

# Ergonomie AKTUELL

Die Fachzeitschrift des Lehrstuhls für Ergonomie

Ausgabe 018 | Sommer 2017 | ISSN 1616-7627



## **IMPRESSUM:**

### **Ergonomie Aktuell**

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

#### **Herausgeber:**

Lehrstuhl für Ergonomie  
Technische Universität München  
Boltzmannstraße 15  
85748 Garching  
Tel: 089/ 289 15388  
[www.ergonomie.tum.de](http://www.ergonomie.tum.de)  
<http://www.lfe.mw.tum.de/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. Herbert Rausch  
Julia Fridgen

#### **Layout:**

Julia Fridgen/TUM

#### **Druck:**

Printy, Digitaldruck & Kopierservice  
80333 München

© Lehrstuhl für Ergonomie.  
Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck, auch auszugsweise, nur in Abstimmung mit der Redaktion.

#### **Zum Sprachgebrauch:**

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

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

dieses Heft der Ergonomie Aktuell greift den Ereignissen bewusst etwas vor, die in der Zukunft des Lehrstuhls liegen.

Im September 2017 wird sich Dr. Herbert Rausch in den wohlverdienten Ruhestand verabschieden. Er war über Jahre hinweg DIE Person, die am Lehrstuhl, in der Fakultät und an der TU-München mit dem Stichwort Lehrerbildung im Maschinenwesen verbunden wurde. Daher wollten wir die Chance nutzen, noch einmal aus berufenem Munde auf die Lehrerbildung einzugehen. Es freut mich daher sehr, dass dieses Heft einen Gastbeitrag der Kollegin Aschenbrücker und einen profunden Überblick über die Lehrerbildung von Dr. Rausch enthält. Wir haben uns bewusst eine präventive Verabschiedung „verkniffen“; die wollten wir uns für das nächste Heft aufheben. Denn noch liegen einige arbeitsreiche Wochen vor unserem Urgestein. Ich bedanke mich aber schon jetzt – auch im Namen meines Vorgängers Professor Dr. Bubb - an dieser Stelle bei Dr. Rausch für seinen Einsatz am Lehrstuhl für Ergonomie.

Die weiteren Beiträge zeigen sehr eindrucksvoll, dass gerade die automatisierte Fahrzeugführung und die mit ihr verbundenen Fragestellungen zu einem weiteren Zuwachs an Projekten und Mitarbeitern geführt haben. Dies ist ein deutlicher Hinweis darauf, wie viele offene Fragen in diesem Paradigmenwechsel noch zu beantworten sind. Gute und auch kontroverse Diskussionen konnten im Rahmen des Workshops Fahrerassistenz und automatisiertes Fahren in Walting geführt werden.

Mittlerweile ist auch der ISO Standard „Detection Response Task“ veröffentlicht, der auf vielen experimentellen Ergebnissen mehrerer Lehrstuhlmitarbeiter basiert. Wir hinterlassen also auch neben einer Vielzahl von Publikationen international unsere Spuren. Auch die Zahl der internationalen Vernetzungen hat um die HUST (Vietnam), die IMT (Frankreich) und Harvard (USA) zugenommen.



Ebenso ist die Liste der Preisträger wieder erfreulich gewachsen.

Für viele Doktoranden, die mit der IT des Lehrstuhls befasst waren, ist ein lang gehegter Wunsch in Erfüllung gegangen. Denn zusammen mit dem Lehrstuhl Prof. Spliethoff teilen wir uns einen professionellen Systemadministrator.

Viele Projekte konnten im zurückliegenden Jahr abgeschlossen werden, eine ganze Reihe ist gestartet. Sie werden also wieder neue Mitarbeiter/Innen in dieser Ausgabe finden.

Und wieder einmal möchte ich Sie auf den neu gestalteten CI-konformen Webauftritt hinweisen und danke vor allem den Mitarbeitern, die an der Umsetzung beteiligt waren.

All das lässt uns am Lehrstuhl auf ein erfolgreiches Forschungsjahr zurückblicken.

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

Wir wünschen Ihnen viel Freude bei der Lektüre.

