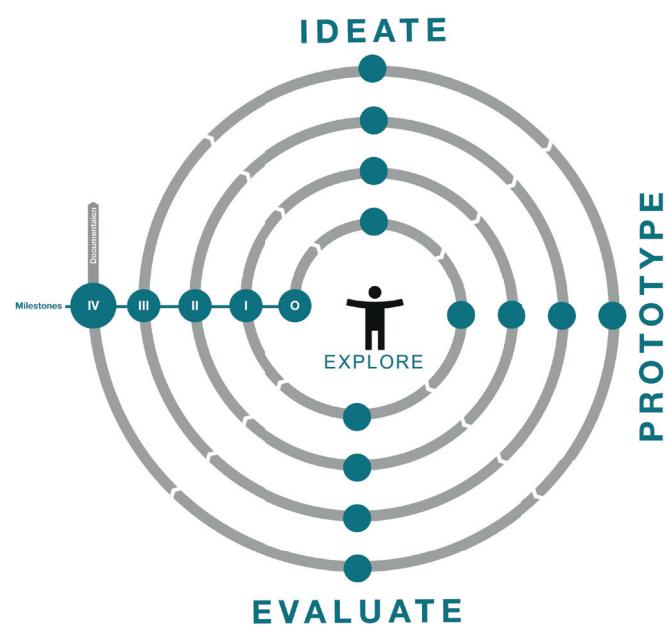


Abbildung 3. Iterativer Prozess und Milestones (Prasch, 2020, eigene Darstellung)

Begleitet werden die Teams im Verlauf der Projektarbeit von einem/einer MentorIn (DoktorandInnen, Postdocs oder ProfessorInnen) und in mehreren fakultativen Lehrveranstaltungsterminen werden die notwendigen Grundlagen menschzentrierter Gestaltung, besonders im Hinblick auf Methoden und Tools für die drei zentralen Bausteine, vorgestellt. Zentrales Thema der Veranstaltung ist das menschzentrierte Vorgehen. Studierende erfahren die Potentiale und Risiken, die die Bearbeitung einer komplexen Fragestellung in einem interdisziplinären Team mit sich bringen und orientieren sich an den drei Maximen:

- Is it new?
- Is it true?
- Does it matter?



Abbildung 4. Evaluation einer Projektidee (© Tobias Hase/TUM)

# Digitale Lehrangebote am Lehrstuhl für Ergonomie

Verena Knott

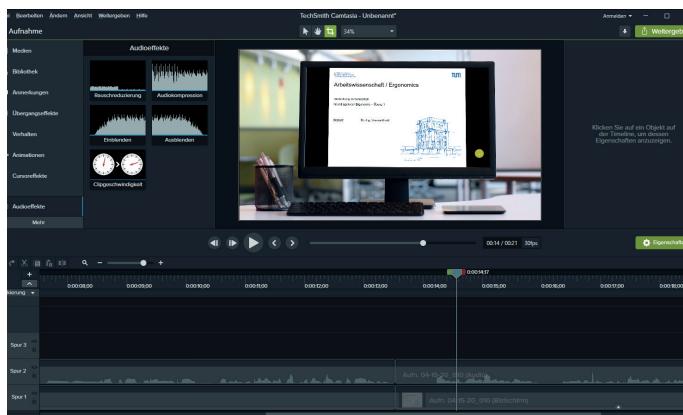


Abbildung 1: Screen der Aufzeichnungssoftware Camtasia 2019 (TechSmith Corporation)

Um den Studierenden in Zeiten dynamischer Entwicklungen wie im diesem Jahr interessante ergonomische Lehrinhalte dennoch zur Verfügung zu stellen, startete der Lehrstuhl für Ergonomie der Technischen Universität München mit dem Sommersemester 2020 mit einer Reihe von digitalen Lehrangeboten. Da zu Beginn des Sommersemesters im April 2020 eine Präsenzlehre im Hörsaal, Seminarraum oder auch im Labor aufgrund der gegebenen Umstände in weiter Ferne stand, hat der Lehrstuhl die Chance genutzt, Änderungen in der Arbeitsweise, aber auch in der Umsetzung von Lehrformaten vorzunehmen.

Mithilfe von zahlreichen Tools, die derzeit am Markt verfügbar sind, war es den Dozentinnen und Dozenten des Lehrstuhls unter anderem auch mit der Unterstützung und Tipps von ProLehre möglich, den vorherrschenden Präsenzeinschränkungen erfolgreich entgegenzuwirken. Über die Nutzung elektronischer Arbeitsmethoden konnten synchrone und asynchrone Lehrformate gefüllt mit Videosequenzen, Chats und Quizzes dazu beitragen, die erforderliche räumliche Distanz zwischen Lehrenden und Studierenden zu umgehen und auch Studierenden aus dem fernen In- und Ausland eine Teilnahme an den Veranstaltungen des Lehrstuhls ermöglichen.

Während die Vorlesungen überwiegend asynchron angeboten wurden und den Studierenden dazu eine Videoaufzeichnung, die über die Software Camtasia

2019 (TechSmith Corporation) aufgenommen wurde, zur Verfügung gestellt wurde, stand in den Übungen und Seminaren die synchrone Interaktion im Vordergrund. Moodle oder Zoom (Zoom Video Communications, Inc.) und Panopto (Panopto EMEA) bieten hierfür hervorragende Möglichkeiten, die in die Lehre des Lehrstuhls eingebunden werden konnten. Des Weiteren konnte der Lehrstuhl ein MOOC (Massive Open Online Course) zum Thema Interaction Prototyping anbieten.



Abbildung 2: Logo Make Your Own App (Lehrstuhl für Ergonomie, TUM)

## Digitale Lehrangebote für die Studiengänge im Maschinenwesen sowie den Studiengang Human Factors Engineering

- Arbeitswissenschaft/ Ergonomics
- Blockübung Arbeitswissenschaft
- Produktergonomie
- Produktergonomie Übung
- Versuchsplanung und Statistik 1
- Versuchsplanung und Statistik 1 Übung
- Menschliche Zuverlässigkeit
- Menschliche Zuverlässigkeit Übung

- Digital Ergonomics
- Methoden der Hochschullehre am Lehrstuhl
- Interaction Programming Block Course (MOOC)
- Interaction Programming Block Course Übung
- Interdisziplinäres Projekt X
- Ergonomisches Seminar
- Masterandenseminar
- Virtual Reality in Human Factors Research

### **Digitale Lehrangebote für die Studiengänge des Lehramts**

- Berufsbildungs- und Arbeitsrecht
- Fachdidaktik Arbeitslehre
- Wirtschafts- und Sozialkundepraktikum
- Modul Basisqualifikation Berufsorientierung

# Professur für Sportgeräte und -materialien:

## Mehr Sicherheit dank verbesserter Schutzausrüstung

Veit Senner, Aljoscha Hermann

### Notwendigkeit für einen Paradigmenwechsel

Beim alpinen Skisport ist besonders das Knie von Verletzungen betroffen. In der Skisaison 2016-2017 haben etwa 13.500 deutsche Skifahrer eine Knieverletzung erlitten. Neben dem Leid der Verletzten selbst, ziehen Knieverletzungen auch erhebliche wirtschaftliche Kosten für Operationen, Rehabilitationen, Arbeitsausfälle und mögliche Folgeerkrankungen nach sich.

Aktuell auf dem Markt befindliche Skibindungen sind offensichtlich nicht in der Lage das Bein ausreichend vor den Überlastungen zu schützen, wie sie beim Skifahren auftreten können. Auf Grundlage langjähriger Forschung sind wir zur Überzeugung gelangt, dass die klassischen, rein mechanischen Skibindungen den Sicherheitsanforderungen alpinen Skisports nicht gerecht werden können. Deshalb ist es an der Zeit, sich von diesen Konzepten zu lösen und sich stattdessen der Entwicklung mechatronischer Skibindungen zu widmen.



Abbildung 1: Feldstudie am Stilfser Joch

Ende Juli 2019 erhielt die Professur für Sportgeräte und -materialien die Förderzusage der Bayerischen Forschungsstiftung (BFS) für ein ehrgeiziges Forschungsprojekt (AZ-1375-19). Das Ziel des aus sechs Firmen und der Professur bestehenden Forschungs-

konsortiums ist, eine solche mechatronische Skibindung zu entwickeln. In dem neuen Konzept werden die Messdaten unterschiedlicher Sensortypen im Ski, der Bindung und auch in der Kleidung fusioniert. Die Sensoren messen kontinuierlich die Geschwindigkeit des Skifahrers, die Kniewinkel, die Kräfte, welche auf den Fuß des Fahrers wirken, sowie die Aktivität der wichtigsten Muskelgruppen des Beins. Anhand dieser Daten berechnet ein Algorithmus in Echtzeit die Verletzungswahrscheinlichkeit des Skifahrers. Die Bindung reagiert durch Anpassen der Auslöseschwelle oder bei akuter Verletzungsgefahr durch Auslösen der Skibindung.



Abbildung 2: Skifahrer mit Markern für die 3D-Bewegungsanalyse

Jedes der sechs an diesem Projekt beteiligten Unternehmen steuert wesentliches technisches Knowhow bei. Erst dadurch wird die Realisierung des Projekts möglich. Der Professur fällt in diesem Konsortium die Aufgabe zu, Verletzungsmechanismen des Knie zu erforschen, einen Algorithmus für die Steuerung der Bindung zu entwickeln und die erforderlichen Felddaten zu sammeln. Die Validierung der entwickelten Systemvarianten fällt ebenfalls in den Aufgabenbereich der Professur.

# Optimierte Sportausrüstung für eine bessere Leistung

Bahador Keshvari, Valentin Wohlgut

## Entwicklung eines biologisch abbaubaren Hybridsportrasen mit optimalem biomechanischen Belastungsprofil

Hybridrasen - dieses Schlagwort fällt in letzter Zeit immer wieder im Zusammenhang mit Stadionrasen in der Fußballbundesliga, der Weltmeisterschaft und der Europameisterschaft.

Hybridrasen ist der Begriff für natürliche Rasensportplätze, die mit künstlichen Fasern verstärkt werden. Auf diese Weise sollen die Spieleigenschaften von natürlichem Rasen mit der Robustheit und Widerstandsfähigkeit von Kunstrasen kombiniert werden. Die Weltspitze der Fußballvereine setzt bereits auf die moderne Alternative zu natürlichem Rasen. Von den zehn Top-Vereinen haben acht ihre Stadien bereits mit dem verstärkten Naturrasen ausgestattet und die Zahl der Stadien und Trainingsplätze mit Hybridrasen nimmt kontinuierlich zu.

Dennoch hat der derzeit verfügbare Hybridrasen mehrere Nachteile. Für ein Fußballfeld werden zwischen zehn und 100 Tonnen Kunststoff verarbeitet. Bei Umbaumaßnahmen muss der mit Plastik verunreinigte Boden entsorgt werden. Dadurch gelangt das Plastik in Form von Mikroplastik in die Umwelt. Darüber hinaus scheint der Anteil berührungsloser Verletzungen bei der Verwendung von Hybridrasen zuzunehmen und Fußballspieler klagen über mangelnde Elastizität und eine zu feste Rasenoberfläche.

Im Rahmen eines im Oktober gestarteten F&E-Projekts - finanziert durch das zentrale Innovationsprogramm Mittelstand des BMWi - beteiligt sich die Professur für Sportgeräte und -materialien an der Entwicklung eines neuen Hybridrasensystems. Das Projekt ist eine Kollaboration zwischen unserem Institut, dem OEM EuroSportsTurf GmbH, der TUM-Professur für Biopolymere in Straubing (Prof. Zollfrank) und zwei weiteren Industrie- und Forschungspartnern.

Ziel des Projekts ist die Entwicklung eines Biopolymers, das mit einem neuartigen Injektionsgerät in bestehenden Sportrasenbelag injiziert werden kann.

Ein wurzelähnliches Biopolymernetz soll die bodenstabilisierende Wirkung echter Wurzeln imitieren.

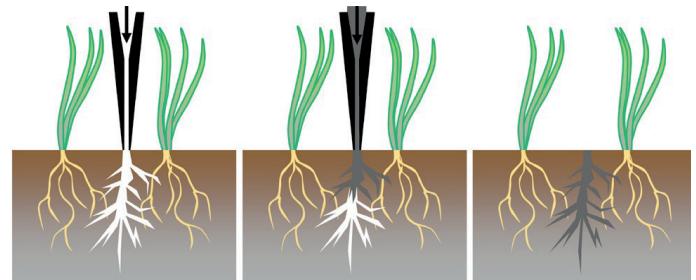


Abbildung 1: von links nach rechts: Generierung von Luftporen im Rasen, Injektion von flüssigem Biopolymer, Aushärten und Stabilisierung des Polymers

Für die biomechanische Optimierung der Prototypen soll in diesem Projekt die Interaktion zwischen Spieler und Hybridrasen genauer untersucht werden. Hierfür wurden schon erste Feldmessungen und Tests mit dem TUM TrackTester durchgeführt. Die so erfassten Daten werden im weiteren Projektverlauf als Input für Mehrkörpersimulationen von Fußballspielern dienen.



Abbildung 2: Mechanisches Fußmodell des TUM-TrackTesters

Um auch die tieferen Schichten des Bodens zu berücksichtigen, ist die Professur zudem eine Kooperation mit dem Lehrstuhl und Prüfamt für Grundbau, Bodenmechanik, Felsmechanik und Tunnelbau (Prof. Cudmani) eingegangen.

# Gesundheit, Wellness und mehr Spaß dank technischer Unterstützung

Stefanie Paßler, Philipp Kopp

## Wissenschaftliche Untersuchung von Fitness-Apps

Sport und körperliche Aktivität werden häufig als die "nicht verabreichte Präventivmedizin" betrachtet. Jeder Mensch ist selbst für seine körperliche Aktivität und sein Wohlbefinden verantwortlich. Damit wird das "Selbstmanagement der Gesundheit" betont. Oft fehlt es jedoch an einer langfristigen Motivation, sich regelmäßig zu bewegen. Mobile Fitness-Applikationen (MFA) für Sport und körperliche Bewegung zeigen bereits jetzt ein enormes Potenzial, Menschen motivierend zu unterstützen. Allerdings ist die durchschnittliche Nutzungsdauer solcher Anwendungen vergleichsweise gering. Die Hersteller sind sich dieses Problems inzwischen jedoch bewusst. Ein gemeinsames Forschungsprojekt mit dem Global Player und Sportartikelhersteller PUMA SE zielt auf die Untersuchung eben jener Problematik und der Evaluation der firmeneigenen MFA "PUMA TRAC" ab.

In einem ersten Schritt wurden mit Hilfe einer Kano-Analyse (N= 117) relevante Designvariablen für die App untersucht und dabei 25 mögliche Merkmale identifiziert. Die Ergebnisse identifizierten zwei Begeisterungs-Merkmale, jedoch nur ein Basis-Merkmal (siehe Abbildung 1) auf. Leistungsbezogene App-Funktionen (z.B. individuelle Trainingspläne oder Videodemonstrationen für das Training) schnitten tendenziell besser ab als sozialbezogene Funktionen wie beispielsweise das Teilen von Trainingsinformationen in sozialen Netzwerken. Diese Ergebnisse geben daher einen ersten Einblick in die Motive der Benutzer.

In einem zweiten Schritt sollte herausgefunden werden, ob eine MFA, die speziell auf die individuelle implizite und explizite Motivdisposition der Nutzer ausgerichtet ist, in der Lage ist, das langfristige Nutzungsverhalten zu beeinflussen. Dafür wurden zwei differenzierte MFAs untersucht. Zum einen die existierende PUMA TRAC App und zum anderen ein Prototyp einer am SpGM entwickelten Fitness-Applikation, die speziell auf die impliziten sowie expliziten Leistungsmotive der Benutzer ausgerichtet wa-

ren. Die impliziten bzw. unbewussten Motive wurden unter Verwendung eines etablierten semiprojektiven Verfahrens (hier: Multi-Motiv-Gitter; MMG) erhoben. Die expliziten bzw. rationalen Motive wurden mittels der Unified Motive Scales quantifiziert. Eine Regressionsanalyse sollte die Frage klären, ob sowohl das implizite als auch das explizite Leistungsmotiv in der Lage ist, die Kontinuität und Dauer der Nutzung einer App vorherzusagen, und ob diese Relation für den Prototyp stärker ist als für die originäre PUMA TRAC App. Die Ergebnisse zeigten keine Beziehung für die PUMA TRAC App ( $p = 0,204$ ), jedoch einen schwachen Zusammenhang für den Prototyp ( $p = 0,057$ ).

Zusammenfassend kann dies als ein Hinweis bezüglich des möglichen Beitrags solcher Motiv-anangepassten MFAs zum "Selbstmanagement der Gesundheit" gesehen werden. Daher sollten MFAs dahingehend verbessert werden, leistungsbezogene Anreize noch stärker zu betonen. Weiterhin wurde angenommen, dass sich diese Ergebnisse auch auf andere Motivdispositionen (hier: Macht und Anschluss) übertragen lassen, so dass auch für Nutzer mit einer hohen Disposition für Anschluss- und Machtmotive Anreize geschaffen werden könnten.