Ihr

Klaus Bengler





|  |    |  |    |
|--|----|--|----|
| Impressum  | 02 | Quick Check Digitalisierung 2 (bayme vbm)<br><i>Carmen Aringer-Walch</i>   | 48 |
| Editorial  | 03 |  |    |
| Die Lehrerbildung am Lehrstuhl für Ergonomie<br><i>Herbert Rausch</i>  | 06 | Ergonomie für Schulen: Start der dritten Projektphase des Ergonomie-Messkoffers<br><i>Ralf Kassirra, Inga Simm</i>                   | 49 |
| Wandel in der Arbeitswelt: Ein neues Konzept für das Praxisseminar<br><i>Ralf Kassirra</i>   | 12 | Das Projekt OS:IRIS – Eine Forschungs-kooperation mit der Harvard Medical School<br><i>Christian Lehsing, Ilja Feldstein</i>         | 51 |
| Digitalisierung und Industrie 4.0 - Welche Kompetenzen braucht die digitale Zukunft?<br><i>Carmen Aringer-Walch, Caroline Adam</i>   | 17 | Integration eines Bewegungssystems in einen Fahrsimulator<br><i>Corbinian Henle</i>  | 52 |
| Forschendes Lernen von SchülerInnen im Forschungslabor am Beispiel Faserverbund<br><i>Prof. Dr. Karin Aschenbrücker, Professur für Wirtschafts- und Berufsdidaktik, Universität Augsburg</i> | 21 | 11. Uni-DAS e.V. Workshop Fahrerassistenz und automatisiertes Fahren: 29.03.2017 bis 31.03.2017 in Walting<br><i>Anna Feldhütter</i> | 53 |
| Flugsicherheit am Lehrstuhl für Ergonomie und warum Cyber-Security auch uns angeht<br><i>Patrick Gontar</i>  | 28 | Kooperatives hochautomatisiertes Fahren Ko-HAF – Halbzeit<br><i>Jonas Radlmayr</i>   | 56 |
| Sitzen – Stehen – Gehen - Körperstellungswechsel zur Reduzierung der Beanspruchung bei Steharbeit<br><i>Lisa Rücker</i>  | 31 | Neue erschienen  | 58 |
| It's still there: Why driver distraction won't be going away anytime soon<br><i>Oliver Winzer, Antonia S. Conti-Kufner, Klaus Bengler, Matthias Walter, Sebastian Müller</i>                 | 35 | Neue Projekte  | 58 |
| Körpergetragene Hebehilfe: Eine Assistenz für die Logistik<br><i>Verena Knott</i>  | 38 | Veröffentlichungen von Sommer 2016 bis Sommer 2017   | 62 |
| Travis – Unternehmergeist trifft auf Universität<br><i>Andreas Hippe, Dominik Ganswohl</i>   | 47 | Dissertationen   | 66 |
|  |    | Abgeschlossene Diplom- und Masterarbeiten  | 68 |
|  |    | Auszeichnungen und Ehrungen  | 70 |
|  |    | Neue Mitarbeiter   | 72 |
|  |    | Abschied   | 74 |
|  |    | Rückblick  | 75 |

# Die Lehrerbildung am Lehrstuhl für Ergonomie

Herbert Rausch

## Einführung

Senecas kritisierte bitter "Non vitae, sed scholae discimus". Heute prangt über zahlreichen Schulportalen die Umkehrung dieses Spruchs "Non scholae, sed vitae discimus"! Der Lehrstuhl für Ergonomie hilft mit, dies zu rechtfertigen.

Die Ausbildung zum Lehramt an beruflichen Schulen im gewerblich-technischen Bereich in Bayern fand bis 1964 am Berufspädagogischen Institut in der Lothstraße 17 statt. Ab dem WS 1964/65 wurde sie von der Technischen Hochschule übernommen. Von Beginn an bot der Lehrstuhl für Ergonomie Lehrveranstaltungen für zukünftige Lehrkräfte an. Prof. Schmidtke gestaltete als Senatsbeauftragter für Lehrerbildung und Leiter der Lehrerbildungskommission der Hochschule wesentlich die Studienpläne der Studiengänge für das Lehramt an beruflichen Schulen und für das an Hauptschulen 1969 eingeführte Fach „Arbeitslehre“. Schon früh erkannte er die Bedeutung wissenschaftlich fundierter Erkenntnisse über die menschliche Arbeit für die Allgemein- und die Berufsbildung und verankerte diese in den Studienplänen. Gerade jetzt gewinnen diese Ziele aufgrund der veränderten Arbeitswelt im Zuge der Industrie 4.0 und im privaten Handeln bei der Anbahnung von Handlungskompetenz auch in den bayerischen Lehrplänen weiter an Bedeutung.