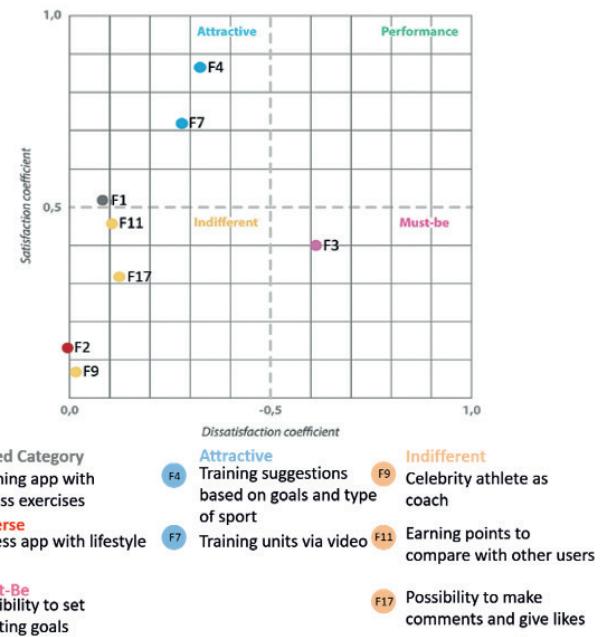


Abbildung 1: Kano-Analyse für MFA „PUMA TRAC“

# Verständnis schaffen für die Wechselwirkung zwischen Athlet, Equipment und Umwelt

Tanja Lerchl

## Neugestaltung des Lehrmoduls 'Digitale Mensch-Modellierung'

Das Verständnis der Wechselwirkung zwischen der Ausrüstung eines Athleten und seiner Umgebung ist nicht nur Thema unserer Forschung. Es ist auch ein wichtiger Teil unserer Lehre. Durch die Einbettung unseres Moduls „Digitale Menschmodellierung“ in den neuen Masterstudiengang „Medizintechnik und Assistenzsysteme“ wurde das Modul komplett neu konzipiert. Seit dem vergangenen Wintersemester (2019-2020) wird in jedem Wintersemester ein Grundlagen-Modul und im Sommersemester ein Vertiefungs-Modul angeboten. Inhaltlich wird der Schwerpunkt weiterhin auf der biomechanischen Modellierung unter Verwendung von Mehrkörper-systemen (MKS) liegen.



Abbildung 1: Beispiel für ein in Simpack erstelltes Mehrkörpermodell

Unter intensiver Betreuung entwickeln die Studierenden eigene Modelle für verschiedene biomechanische Lastfälle und bauen so ein grundlegendes Verständnis für die Mechanik menschlicher Bewegungen auf. Zusätzlich lernen sie, wo sie Daten zu biomechanische Eigenschaften von modellierten Strukturen finden können und welche Schritte notwendig sind, um ihr mathematisches Modell zu va-

lidieren. Am Ende verfügen sie über ein fundiertes Wissen über die Verwendung von Grundelementen des recht anspruchsvollen MKS-Softwarepaket Simpack. Dieses Master-Modul wird neben sämtlichen MW-Masterstudiengängen auch für Studierende im Master-Studiengang Human Factors Engineering (HFE) angeboten.

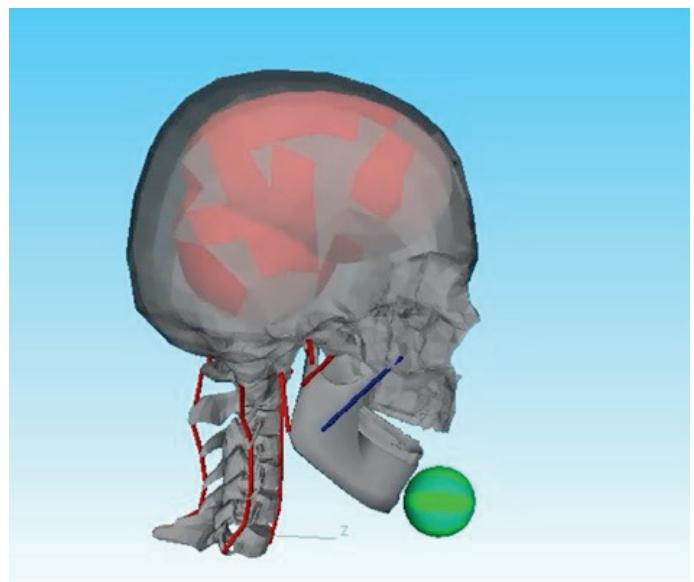


Abbildung 2: Ein von Studenten im Rahmen der Lehrveranstaltung Digitale Mensch-Modellierung entwickeltes Mehrkörpermodell

# Veröffentlichungen von Sommer 2019 bis Sommer 2020

## Lehrstuhl für Ergonomie

2019

Bengler, K., & Bubb, H. (2019). Zuverlässigkeitssaspekte beim Autofahren. In Sträter, O. (Ed.), VDI Praxis. Risikofaktor Mensch? Zuverlässiges Handeln gestalten (1st ed., pp. 271–311). Berlin: Beuth.

Bohrmann D., & Bengler, K. (2019). Reclined Posture for Enabling Autonomous Driving. In Ahram T., Karwowski W., Pickl S., Taiar R. (Eds.), Human Systems Engineering and Design II. IHSED 2019: Advances in Intelligent Systems and Computing (Vol. 1026, pp. 169–175). Cham: Springer.

Bubb, H. (2019). Allgemeine mathematische Zusammenhänge der menschlichen Zuverlässigkeit. In Sträter, O. (Ed.), VDI Praxis. Risikofaktor Mensch? Zuverlässiges Handeln gestalten (1st ed., pp. 91–126). Berlin: Beuth.

Bubb, H. (2019). Menschliche Zuverlässigkeit und Automation. In Sträter, O. (Ed.), VDI Praxis. Risikofaktor Mensch? Zuverlässiges Handeln gestalten (1st ed., pp. 131–163). Berlin: Beuth.

Bubb, H., Paßler, S., & Bubb, I. (2019). Gebrauchstauglichkeit von Home-Care-Produkten - Anwendung durch untrainierte medizinische Laien. In Hermeneit, A., Steffen, A., & Stockhardt, J. (Eds.), Praxiswissen Medizintechnik. Medizinprodukte planen, entwickeln, realisieren: Der CE-Routenplaner (p. 7204). Köln: TÜV Media GmbH TÜV Rheinland Group.

Bubb, H. (2019). Why do we need digital human models? In Scataglini, S. & Paul, G. (Eds.), DHM and posturography (pp. 7–34). London: Academic Press.

Dietrich, A., Maruhn, P., Schwarze, L., & Bengler, K. (2019). Implicit Communication of Automated Vehicles in Urban Scenarios: Effects of Pitch and Deceleration on Pedestrian Crossing Behavior. In Ahram T., Karwowski W., Pickl S., Taiar R. (Eds.), Human Systems Engineering and Design II. IHSED 2019: Advances in Intelligent Systems and Computing (Vol. 1026, pp. 176–181). Cham: Springer.

Feierle, A., Beller, D., & Bengler, K. (2019). Head-Up Displays in Urban Partially Automated Driving: Effects of Using Augmented Reality. In Proceedings of the 22st International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), IEEE (pp. 1877–1882), IEEE Xplore.

Feierle, A., Bücherl, F., Hecht, T., & Bengler K. (2019). Evaluation of Display Concepts for the Instrument Cluster in Urban Automated Driving. In Ahram T., Karwowski W., Pickl S., Taiar R. (Eds.), Human Systems Engineering and Design II. IHSED 2019: Advances in Intelligent Systems and Computing (Vol. 1026, pp. 209–215). Cham: Springer.

Feldhütter, A., Ruhl, A., Feierle, A., & Bengler, K. (2019). The Effect of Fatigue on Take-over Performance in Urgent Situations in Conditionally Automated Driving. In Proceedings of the 22st International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), IEEE (pp. 1889–1894), IEEE Xplore.

Fuest, T., Michalowski, L., Schmidt, E., & Bengler, K. (2019). Reproducibility of Driving Profiles – Application of the Wizard of Oz Method for Vehicle Pedestrian Interaction. In Proceedings of the 22st International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC), IEEE (pp. 3954–3959).

Fuest, T., Maier, A. S., Bellem, H., & Bengler, K. (2019). How Should an Automated Vehicle Communicate Its Intention to a Pedestrian? – A Virtual Reality Study. In Ahram T., Karwowski W., Pickl S., Taiar R. (Eds.), Human Systems Engineering and Design II. IHSED 2019: Advances in Intelligent Systems and Computing (Vol. 1026, pp. 195–201). Cham: Springer.

Fuest, T., Schmidt, E., & Bengler, K. (2019). Nutzung verschiedener Fahrstrategien zur Übermittlung von Intentionen an einen Fußgänger. In Vollrath, M. & Deutsche Gesellschaft für Psychologie (Eds.), Abstracts 3. Kongress der Fachgruppe Verkehrspsychologie "Mehr Mensch im Verkehr?", Universität des Saarlands, Lehrstuhl für Empirische Bildungsforschung (p. 9).

- Hecht, T., Darlagiannis, E., & Bengler, K. (2019). Non-driving Related Activities in Automated Driving – An Online Survey Investigating User Needs. In Ahram, T., Karwowski, W., Pickl, S., Taiar, R. (Eds.), *Human Systems Engineering and Design II. IHSED 2019: Advances in Intelligent Systems and Computing* (Vol. 1026, pp. 182–188). Cham: Springer.
- Hecht, T., Feldhütter, A., Draeger, K., & Bengler, K. (2019). What Do You Do? An Analysis of Non-driving Related Activities During a 60 Minutes Conditionally Automated Highway Drive. In Ahram, T., Taiar, R., Colson, S., Choplin, A. (Eds.), *Human Interaction and Emerging Technologies. IHET 2019: Advances in Intelligent Systems and Computing* (Vol. 1018, pp. 28–34), Cham: Springer.
- Homans, H., Radlmayr, J., & Bengler, K. (2019). Levels of Driving Automation from a User’s Perspective: How Are the Levels Represented in the User’s Mental Model? In Ahram, T., Taiar, R., Colson, S., Choplin, A. (Eds.), *Human Interaction and Emerging Technologies. IHET 2019: Advances in Intelligent Systems and Computing* (Vol. 1018, pp. 21–27). Cham: Springer.
- Jarosch, O., Bellem, H., & Bengler, K. (2019). Effects of Task-Induced Fatigue in Prolonged Conditional Automated Driving. *Human Factors*, 61(7), 1186–1199.
- Jarosch, O., Paradies, S., Feiner, D., & Bengler, K. (2019). Effects of non-driving related tasks in prolonged conditional automated driving – A Wizard of Oz on-road approach in real traffic environment. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 65, 292–305.
- Lehsing, C., Jünger, L., & Bengler, K. (2019). Don't Drive Me My Way - Subjective Perception of Autonomous Braking Trajectories for Pedestrian Crossings. In *SoICT 2019 Proceedings of the Tenth International Symposium on Information and Communication Technology* (pp. 291–297). ACM Digital Library.
- Maruhn, P., Schneider, S., & Bengler, K. (2019). Measuring egocentric distance perception in virtual reality: Influence of methodologies, locomotion and translation gains. *PloS One*, 14(10).
- Müller, A. I., Weinbeer, V., & Bengler, K. (2019). Using the wizard of Oz paradigm to prototype automated vehicles. In *AutomotiveUI '19* (Ed.), *Proceedings of the 11th International Conference on Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications: Adjunct Proceedings* (pp. 181–186). NY, USA: ACM.
- Omozik, K., Yang, Y., Kuntermann, I., Hergeth, S., & Bengler, K. (2019). How long does it take to relax? Observation of driver behavior during real-world conditionally automated driving. In *Proceedings of the 10th International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training and Vehicle Design*. Santa Fe, New Mexico.
- Potzy, J., Feinauer, S., Siedersberger, K. H., & Bengler, K. (2019). Manual Drivers’ Evaluation of Automated Merging Behavior in Dense Traffic: Efficiency Matters. In *Proceedings of the 22nd International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)*, IEEE (pp. 3454–3460), IEEE Xplore.
- Potzy, J., Feuerbach, M., & Bengler, K. (2019). Communication Strategies for Automated Merging in Dense Traffic. In *Proceedings of the IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV) 2019* (pp. 2291–2298), IEEE Xplore.
- Potzy, J., Goerigk, N., Heil, T., Fassbender, D., & Siedersberger, K. H. (2019). Trajectory Planning for Automated Merging on Highways. In *Proceedings of the 5th International Conference on Vehicle Technology and Intelligent Transport Systems (VEHITS) 2019* (pp. 283–290), SciTePress.
- Rettenmaier, M., Pietsch, M., Schmidtler, J., & Bengler, K. (2019). Passing through the Bottleneck - The Potential of External Human-Machine Interfaces. In *Proceedings of the IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV) 2019* (pp. 1687–1692), IEEE Xplore.

Rettenmaier, M., Requena Witzig, C., & Bengler, K. (2019). Interaction at the Bottleneck – A Traffic Observation. In Ahram, T., Karwowski, W., Pickl, S., Taiar, R. (Eds.), Human Systems Engineering and Design II. IHSED 2019: Advances in Intelligent Systems and Computing (Vol. 1026). Cham: Springer.

Schneider, S., & Bengler, K. (2020). Virtually the same? Analysing pedestrian behaviour by means of virtual reality. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 68, 231–256.

Weber, F., Chadowitz, R., Schmidt, K., Messerschmidt, J., & Fuest, T. (2019). Crossing the Street across the Globe: A Study on the Effects of eHMI on Pedestrians in the US, Germany and China. In Krömker H. (Eds) HCI in Mobility, Transport, and Automotive Systems (2019), HCII 2019, (Vol. 11596, pp. 515–530). Cham: Springer.

Winzer, O.M., Dietrich, A., Tondera, M., Hera, C., Eliseenkov, P., & Bengler K. (2019). Feasibility Analysis and Investigation of the User Acceptance of a Preventive Information System to Increase the Road Safety of Cyclists. In Ahram, T., Karwowski, W., Pickl, S., Taiar, R. (Eds.), Human Systems Engineering and Design II. IHSED 2019: Advances in Intelligent Systems and Computing (Vol. 1026, pp. 236–242). Cham: Springer.

Yang, Y., Fleischer, M., & Bengler, K. (2019). Chicken or Egg Problem? New Challenges and Proposals of Digital Human Modeling and Interior Development of Automated Vehicles. In Di Nicolantonio, M., Rossi, E., Alexander, T. (Eds.), Advances in Additive Manufacturing, Modeling Systems and 3D Prototyping. AHFE 2019: Advances in Intelligent Systems and Computing (Vol. 975, pp. 453–463). Cham: Springer.

## 2020

Albers, D., Radlmayr, J., Loew, A., Hergeth, S., Naujoks, F., Keinath, A., & Bengler, K. (2020). Usability Evaluation—Advances in Experimental Design in the Context of Automated Driving Human–Machine Interfaces. *Information* 11(5).

Bengler, K., Rettenmaier, M., Fritz, N., & Feierle, A. (2020). From HMI to HMIs: Towards an HMI Framework for Automated Driving. *Information* 11(2).

Danner, S., Pfromm, M., & Bengler, K. (2020). Does Information on Automated Driving Functions and the Way of Presenting It before Activation Influence Users' Behavior and Perception of the System? *Information* 11(1).

Danner, S., Pfromm, M., Limbacher, R., & Bengler, K. (2019). Information needs regarding the purposeful activation of automated driving functions—an exploratory study. In de Waard, D., Toffetti, A., Pietrantoni, L., Franke, T., Petiot, J-F., & Dumas, C. (Eds.), Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society (HFES 2020) Europe Chapter 2019 Annual Conference. Understanding Human Behaviour in Complex Systems.

Feierle, A., Danner, S., Steininger, S., & Bengler, K. (2020). Information Needs and Visual Attention during Urban, Highly Automated Driving—An Investigation of Potential Influencing Factors. *Information* 11(2).

Feierle, A., Rettenmaier, M., Zeitlmeir, F., & Bengler, K. (2020). Multi-Vehicle Simulation in Urban Automated Driving: Technical Implementation and Added Benefit. *Information* 11(5).

Fuest, T., Feierle, A., Schmidt, E., Bengler, K. (2020). Effects of Marking Automated Vehicles on Human Drivers on Highways. *Information*, 11(6).

Fuest, T.; Schmidt, E.; Bengler, K. (2020): Comparison of Methods to Evaluate the Influence of an Automated Vehicle's Driving Behavior on Pedestrians: Wizard of Oz, Virtual Reality, and Video. *Information* 11(6).

Grabbe, N., Kellnberger, A., Aydin, B., & Bengler, K. (2020). Safety of automated driving: The need for a systems approach and application of the Functional Resonance Analysis Method. *Safety Science* 126.

Harbauer, C., Fleischer, M., Neth, S., & Bengler, K. (2020). Literaturanalyse zur Kinematik von Exoskeletten. In Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V. (GfA) 2020 (Ed.), 66. Frühjahrskongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (GfA) 2020. Digitaler Wandel, digitale Arbeit, digitaler Mensch?. Dortmund: GfA-Press.

Hecht, T., Kratzert, S., & Bengler, K (2020). The Effects of a Predictive HMI and Different Transition Frequencies on Acceptance, Workload, Usability, and Gaze Behavior during Urban Automated Driving. *Information* 11(2).

Kemper, A., Bubb, I., Kriebel, E., & Müller, A. (2020). Identifikation von kritischen Interaktionen des bedarfsgerechten ÖPNV mit autonom betriebenen Fahrzeugen. In Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V. (GfA) 2020 (Ed.), 66. Frühjahrskongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (GfA) 2020. Digitaler Wandel, digitale Arbeit, digitaler Mensch?. Dortmund: GfA-Press.

Maruhn, P., Dietrich, A., Prasch, L. & Schneider, S. (2020). Analyzing Pedestrian Behavior in Augmented Reality – Proof of Concept. In Proceedings of the IEEE VR 2020 Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces. IEEE VR 2020. Atlanta, Georgia, 313–321.

Reinhardt, J., Boos, A., Bloier, M., & Bengler, K. (2020). Effect of variable motion behavior of a mobile robot on human compliance in human-robot spatial interaction. In Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V. (GfA) 2020 (Ed.), 66. Frühjahrskongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (GfA) 2020. Digitaler Wandel, digitale Arbeit, digitaler Mensch?. Dortmund: GfA-Press.

Rettenmaier, M., Albers, D., & Bengler, K. (2020). After you?! – Use of external human-machine interfaces in road bottleneck scenarios. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour* 70, 175–190.

## Professur für Sportgeräte und -materialien

### 2019

Bubb, H.; Paßler, S.; Bubb, I. (2019): Gebrauchstauglichkeit von Home-Care-Produkten – Anwendung durch untrainierte medizinische Laien. In: Anne Hermeneit, Alexander Steffen und Jörg Stockhardt (Hg.): Medizinprodukte planen, entwickeln, realisieren. Der CE-Routenplaner. Köln: TÜV Media GmbH TÜV Rheinland Group (Praxiswissen Medizintechnik), S. 7204.