## Was kann die Arbeitswissenschaft zur Allgemeinbildung beitragen?

Berufliche und private Arbeit sichern dem Individuum die physische Existenz und haben eine zentrale Bedeutung in sozialen Beziehungen. Die Komplexität der gesellschaftlichen, technischen, wirtschaftlichen und politischen Verflechtungen der Arbeit in modernen Industriegesellschaften ist ohne eine fundierte Allgemeinbildung kaum durchschaubar.

## Ziele der Allgemeinbildung

- als Bildung für alle zur Selbststimmungs-, Mitbestimmungs- und Solidaritätsfähigkeit,

- als kritische Auseinandersetzung mit einem neu zu durchdenkenden Gefüge des Allgemeinen als des uns alle Angehenden und
- als Bildung aller uns heute erkennbaren humanen Fähigkeitsdimensionen des Menschen.

Eine zentrale Rolle nimmt dabei die wünschenswerte und allen Menschen gemeinsame Fähigkeit zum Handeln ein. Der Arbeitspsychologe Volpert [1971] prägte als erster den zentralen Zielbegriff „Handlungskompetenz“. Handlungskompetenz impliziert dabei die Motivation etwas zu tun, sich bewusst Ziele zu setzen, sich zu informieren, zu bewerten, nach ethischen Werten gewichtet zu beurteilen, zu entscheiden und effizient auszuführen. Die aktuelle bayerische Lehrplanreform mit der Bezeichnung „LehrplanPlus“ betont ausdrücklich schulart- und fächerübergreifend für alle Schularten die Vermittlung der „Handlungskompetenz“. Zielgerichtetes menschliches Handeln ist der dezidierte Forschungsbereich der Arbeitswissenschaft und des Lehrstuhls für Ergonomie.

## Ziele der Arbeitswissenschaft

Mit der Industrialisierung im 19. Jahrhundert und ihren menschenunwürdigen Bedingungen begann die wissenschaftliche Betrachtung der Arbeit. Der Pole Jastrzebowski schlug 1857 in der Zeitschrift „Natur und Industrie“ vor „...uns mit einem wissenschaftlichen Ansatz zum Problem der Arbeit zu beschäftigen und sogar zu ihrer (der Arbeit) Erklärung eine gesonderte Lehre zu betreiben..., damit wir aus diesem Leben die besten Früchte bei der geringsten Anstrengung mit der höchsten Befriedigung für das eigene und das allgemeine Wohl ernten und damit anderen und dem eigenen Gewissen gegenüber gerecht verfahren.“ Damit legte er den Grundstein der Arbeitswissenschaft, die neben der rein ökonomischen Betrachtung des Menschen als Produktionsfaktor auch die Gesundheit und das Wohlbefinden des arbeitenden Menschen in den Fokus rückte.

Luczak, Volpert u. a. veröffentlichten 1989 eine Kerndefinition der Arbeitswissenschaft, die die wesentlichen Merkmale und Ziele enthält:

„Arbeitswissenschaft beschäftigt sich mit der Analyse, Ordnung und Gestaltung der technischen, organisatorischen und sozialen Bedingungen von Arbeitsprozessen mit dem Ziel, dass die arbeitenden Menschen in **produktiven und effizienten Arbeitsprozessen**

- schädigungslose, **ausführbare, erträgliche** und beeinträchtigungsfreie Arbeitsbedingungen vorfinden,
- Standards **sozialer Angemessenheit** nach Arbeitsinhalt, Arbeitsaufgabe, Arbeitsumgebung sowie Entlohnung und Kooperation erfüllt sehen,
- Handlungsspielräume entfalten, Fähigkeiten erwerben und in Kooperation mit anderen ihre **Persönlichkeit erhalten und entwickeln** können.“ [Luczak, Volpert u. a., 1989, S. 59]

Die Arbeitswissenschaft trägt also dazu bei die subjektbezogene Last der Arbeit, die Anstrengung und die Beanspruchung zu reduzieren und zugleich die objektbezogene Leistung bei der Erstellung des Werks oder der Dienstleistung zu verbessern. Dies betrifft alle Menschen sowohl im beruflichen als auch im privaten Umfeld.