Passler, Stefanie; Bohrer, Julian; Blöchinger, Lukas; Senner, Veit (2019): Validity of Wrist-Worn Activity Trackers for Estimating VO<sub>2</sub>max and Energy Expenditure. In: *International journal of environmental research and public health* 16 (17), 3037.

Passler, Stefanie; Müller, Niklas; Senner, Veit (2019): In-Ear Pulse Rate Measurement. A Valid Alternative to Heart Rate Derived from Electrocardiography. In: *Sensors* (Basel, Switzerland) 19 (17), 3641.

Vogel, Patrick; Spitenpfeil, Peter; Frühschütz, Hannes; Senner, Veit; Goll, Maren (2019): Simulation des Schwingungsverhaltens des paralympischen Sportgeräts Monoski - Systematische Parametervariation in einem Mehrkörpermodell. In: Dekan der Sportwissenschaftlichen Fakultät der Universität Leipzig (Hg.): Schwerpunktthemen: Olympische Winterspiele; Beiträge der Preisträger des dies academicus 2018. Berlin: Lehmanns Media Verlag (LIX (2018) Heft 2), S. 149–160.

### 2020

Kopp, Philipp M.; Senner, Veit; Gröpel, Peter (2020): Regular exercise participation and volitional competencies. In: *Sport, Exercise, and Performance Psychology* 9 (2), S. 232–243.

Schönbrodt, F. D.; Hagemeyer, B.; Brandstätter, V.; Czikmantori, T.; Gröpel, P.; Hennecke, M.; Kopp, P., et al. (2020): Measuring Implicit Motives With the Picture Story Exercise (PSE): Databases of Expert-Coded German Stories, Pictures, and Updated Picture Norms. In: *Journal of Personality Assessment*.

# Dissertationen

## Design of Active Vehicle Pitch and Roll Motions as Feedback for the Driver During Automated Driving

Feedback on state transitions and intentions of the automation system are crucial for the driver during partially automated driving to obtain or rather increase the driver's system awareness. In this thesis, the design of the active pitch and roll motions as well as their suitability as feedback in different motorway scenarios were evaluated in

four driving studies. The results show that active rotational motions can complement visual feedback, resulting in multi-modal feedback.

Stephanie Cramer, 23.07.2019

## Ergonomische Gestaltung und Bewertung berührungsfreier Gestensteuerungen für Nutzfahrzeuge

Die berührungsreie Gestensteuerung eröffnet neue Möglichkeiten in der Mensch-Maschine-Interaktion und kann im Nutzfahrzeug zu einer potenziellen Verbesserung des Fahrerarbeitsplatzes beitragen. Die Dissertation beschreibt einen Entwicklungsprozess, der aus einer Analyse des Nutzungskontexts, der Anwendung ergonomischer Gestaltungsprinzipien sowie einer nutzerzentrierten

Evaluation besteht. Das Ergebnis ist eine Gestensteuerung, die für bestimmte Funktionen eine schnellere, komfortablere und weniger ablenkende Bedienung zulässt sowie die User Experience steigert.

Michael Stecher, 28.08.2019

## Untersuchungen zum Interaktionsverhalten urbaner Verkehrsteilnehmer

Die klassische Fahrsimulation ist Werkzeug der Verkehrskonfliktforschung und entwicklungsbegleitende Forschungsumgebung für Fahrerassistenz- und Informationssysteme. Im urbanen Verkehr jedoch ist soziale Interaktion zwischen den Verkehrsteilnehmern essentiell, um einen sicheren und effizienten Verkehrsfluss zu erreichen – dieser Aspekt wird durch den klassischen Ansatz nur bedingt erfüllt. Die Dissertation beschreibt Untersuchun-

gen mittels vernetzter Simulatoren und stellt entsprechende Datenanalysemethoden vor. Der Mehrwert sowie potenzielle Einsatzgebiete dieses neuartigen Ansatzes werden erörtert.

Christian Lehsing, 31.10.2019

## Bewertung des aktuellen Vorgehens bei Diskomfortuntersuchungen im Sitzen

Die subjektive Bewertung des Komforts und/oder Diskomforts im Sitzen ist wiederkehrend Thema im Bereich der Ergonomie. In der Dissertation werden das aktuelle Vorgehen bei Diskomfortuntersuchungen, am Beispiel von Fahrzeugsitzen, bewertet. Der aktuelle Stand der Technik, eine Metaanalyse sowie die Auswertung einer

Diskomfortuntersuchung werden dargelegt und diskutiert. Abschließend werden Empfehlungen für das weitere Vorgehen präsentiert.

Annika Ulherr, 18.12.2019

## Automated Driving: Development of a Drowsiness Management Concept and Evaluation of Related Key Elements

This thesis considers driver drowsiness as another system limit of a Level 3 (L3) Automated Driving System (ADS). To prevent potential safety impairments caused by driver drowsiness, a Drowsiness Management Concept (DMC) is developed that takes the perspectives of users and manufacturers into account. By using a Wizard-of-Oz appro-

ach, this thesis investigates key elements of the DMC. Overall, three studies with a total of 126 participants were conducted in real traffic.

Veronika Wehlack, 20.01.2020

## Studiengangevaluation und -entwicklung des interdisziplinären Masterstudiengangs Ergonomie - Human Factors Engineering

In der Dissertation „Studiengangevaluation und -entwicklung des interdisziplinären Masterstudiengangs Ergonomie - Human Factors Engineering (HFE)“ wurden theoriegeleitet Empfehlungen für die Weiterentwicklung interdisziplinärer Studiengänge entwickelt. Dabei konnte festgestellt werden, dass sich auch auf der Curriculumbene eines Studiengangs (bspw. Modulkatalog) Aspekte identifizieren lassen, die Motivationspotenzial aufweisen (bspw. Wahlmöglichkeiten im Curriculum) und in der Konzeption eines Studiengangs berücksichtigt werden sollten. Im weiteren Verlauf der Arbeit wurde die Wahr-

nehmung der Lehr-Lernumgebung im Studium durch die Studierenden analysiert. Dabei standen u.a. das wahrgenommene Kompetenzerleben und das wahrgenommene Autonomieerleben im Fokus. In einer weiteren Studie der Arbeit wurde untersucht, wie und in welchen Berufsfeldern den ehemaligen Studierenden des Studiengangs HFE der Berufseintritt gelungen ist und wie sie rückblickend den HFE bewerten.

Carmen Aringer-Walch, 04.02.2020

# Abgeschlossene Masterarbeiten

## Lehrstuhl für Ergonomie

MW - Konzeption, Erstellung und Erstvalidierung eines Algorithmus zur Bestimmung der visuellen Aufmerksamkeitszuwendung auf dynamische Areas of Interest

Fak. Informatik - Generierung von simulierten Schleuderszenarien durch eine modellbasierte Manipulation von Fahrerverahltensmodellen

MSE - Entwicklung eines optimalen Ein- und Ausstiegs in das Fahrerhaus eines LKW im Hinblick auf die Gebrauchstauglichkeit und Akzeptanz durch die Nutzer

MSE - Räumliche Desorientierung - Definition und Entwicklung eines kognitiven Assistenzsystems zur Unterstützung von Piloten

MSE - Effects of a Prototype Scanning Assistance Device on the Driving Behavior of Individuals with Homonymous Visual Field Loss

MW - Entwicklung eines modularen Fahrerhausprüfstands zur Untersuchung zukünftiger Innenraumkonzepte im hochautomatisierten Lkw und Analyse von Arbeitsplatzkonzepten während HAF

MW - Entwicklung eines Steuerungs- und Regelungskonzepts einer seilanggetriebenen körpergetragenen Hebehilfe am Beispiel des Ellenbogen-gelenks

MW - Entwicklung eines Messwerkzeuges für Kreativität

MW - Systemischer Ansatz zur Sicherheitsanalyse des Entscheidungs- und Kommunikationsverhaltens einer Cockpit Crew eines Airbus A3440-600 während einer Notfallsituation

MW - Entwicklung und Konstruktion eines innovativen Sitzklimatisierungskonzeptes

MW - Entwurf eines Fußgänger-Fahrer-Interaktionsmodells zur Unterstützung der Entwicklung automatisierter Fahrzeuge für die Stadt

MSE - Entwicklung und Evaluation eines externen Anzeigekonzepts für das automatisierte Fahren in Engstellenbereichen

MSE - Arbeitssicherheit und betriebliche Gesundheitsförderung im Hinblick auf die Veränderung der Arbeit durch Digitalisierung, Industrie 4.0 und weiter Megatrends

MSE - Auswirkung unterschiedlicher Trajektorien automatisierter Fahrzeuge auf das menschliche Fahrverhalten in Engstellenbereichen

MW - HMI-Entwicklung zur Absicherung von Systemgrenzen beim teilautomatisierten urbanen Fahren

MW - Die Auswirkung der Unterbrechungshäufigkeit auf Akzeptanz und Komfort beim urbanen automatisierten Fahren

MSE - Sitting postures in highly automated vehicles while conducting non-driving related tasks

MW - Back-Off Movement Cue in der Mensch-Roboter-Interaktion in Virtual Reality

MW - Development and Evaluation of a Human Machine Interface-Concept for Highly Automated Urban Driving