Um diese Zielsetzung zu erreichen, integriert die Arbeitswissenschaft Erkenntnisse zahlreicher Aspektwissenschaften, wie die Ingenieurwissenschaften, die Psychologie, die Wirtschaftswissenschaften, die Soziologie oder die Medizin. Eine anschauliche Übersicht zeigt die Systematik der Einflussfaktoren auf die menschliche Leistung (s. Abbildung 1). Um z. B. bei körperlicher Schwerarbeit aus gesundheitlicher und ökonomischer Sicht optimal zu arbeiten, helfen die ökonomischen Erkenntnisse bei der Arbeitsorganisation (das Arbeitszeit-Pausenregime) und das Belastungs-Beanspruchungskonzept der Arbeitsphysiologie. Die von den Psychologen Hacker und Volpert [Hacker, 2005] postulierte Handlungsregulationstheorie liefert einen systematischen Rahmen für einzelne Entscheidungs- und Handlungsschritte.

Arbeitswissenschaftliche Methoden, wie die „Ergonomische Analyse“ oder die „Arbeitsplatzanalysen“, nutzen die wissenschaftlichen Erkenntnisse, um Arbeitsplätze, die Arbeitsorganisation oder technische Vorbedingungen zu optimieren.

Das Verständnis der menschlichen Leistungsfaktoren erleichtert die subjektive Einschätzung der eigenen Erfolgsaussichten und die Gestaltung der Arbeitsbedingungen. Das Belastungs-Beanspruchungskonzept ermöglicht die persönliche Leistung zu optimieren, ohne sich psychisch oder physisch zu überfordern.

Im Rahmen der Lehrerbildung und für den Unterricht an allgemeinbildenden Schulen werden für alltägliche bzw. für berufsfeldübergreifende Probleme nach arbeitswissenschaftlichen Gesichtspunkten Erkenntnisse der Aspektwissenschaften ausgewählt. Rauner [2017] zeigt zudem für die beruflichen Schulen, welchen Einfluss die Leitidee von der Mitgestaltung der Arbeitswelt auf die Berufsbildungsplanung und -forschung sowie auf die Gestaltung beruflicher Bildungsprozesse hat. Schlanke Organisationsstrukturen in der Arbeitswelt erfordern mitdenkende Arbeitnehmer und Arbeitnehmerinnen, die die Prozesse der Arbeitswelt mitgestalten.

Das komplexe Zusammenspiel von Arbeit, Technik und Bildung betrifft alle Menschen. Grundlegende arbeitswissenschaftliche Zusammenhänge sind ein wichtiger Teil der Allgemeinbildung.

### **Der Beitrag der Arbeitswissenschaft zur Allgemeinbildung**

Die Arbeitswissenschaft bietet dazu wesentliche Grundlagen. Wenn man menschliche Arbeit allgemein als zielgerichtetes Handeln versteht, hilft die Arbeitswissenschaft menschliche Arbeit zu verstehen, sie leitet Regeln und Gesetzmäßigkeiten ab und liefert die Grundlagen für die Bewertung und Gestaltung der organisatorischen, wirtschaftlichen, technischen und rechtlichen Rahmenbedingungen. Ihre Erkenntnisse dienen allen Menschen, um gesund, leistungsstark und zufrieden im Beruf und zuhause zu arbeiten bzw. zu handeln.

Die Praxeologien der Arbeitswissenschaft, wie die Ergonomie oder die Berufskunde, leiten aus den wissenschaftlichen Modellen praxistaugliche Regeln und Methoden ab. Diese zeigen beispielhaft, wie abstrakte wissenschaftliche Zusammenhänge unterschiedlicher Wissenschaftsdisziplinen für eine konkrete Lebensaufgabe vereinfacht und nutzbar gemacht werden kann. Damit können diese auch von allen genutzt werden.

So zeigt z. B. der von Kassirra in diesem Heft vorgestellte konkrete Diagnostikfragebogen, wie die Systematik der Berufsanforderungen, allgemeine Erkenntnisse der Eignungsdiagnostik und das Modell der Belastung und Beanspruchung unterrichtspraxisgerecht für den Unterrichtseinsatz aufbereitet werden kann.