MSE - Modelling of Time-to-Driving-Posture in Highly Automated Vehicle

MW - Einfluss eines Hands-on Request auf das Fahrerüberwachungsverhalten und die Mode Awareness beim teilautomatisierten Fahren

MSE - Wissensarbeit - Eine konfirmatorische Faktorenanalyse des Konstrukts Wissensarbeit, zugehöriger Fähigkeiten und ihre empirischen Zusammenhänge

MSE - Evaluation der Außenwirkung eines autonomen Transportssystems mit individuell lenkbaren Rädern aus Fußgängerperspektive

MW - Modellierung von Take Over Trajektorien der Hände mithilfe von gemischten Modellen

MW - Realfahrzeugstudie: Wirksamkeitsnachweis einer unimodalen, vestibulären Übernahmeaufforderung zum Erzeugen einer Mode Awareness im hochautomatisierten Fahren

MSE - Implementierung und Evaluation von Avatar-Konzepten in Virtual Reality

MSE - Investigation on the Influence of an Automobile Manufacturer's Brand Reputation on the Evaluation of Human machine Interfaces

MW - Einfluss der Vorhersehbarkeit in virtuellen Verkehrsszenarien auf das Querungsverhalten von Fußgängern

MW - Entwicklung und Evaluation von standortabhängigen und intuitiven Steuerungskonzepten für Ladekrane

MW - Methode zur Identifikation und Modellierung der Funktionen eines FRAM-Modells im Straßenverkehr

MSE - Entwicklung und Evaluation von HMI-Konzepten zur Transition zwischen automatisiertem und manuellem Fahren

TUM School of Management - Ableitung von Anforderungen an ein hoch- oder vollautomatisiertes Buskonzept auf Grundlage einer Beobachtungsstudie über das Verhalten von Nutzern um eines Bus

MSE - Untersuchung des Fahrverhaltens und der Vorhersagefähigkeit von Menschen mit Autismus-Spektrum-Störung in Situationen mit querenden Fußgängern - eine Fahrsimulatorstudie

MSE - Untersuchung des Fahrverhaltens von Menschen mit Autismus-Spektrum-Störung unter dem Aspekt der Vorhersagefähigkeit - eine Fahrsimulatorstudie

MW - A Machine Learning Approach to Identify Learning Style Preferences

MW - Interaktion im Mischverkehr - Einsatz vernetzter Simulation

MW - Bewertung eines automatisierten Fahrstreifenwechsels aus der Sicht der interagierenden Fahrer

MW - Modellierung der Hauptbewegungsebenen von Take Over Trajektorien mithilfe von gemischten Modellen

MW - Entwicklung einer Simulationsmethodik zur Bewertung des thermischen Komforts im Fahrzeuginnenraum

MW - Weiterentwicklung und Evaluation eines externen Anzeigekonzepts für automatisierte Fahrzeuge - Auswirkung von Distanzen und Lichtverhältnissen auf die Erkennbarkeit

MSE - HMI-Entwicklung zur Absicherung von Funktionsfehlern beim teilautomatisierten urbanen Fahren

MSE - Erstellung und Evaluierung eines Informationskonzepts für das automatisierte Fahren

MW - Analyse der Interaktion zwischen einem Fahrzeug und mehreren Fußgängern zur Gestaltung der externen Kommunikation automatisierter Fahrzeuge

MSE - Konzeption, Entwicklung und Evaluation eines Seat-Covers für "Wizard of Oz" Studien

TUM School of Management - Analyse und Modellierung der Interaktion zwischen Fußgängern und Fahrzeugführern - Ableitung von Anforderungen an das automatisierte Fahrzeug

MSE - Einfluss der wahrgenommenen sozial-organisatorischen und physikalischen Arbeitsumgebung auf die kreative Leistung von Wissensarbeitenden in Deutschland

MW - Untersuchung des Einflusses einer Kennzeichnung bei automatisierten Fahrzeugen auf das Fahrverhalten manueller Fahrer

MSE - Bewertung eines lichtbasierten eHMIs und Evaluation von Fahrstrategien zur Intentionsübermittlung zwischen automatisierten Fahrzeugen und Fußgängern

TUM School of Management - External HMI for an Autonomous Bus: An Experimental and Constructive Approach

MSE - Vergleich unterschiedlicher Interaktionsmodalitäten für die Mensch-Roboter Interaktion in Augmented Reality

MW - Ermittlung einer Metrik zur Risikobewertung von minimal risk maneuver und Analyse der Kompatibilität zum Fahrerwunsch

MW - Auswirkungen von Taktung auf das Stressempfinden von Bediennern eines Montageassistentenzsystems

# Professur für Sportgeräte und -materialien

MSE - Entwicklung und Validierung eines kapazitiven Sensors integriert in ein Textilsystem zur Bestimmung des Kniewinkels

MSE - Kinematik des Fußskeletts im Sportschuh. In-vivo-Fluoroskopie-Analyse des menschlichen Sprunggelenks

MW - Der Einsatz von Fungs quasilinearer viskoelastischer Theorie in biomechanischen Mehrkörpersystemen

MSE - Evaluating the Maximum Vertical Ground Reaction Force and Perceived Variations among Different Weighted Shoes during Running

MSE Entwicklung und Festigung eines passiven Oberkörper-Exoskeletts zur Entlastung des unteren Rückens bei Zwangshaltungen mit vorgebeugtem Oberkörper

MSE Nutzerzentrierte Evaluation und motivationspsychologische Weiterentwicklung einer mobilen Fitness-Applikation

MW - Neukonzeption, Auslegung und Umsetzung eines biomechanischen Prüfstandes zur Simulation skitypischer Belastungssituationen im Knie

MSE Feasibility of Home-Based VR Therapy for People with Cervical Incomplete Spinal Cord Injury - An Additional Rehabilitative Measure to Improve Upper Limb Motor Function and Control

MW - Konzeptionierung einer Weichteilmodellierung des menschlichen Torsos zur Berechnung spinaler Belastungen

MSE - Kinematische Effekte eines Fahrradpedals mit Beeinflussung verschiedener Freiheitsgrade auf das Knie- und Sprunggelenk

MW-Entwicklung und Prüfung einer alpinen Kraftmessskibindung

MSE - Translational Traction of Sports Footwear. Increasing External Validity of a Mechanical Traction Measuring Device by Reproducing Predefined Plantar Pressure Distribution by Means of Multi-Target Regression

MW - The Experimental Investigation of Pressure Distribution of the Body Weight on a Road Bike Ergometer with Different Cycling-Pads

BikAble - Entwicklung eines hybriden Handbikesystems unter Berücksichtigung ergonomischer Aspekte

MSE - Paralympischer Ski Alpin: Entwicklung eines neuartigen Sitz-Monoski Konzepts

MW - Untersuchung der Motivation von Mitarbeitern im Großunternehmen im Rahmen der nutzerzentrierten Softwareentwicklung

MW - Development and Implementation of a Co-simulation for a Spine Segment Model with Simpack and Abaqus

# Herzlich Willkommen

## Unsere neuen MitarbeiterInnen am Lehrstuhl für Ergonomie



Deike Albers, M. Sc. ist seit August 2019 als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Ergonomie tätig. Sie absolvierte ihren B.Sc. an der Leuphana Universität Lüneburg im Studiengang Wirtschaftspsychologie. Ihren Masterabschluss erlangte sie an der Technischen Universität München im Studiengang Ergonomie – Human Factors Engineering. In ihrer Abschlussarbeit untersuchte sie das Potential externer Human-Machine-Interfaces (HMIs) für die Kommunikation zwischen menschlichen Autofahrern und automatisierten Fahrzeugen. Im Projekt Multilab untersucht Frau Albers die Validität von Usability-Bewertungen von SAE L3 HMIs in verschiedenen Testumgebungen. Die Grundlage für ihre Forschungsarbeit bilden Vergleiche zwischen Fahrsimulator- und Realfahrtexperimenten sowie interkulturelle Vergleiche durch weitere Studien in den USA und in Japan.



Bianca Biebl ist seit November 2019 als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Ergonomie tätig. Sie studierte im Bachelor Psychologie an der Ludwig-Maximilians-Universität München und absolvierte dort im Anschluss ihren Master in Psychologie mit Schwerpunkt Neuropsychologie. In ihrer Masterarbeit untersuchte sie den Einfluss der subjektiven Körpermitte auf die Zielgenauigkeit manueller Bewegungstrajektorien. Derzeit beschäftigt sich Frau Biebl im Rahmen eines DFG-geförderten Projekts mit dem Blick- und Fahrverhalten sehbeeinträchtigter Fahrer und der Entwicklung eines kooperativen Mensch-Maschine-Systems zur Kompensation visueller Einschränkungen. Ihre Forschungsinteressen liegen darüber hinaus im bestimmungsgemäßen Gebrauch hochautomatisierter Fahrzeuge und der Modellierung von Fahrerverhalten in Kreuzungssituationen.



Herr Patrick Carqueville, M.Sc. ist seit Oktober 2019 wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Professur für Sportgeräte und -materialien. Er studierte den Bachelor- und Masterstudiengang Maschinenbau und Management an der Technischen Universität München.