Abbildung 1: Systematik der Einflussfaktoren auf die menschliche Leistung (performance shaping factors) [Schmidtke, 1993]

Die Problemstellungen der Arbeitslehre veranschaulichen zudem beispielhaft die Anwendung und die Lebensbedeutsamkeit der Lerninhalte der anderen Schulfächer. Um die Aufgaben zu bewältigen, muss gerechnet (Mathematik), kommuniziert (Deutsch) und beurteilt (Religion, Ethik) werden. Dies betrifft zunächst den persönlichen Bereich, z. B. bei der Anschaffung eines neuen Handys. Welche Strahlenbe-

lastung ist tolerierbar? Dies kann direkt auf den politischen Bereich übertragen werden, wenn auf dem Nachbarhaus eine Mobilfunkantenne installiert wird. Das Belastungs-Beanspruchungsmodell ermöglicht das Gesundheitsrisiko objektiv abzuschätzen.

Am Lehrstuhl für Ergonomie werden die wesentlichen arbeitswissenschaftlichen Grundlagen für Lehramtsstudierende angeboten.

## Umsetzung in der Lehrerbildung

Das interdisziplinäre Lehrangebot umfasst Lehrveranstaltungen für angehende Lehrkräfte an beruflichen Schulen und an Mittel- und Förderschulen. Da-

rüber hinaus werden im Rahmen einer bayernweiten Lehrerfortbildung Workshops für alle Lehrkräfte in der Fakultät Maschinenwesen organisiert.

Die Lehramtsstudierenden an beruflichen Schulen können im Rahmen ihres Master Studienganges im Pflichtmodul Recht die Vorlesung „Berufsbildungs- und Arbeitsrecht“ und im Rahmen der Wahlmodule



Sozialwissenschaften die Vorlesung „Arbeitswissenschaft / Ergonomics“ hören.

Die beiden Teilstudiengänge Arbeitslehre (s. Tabelle 1) bereiten auf die unterrichtspraktische Arbeit als Lehrkraft im Unterrichtsfach „Arbeit-Wirtschaft-Technik“ (AWT) bzw. „Wirtschaft und Beruf“ (WiB) an Mittelschulen und „Berufs- und Lebensorientierung“ (BLO) an Förderschulen vor. Für die beiden Teilstudiengänge „Arbeitslehre“ und „Arbeitslehre als Didaktikfach“ bilden arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse die dominierende Grundlage.

Tabelle 1: Studienplan des Fachs Arbeitslehre an Mittelschulen vom 23.6.2016.

| Nr.     | Veranstaltung  |
|---------|--|
| 1<br>1a | <b>Arbeit</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Arbeitswissenschaft/Ergonomics</b></li> </ul>  |
| 1b      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Ergonomisches Praktikum für Lehramt</b></li> </ul>   |
| 2<br>2a | Ergonomie Vertiefung <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Produktionsergonomie</b></li> </ul>   |
| 2b      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Erweitertes Ergonomisches Praktikum</b></li> </ul>   |
| 3a      | Arbeitstechnologie <ul style="list-style-type: none"> <li>• Techn. Betriebsführung (Mensch und Produktion)</li> </ul>                                    |
| 3b      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Arbeitsschutz und Betriebssicherheit</li> </ul>   |
| 4<br>4a | Arbeitswissenschaft Vertiefung <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Berufsbildungs- und Arbeitsrecht</b></li> </ul>                               |
| 4b      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Statistik</b></li> </ul>   |
| 4c      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Statistik-Übungen</b></li> </ul>   |
|         | Wahlbereich Arbeit <ul style="list-style-type: none"> <li>• Arbeits- und Organisationspsychologie</li> <li>• Arbeits- und Industriesoziologie</li> </ul> |