Während seiner Studienzeit verfasste Herr Carqueville seine Semester- und Masterarbeit an der Professur für Sportgeräte und -materialien. Hier befasste er sich mit der Entwicklung eines Systems zur Ermittlung der Bodenreaktionskräfte beim Skifahren durch Druckmessung im Skischuh. Zur Auswertung der Druckdaten setzte er dabei auf die Anwendung rekurrenter neuronaler Netze. Schwerpunkt seiner Forschung wird die Algorithmen- und Messtechnikentwicklung mechatronischer Sicherheitskomponenten in der Skitechnik sein. Im Rahmen eines Kooperationsprojekts, finanziert durch die Bayerische Forschungsstiftung, befasst er sich mit der Entwicklung einer mechatronischen Skibindung.



Birte Emmermann, M.Sc. ist seit Oktober 2019 als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Ergonomie angestellt. Sie studierte im Bachelor Wirtschaftspsychologie mit dem Schwerpunkt auf Arbeits- und technische Psychologie an der Leuphana Universität Lüneburg und im Master Ergonomie – Human Factors Engineering an der Technischen Universität München. In ihrer Masterarbeit evaluierte sie am Schepens Eye Research Institute ein prototypisches Fahrerassistenzsystem zur Unterstützung von sichtbeeinträchtigten Fahrern. In ihrer aktuellen Forschung beschäftigt sie sich mit mentalen Modellen sowie projektübergreifend mit der Wahrnehmung und Gestaltung von Interfaces im Kontext des automatisierten Fahrens.



Nicole Fritz studierte Psychologie im Bachelor an der Universität Mannheim und der Portland State University, OR, USA, sowie Human Factors im Master an der Technischen Universität Berlin. Seit März 2019 ist sie als externe TUM-Doktorandin in der Konzernforschung der Robert Bosch GmbH angestellt. Im

Rahmen des Verbundprojekts '@City - Automatisiertes Fahren in der Stadt' untersucht sie in ihrer Promotion die Interaktion zwischen hochautomatisierten Fahrzeugen und schwächeren Verkehrsteilnehmern unter Berücksichtigung der Perspektive von Fahrzeuginsassen.



Herr Manuel Kipp, M.Sc. ist seit Oktober 2019 als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Ergonomie tätig. Er studierte sowohl den Bachelorstudiengang „Maschinewesen“ als auch den Masterstudiengang „Fahrzeug- und Motorenmechanik“ an der Technischen Universität München. Im Rahmen

seiner Masterarbeit am Lehrstuhl für Ergonomie entwickelte Herr Kipp ein innovatives Sitzbelüftungssystem für zukünftige Fahrzeuginnenraumkonzepte. Der Fokus seiner Forschungstätigkeiten liegt auf der Entwicklung von neuen Klimatisierungskonzepten in autonomen Fahrzeugen.



Naomi Yvonne Mbelekan (M.Sc) will be joining the Chair of Ergonomics. She has a bachelor degree in Human and Social Dynamics, and also a master degree in human and social behaviour science with a focus on Sociology at the University of the Free State in South Africa. Amongst her

academic endeavour, she has acquired experience in Human-Robot Interaction, Human-Machine Interaction, Introduction to Intelligent Systems and Artificial Intelligence, Human Factors Engineering, User Interface Design and User Experience (Ux), Ageing with Technology, Innovation studies, among others. During the years, she has grown interest in understanding the psychosocial-cultural influences in long-term interaction of humans and machines – more specifically automation and robotics, and the need for these agents to achieve a level of assimilation in urban society. In 2020 she will be joining the Chair of Ergonomics as an Early Stage Researcher under the Marie Skłodowska-Curie Action (ITN) in collaboration or partnership with the project “SHAPE-IT: Supporting the interaction of Humans and Automated vehicles: Preparing for the Environment of Tomorrow”. The project is built on 15 ESRs positioned at various countries and institution of higher education in the European context, and whose focus is distinctive to each individual, though equivalent in terms of the project focus. Her focus is within the framework and research project: Long-Term Effects of Automation Exposure on User Behaviour (ESR 2) at Technical University Munich, Germany. More specifically, the project's foci is on understanding how AV users' experience, trust, and their acceptance of AVs change with long-term or repeated use in urban traffic. This study project opens an interesting research hub that is regarded as of value in the field of Human Factors Engineering.



Herr Johannes Ossig, M.Sc. absolvierte sein Bachelor- und Masterstudium in der Fachrichtung Fahrzeug- und Motorenmechanik an der Universität Stuttgart. Im Rahmen seiner Masterarbeit befasste er sich mit der Auslegung des Lenkverhaltens automatisierter Fahrzeuge und entsprechenden Auswirkungen auf das Wohlbefinden der Fahrzeuginsassen. Seit August 2019 ist Herr Ossig als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Ergonomie angestellt und setzt sich in seiner Forschung - in Kooperation mit der AUDI

AG (INI.TUM) - mit der nutzerzentrierten Gestaltung von automatisierten Fahrstreifenwechseln auseinander. Der Schwerpunkt des Forschungsprojekts liegt demnach auf teil-, hoch- und vollautomatisierten Autobahnfahrten.



Herr Lorenz Steckhan studierte im Bachelor Maschinenbau an der Technischen Universität Braunschweig. Im Rahmen seiner Praktika und Werkstudententätigkeit entwickelte sich sein besonderes Interesse für den Mobilitätssektor, woraufhin er sein Masterstudium in Fahrzeug- und Motorenmechanik an der Technischen Universität München absolvierte.

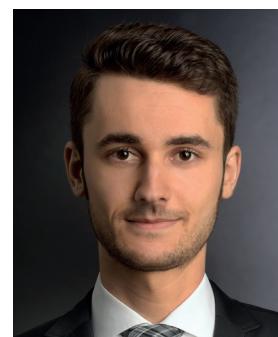
In seiner Masterarbeit untersuchte er das Fahrerhalten von und Assistenzmöglichkeiten für Fahrer mit starken Sehbehinderungen. Die Untersuchungen führte er in Boston am Schepens Eye Research Institute der Harvard Universität durch. Anschließend absolvierte er ein Aufbausemester an der Technischen Universität München im Bereich der Informatik mit Schwerpunkten in künstlicher Intelligenz und Computer Vision. Seit Dezember 2019 ist Herr Steckhan als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Ergonomie tätig. Er setzt sich in seiner Forschung mit der Konzeptionierung und Bewertung von alternativen Bedienkonzepten für hochautomatisierte Fahrzeuge auseinander.



Sarah Weiler ist seit Mai 2020 als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Ergonomie tätig. Sie studierte Physiotherapie an der Technischen Hochschule Rosenheim und absolvierte den Masterstudiengang Sports Technology an der Aalborg Universitet in Dänemark. Im

Rahmen ihrer Masterarbeit bei BMW beschäftigte sie sich mit Wirbelsäulenbelastung und Komfort in

zukünftig relevanten Passagierhaltungen. Nach ihrem Abschluss war sie in der Entwicklung von Exoskeletten tätig und wird nun auch am Lehrstuhl das Thema Körpergetragene Unterstützungssysteme bearbeiten. Unter anderen sollen mit Hilfe von biomechanischen Menschmodellen der Einfluss von Exoskeletten auf den Anwender genauer betrachtet werden.



Valentin Wohlgut, M. Sc. ist seit Oktober 2019 als wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Professur für Sportgeräte und Sportmaterialien (SpGM) tätig. Er absolvierte den Bachelorstudiengang „Maschinenbau“ und den Masterstudiengang „Entwicklung und Konstruktion“ an der RWTH Aachen. In seiner Masterarbeit entwickelte er ein Mehrkörpersimulationsmodell zur Analyse des Squat-Effekts bei vollgefedernten Mountainbikes. Im Rahmen des aktuellen BFS-Projekts „Mechatronische Skibindung“ und des ZIM-Projekts „SuPer Hybrid Turf“ beschäftigt er sich nun mit der Mehrkörpersimulation beim Ski- und Rasensport zur Analyse der auf den Bewegungsapparat wirkenden Lasten.

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:

**Dr. Antonia Conti-Kufner, Anna Feldhütter, Tanja Fuest, Dr. Jennifer Latka, Jonas Radlmayr, und Yucheng Yang**

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

# Rückblick

## Umbau des statischen Fahrsimulators

Luis Kalb, Heribert Hart, André Dietrich

### Upgrade für die 20er Jahre

Im Winter 2019/2020 bekam der statische Fahrstudiator des Lehrstuhls für Ergonomie ein verdientes Upgrade in Sachen Hardware und Software. Die markanteste und für Probanden auffälligste Neuerung dürfte die neue Frontprojektion sein, die von einer Auflösung von 1450 x 1000 Bildpunkten auf 3200 x 2400 Bildpunkte pro Leinwand deutlich erhöht wurde. Vor allem die Darstellung von Inhalten in Augmented Reality, bspw. per kontaktanalogem Head-Up Display wird von dieser Neuerung stark profitieren, da nun sämtliche Anzeigen hochauflösend und gestochen scharf in das Blickfeld des Fahrers projiziert werden können.