|           |  |
|-----------|--|
| 5<br>5a   | <b>Beruf</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Einführung in die Berufskunde</b></li> </ul>                  |
| 5b        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Betriebliche Ausbildung mit Exkursionen</b></li> </ul>                     |
| 6<br>6a   | Berufskunde Vertiefung: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Berufswahl und -beratung</b></li> </ul>            |
| 6b        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Berufskundliches Seminar</b></li> </ul>                                    |
| 7         | <b>Wirtschaft</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Betriebswirtschaftslehre</b></li> </ul>                  |
| 8a        | Wirtschaft Vertiefung: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grundzüge der Volkswirtschaftslehre</li> </ul>         |
| 9<br>9a   | <b>Technik</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Technik Anwendungen</b></li> </ul>                          |
| 9b        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Grundlagen der Technik</b></li> </ul>                                      |
| 10<br>10a | Technik Vertiefung <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Technik im Unterricht</b></li> </ul>                    |
| 10b       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Soziale Aspekte der Informationstechnik</b></li> </ul>                     |
| 10c       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Technik, Wirtschaft und Gesellschaft</li> </ul>                               |
| 11<br>11a | <b>Fachdidaktik</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Fachdidaktik Arbeitslehre</b></li> </ul>               |
| 11b       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Arbeitslehre Didaktik und Methodenseminar</b></li> </ul>                   |
| 12<br>12a | Arbeitslehre Vertiefungsseminare <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Arbeitslehre Praxisseminar</b></li> </ul> |
| 12b       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Arbeitslehre Prüfungsvorbereitungsseminar</b></li> </ul>                   |
| 12c       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Arbeitslehre Begleitseminar zum Schulpraktikum</b></li> </ul>              |
| 13        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Wirtschaft- und Sozialpraktikum</b></li> </ul>                             |

---- vom LfE angebotene Veranstaltungen,

**Fett:** Lehrveranstaltungen im Didaktikfach

Deren Bedeutung verdeutlicht auch der Lehrplan des Fachs „Wirtschaft und Beruf“ an bayerischen Mittelschulen. Dort werden Schülerinnen und Schüler unterrichtet, die besonders jung ins Berufsleben eintreten, früh eine Berufsentscheidung treffen und sich im Arbeitsalltag zurechtfinden müssen. Die Schule vermittelt eine allgemeine Berufsorientierung vor der späteren spezialisierten Berufsausbildung. Der Lehrplan thematisiert die Gegenstandsbereiche Beruf, Wirtschaft, Technik und Recht, um die Schülerinnen und Schüler auf das Leben in den Rollen als kompetente Wirtschaftsbürger und Produzenten von Waren und Dienstleistungen vorzubereiten. Die verbindende Klammer ist der Gegenstandsbereich „Arbeit“, basierend auf arbeitswissenschaftlichen Erkenntnissen. Die Schülerinnen und Schüler sollen gesund, effizient und zufrieden handeln lernen.

Die Absolventen der Mittel- und Förderschulen werden durch diese Fächer besonders auf die Berufswahl und das Arbeits- und Wirtschaftsleben vorbereitet (Fachprofil des Schulfaches Arbeit-Wirtschaft-Technik, Kapitel 3). Durch Änderungen in unserer Gesellschaft und in unserem Bildungssystem erfahren die bayerischen Mittelschulen erweiterte Aufgaben, da die unmittelbare Vorbereitung auf das Arbeits- und Wirtschaftsleben besonders für diese Schülerinnen und Schüler (im Rahmen der Inklusion, vermehrte Rückkehrer der Realschulen und Gymnasien, zunehmende Zahl der Flüchtlinge, sich rasch verändernde Berufsanforderungen) eine intensive Unterstützung bedürfen.

Im Zuge der Ausrichtung der Schulen hin zu einer „vertieften Berufsorientierung“ und der „Kompetenzorientierung“ in den neuen bayerischen Lehrplänen kommt der Arbeitslehre somit eine größer werdende Bedeutung innerhalb des Fächerkanons der Schulen zu, da in diesem leit- und profilbildenden Fach der Mittelschulen fächerübergreifende Zusammenhänge für das Arbeits- und Alltagsleben der Schülerinnen und Schüler analysiert und anwendungsorientiert nutzbar vermittelt werden.

Arbeitslehre bietet zudem die Chance, eine „technische Grundbildung“ in allgemeinbildenden Schulen in Bayern zu stärken. Die TU München hat in Bayern auch die Aufgabe und die besondere Kompe-

tenz, technische Bildung an Schulen zu fördern. Aus bildungspolitischer Sicht bietet der Teilstudiengang Arbeitslehre die Möglichkeit aufzuzeigen, wie naturwissenschaftliche Erkenntnisse von den Technik- und Wirtschaftswissenschaften genutzt werden, um Probleme und Entscheidungen im Arbeits- und Alltagsleben fachübergreifend zu lösen. Es verbindet die in den Naturwissenschaften erforderliche Kompetenz der Analyse mit der Kreativität der Ingenieurwissenschaften und nutzt abstrakte wissenschaftliche Erkenntnisse der unterschiedlichen Disziplinen für reale und konkret nutzbare Lösungen. [nach Rausch, 2016]

Das Angebot des Lehrstuhls im Rahmen der Lehrerfortbildung ist stärker „technikorientiert“. Hier werden Workshops verschiedener Lehrstühle in der Fakultät Maschinenwesen organisiert. Die Lehrkräfte lösen in kleinen Gruppen aktuelle Forschungsfragen aus der Raumfahrt, der Fertigungstechnik oder der Ergonomie in den Werkstätten und Laboren der Lehrstühle. So erhalten Sie motivierende Anwendungsbeispiele für ihren Mathematik- und Physikunterricht. Sie können ihren Schülern zeigen, wie mathematische und naturwissenschaftliche Erkenntnisse kreativ mit Hilfe der Technik für Menschen nutzbar werden und erleben an konkreten Beispielen wie konkurrierende Ziele und Wünsche bei jeder Entscheidung im Konstruktionsprozess routinemäßig abgewogen werden müssen.

## Ausblick

Der Lehrstuhl für Ergonomie bietet in der Lehrerbildung arbeitswissenschaftliche Grundlagen an, die wissenschaftlich fundiert wesentlich die Handlungskompetenz fördern. Das Lehrangebot richtet sich an alle Lehrkräfte in allen Schularten, denn diese Erkenntnisse können effektiv fächerübergreifend in allen Schulfächern und von allen Schülerinnen und Schülern genutzt werden.

Vielleicht lassen sich dadurch die Ergebnisse der bayerischen Schulen in den Pisa-Studien noch weiter steigern?

## Literatur

- Hacker, Winfried (2005): Allgemeine Arbeitspsychologie: Psychische Regulation von Wissens-, Denk- und körperlicher Arbeit. 2. Aufl. Bern: Huber.
- Klafki, Wolfgang (1996): Neue Studien zur Bildungstheorie und Didaktik. Zeitgemäße Allgemeinbildung und kritisch-konstruktive Didaktik. Weinheim, 5. Auflage.
- Luczak, H.; Volpert, W.; Raeithel, A. und Schwier, W. (1989): Arbeitswissenschaft - Kerndefinition , Gegenstandskatalog und Forschungsgebiete (3. Aufl.). Eschborn: RKW; Köln: TÜV Rheinland.
- Rauner, Felix (2017): Grundlagen beruflicher Bildung. Mitgestalten der Arbeitswelt. Vbv Bielefeld.
- Rausch, Herbert (2016): Studiengangsdokumentation Arbeitslehre. TU München.
- Reuel, Günter (1984): Arbeitslehre. Eine Integrationsidee ohne Integrationswillige. Das Integrationsproblem der Arbeitslehre. In arbeiten+lernen/Die Arbeitslehre Heft 33/1984, S. 16.
- Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung (2016): LehrplanPlus. <http://www.lehrplanplus.bayern.de/schulart/mittelschule> (1.5.17).
- Schmidtke, Heinz (1993): (Hrsg.): Ergonomie. Hanser, 3. Auflage.
- Volpert, Walter (1971): Sensumotorisches Lernen. Frankfurt am Main: Fachbuchhandlung für Psychologie. S. 21.

# Wandel in der Arbeitswelt: Ein neues Konzept für das Praxisseminar

Ralf Kassirra

## Hintergrund und Motivation

Industrie 4.0 und Arbeit 4.0 sind zwei weite Felder staatlich initiierten Forschungsprojekte, deren erste Ausrichtung eine zunehmende Relevanz lebenslang nutzbarer Kompetenzen prognostiziert (z.B. acatech 2016). Kompetenzen sind in diesem Sinne Befähigungen „zur Bewältigung von herausfordernden Situationen, Sachverhalten oder Aufgaben, die dem Anspruch einer hohen Komplexität, Mehrdeutigkeit und Unbestimmtheit gerecht werden“ (Clement 2008; in: Jung 2010 S.24). Zu solchen Herausforderungen im Bereich der modernen Arbeitswelt gehört die Berufswahl, die sich, wie die aktuelle Sozialforschung belegt (z.B. Knauf & Rosowski 2009; Dimbath 2003), im Verlaufe einzelner Lebensbiografien als Entscheidungssituation immer häufiger wiederholt.