Die neue Ultra-HD Auflösung benötigte selbstverständlich eine entsprechende technische Ausrüstung. Ins Auge fällt dabei die von Grund auf neu konzipierte und gebaute Aufhängung für die Projektoren, die nun in quasi schwingungsfreiem Zustand über den Köpfen der Probanden hängen.

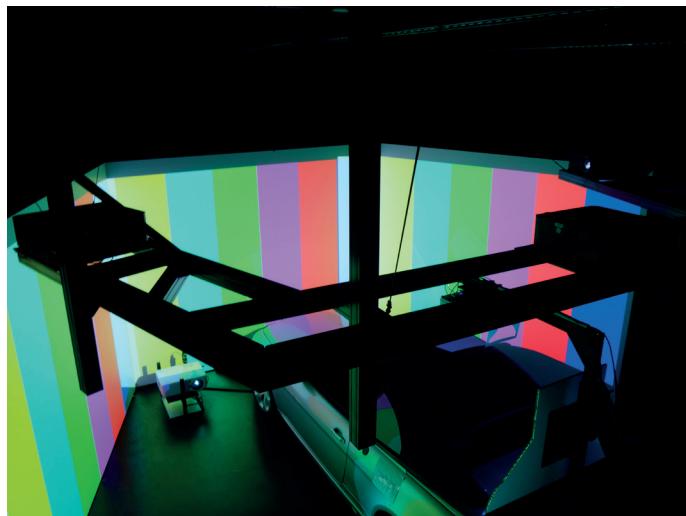


Abbildung 1: Blick durch die neue Projektoren Aufhängung auf die drei Leinwände des statischen Fahrstudiators des Lehrstuhls für Ergonomie (Foto: Heribert Hart)

Auch „unter der Haube“ musste sich für die neuen Fähigkeiten des Simulators einiges tun. Grundlegend wurde zunächst am gesamten Lehrstuhl die aktuellste Version der Simulationssoftware, SILAB

6.5 mit 64 Bit Architektur installiert. Um die entsprechenden Bilder generieren zu können, mussten zudem diverse neue Rechner eingebaut werden, für die Visualisierung jeweils ausgestattet mit einer High-End Grafikkarte GeForce RTX 2080.

Final kam der Lehrstuhl für Ergonomie selbstverständlich nicht darum herum, auch in den zu erwartenden heißen Sommermonaten ein einwandfreies Raumklima für Versuche zu schaffen – dafür sorgen nun drei extra installierte Klimageräte unter der Decke. Im Zuge des groß angelegten Umbaus des Simulators wurden ebenso sämtliche elektrischen Leitungen, Anschlüsse und Verteilerkästen routinemäßig gemäß der aktuellsten Sicherheitsrichtlinien angepasst. Der Lehrstuhl für Ergonomie geht damit optimal gerüstet in die Forschung am Fahrstudiator in den 2020er Jahren.

Es geht ein herzlicher Dank an alle tatkräftigen Beteiligten, insbesondere die Werkstätten des Lehrstuhls, ohne die der Umbau so nie möglich gewesen wäre!



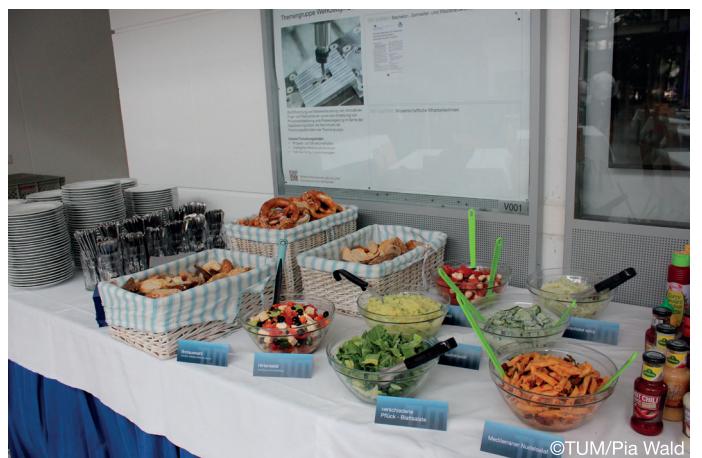
Abbildung 2: V.l.n.r.: Heribert Hart, André Dietrich, Luis Kalb, Michael Arzberger, Robert Papist - Team des Fahrstudiator Umbaus. (Foto: Heribert Hart)

# Rückblick

## Forschungstag Ergonomie und Sommerfest 2019

Am 19. Juli 2019 lud der Lehrstuhl für Ergonomie alle Mitarbeiter, Ehemalige und Projektpartner zum alljährlichen Forschungstag Ergonomie und Sommerfest 2019 ein.

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



# Ausblick:

## Neues Projekt COVID19LL

Gute Lösungen für die Zukunft nutzen – COVID-19 Lessons Learned

Die rasante Ausbreitung des Coronavirus SARS-CoV-2 und die damit einhergehenden, durch die Regierung verabschiedeten Maßnahmen zur Kontrolle der Reproduktionsrate haben einen starken Einfluss auf das internationale und nationale gesellschaftliche Leben. Auch die Arbeitswelt muss strenge und wechselnde Vorschriften und Maßgaben einhalten und sieht sich zudem teilweise mit unterbrochenen Lieferketten konfrontiert. Um dennoch arbeitsfähig zu bleiben, müssen viele Unternehmen und Betriebe weitreichende Anpassungen in ihren Arbeitsstrukturen und -abläufen vornehmen, die vor der Krise nicht umsetzbar oder nicht sinnvoll schienen. Um diese Phase des erzwungenen Lernprozesses auch nach Abflachen der COVID-19-Pandemie für den Erkenntnisgewinn nutzen zu können, ist eine detaillierte, systematische Analyse der ausgelösten Umstellungs- und Veränderungsprozesse notwendig.

Im Rahmen des einjährigen Forschungsprojekts führt der Lehrstuhl für Ergonomie in Kooperation mit dem MCTS, der GOV, der TU Dresden und der RWTH Aachen eine überregionale und systematische Bestandsaufnahme der betrieblichen Maßnahmen und Veränderungen branchenübergreifend durch. Aus ei-

ner anschließenden Analyse von Best Practices ausgewählter Tätigkeiten sollen Vorschläge für Transferpotentiale für die Zeit nach COVID-19 identifiziert und Empfehlungen für ähnliche Tätigkeiten in anderen Branchen abgeleitet werden. Die Forschungsergebnisse sollen Aufschluss darüber liefern, inwieweit sich während der COVID-19-Pandemie positive Veränderungen mittel- und langfristig in einer zukünftigen Arbeitswelt etablieren können und auch branchenübergreifend transferieren lassen.



Abbildung 1: Ortsflexibles und digitales Arbeiten. Quelle: Stefan Tippelt, Technische Universität München

## Neues Projekt: „Vom Menschen lernen – Für Menschen gestalten“

Besonders in komplexen und zeitkritischen Kreuzungssituationen bieten automatisierte Fahrzeuge das Potential zur Kompensation menschlicher Limitationen. So kann etwa die kognitive Belastung beim Fahren unter Zeitdruck oder bei Beschäftigung mit einer Nebentätigkeit reduziert werden. Darüber hinaus ermöglichen solche kooperativen human-cyber physical systems (HCPS) einen Ausgleich visueller Defizite (s. Abb. 1), was in der Zukunft zur individuellen Mobilität von seingeschränkten Personen beitragen kann. Zur Entwicklung eines derartigen Systems soll daher in diesem DFG-geförderten Projekt zusammen mit der Universität Oldenburg und OFFIS die Interaktion von cognitive load, Entscheidungsstrategien und perzeptiven Defiziten in Kreuzungen unterschiedlicher Komplexität untersucht werden.

Die Analyse und das Verständnis der Kompensationsstrategien seingeschränkter Personen dient dabei auch zur Entwicklung von Algorithmen, die eine unvoll-

ständige technische Umgebungserfassung in hochautomatisierten Fahrzeugen ausgleichen können.

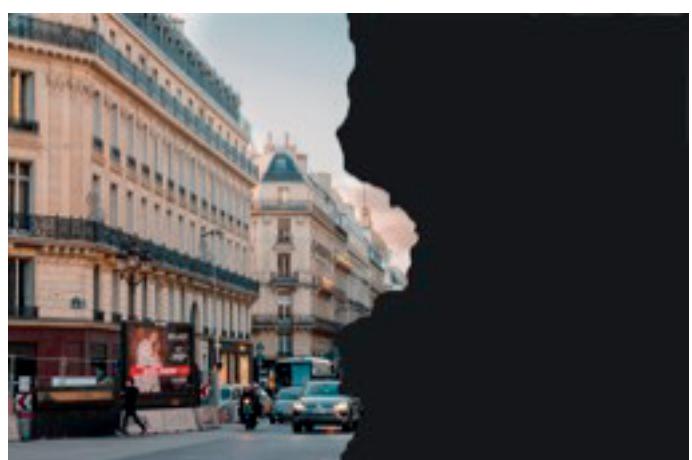


Abbildung 1: Schematische Darstellung eines beidseitigen Gesichtsfeldausfalls, sog. Homonyme Hemianopsie (Bild: Dat Nguyen, www.unsplash.com)