In Anlehnung an Lipowski und Kaak (Lipowski & Kaak 2015) wird die Entscheidung im Übergang von der allgemeinbildenden Schule zum Beruf nicht nur immer komplexer (Knauf & Oechsle 2007) sondern wird häufig auch immer weiter aufgeschoben. Rund ein Fünftel unserer Jugendlichen in der Bundesrepublik befinden sich in Maßnahmen des Übergangssystems, wie im Berufsvorbereitenden Jahr oder in Berufsvorbereitenden Bildungsmaßnahmen (Berufsbildungsbericht 2013). Dass die erste Berufswahlentscheidung häufig nicht die richtige ist, zeigt die Tatsache, dass 25% aller Ausbildungen im dualen System abgebrochen werden (Berufsbildungsbericht 2014).

Die zu erwartende zukünftige Entwicklung der Arbeits- und Berufswelt wird wohl zu einer noch höheren Relevanz einer soliden Berufswahlkompetenz führen. Dies lässt eine gezielte Anbahnung und Förderung dieser lebenslang bedeutsamen Kompetenz in Schule und Unterricht als zwingend notwendig erscheinen.

Im Bereich Didaktik der Arbeitslehre am Lehrstuhl für Ergonomie werden zukünftige Lehrerinnen und Lehrer an Mittel- und Förderschulen unter anderem im Gegenstandsbereich Berufsorientierung ausgebildet. Die Möglichkeit der Neugestaltung einzelner

Lehrveranstaltungen im Zuge einer ab dem Wintersemester 2016/2017 neu eingeführten Fachprüfungs- und Studienordnung wurde genutzt, um die Förderung der Berufswahlkompetenz zum begleitenden Thema eines gesamten Semesters werden zu lassen.

## Berufswahlkompetenz

Als wissenschaftlicher Rahmen für das neue Praxisseminar wurde das Thüringer Berufswahlkompetenzmodell (z.B.: Diesel-Lange et al., 2006; Diesel-Lange et al. 2010; Kaak, Diesel-Lange et al. 2013;) gewählt. Dieses Modell wurde ab 2007 im Rahmen eines Projektes des Landes Thüringen an den Universitäten Jena und Erfurt entwickelt. Es führt sämtliche bisherigen Modelle zur Berufswahlreife bzw. -kompetenz (z.B. Seifert & Stangl 1986; Crites & Savickas 1995, Künzli & Zihlmann 2008 oder Betz et al. 1996) in sinnvoller Weise unter einer ganzheitlichen Perspektive zusammen, ergänzt diese um neu entwickelte Items und differenziert schließlich Berufswahlkompetenz in die Bereiche Wissen, Motivation und Handlung (vgl. Abb 1).

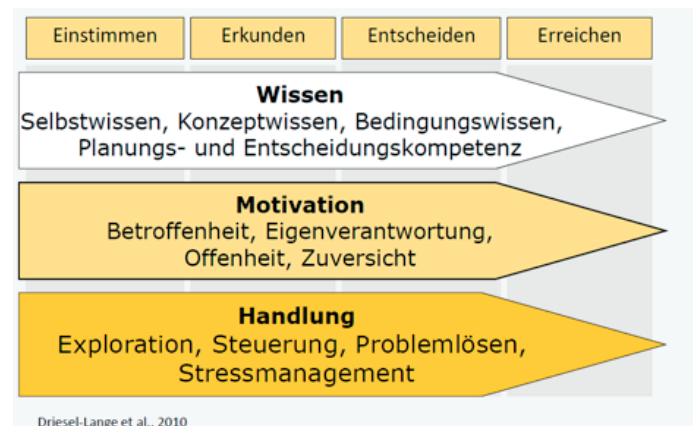


Abb. 1: Das Thüringer Berufswahlkompetenzmodell (Quelle: Diesel-Lange et al., 2010)

Berufswahlkompetenz besteht aus vielen Anforderungen (nach Diesel-Lange et al. 2006; S.7): Ziel führend ist zuerst, dass die Berufswahl als zentrale Entwicklungsaufgabe akzeptiert wird. Berufswahl-



kompetenz umfasst die intensive Auseinandersetzung mit den eigenen Interessen, Neigungen, Chancen auf dem Arbeitsmarkt sowie mit der Passung zwischen persönlichen Fähigkeiten und Fertigkeiten und den konkreten Anforderungen bestimmter Berufe. Selbständiges Orientieren und Planen im Kontext der Berufswahl sind weitere Kriterien wie auch die Verfügbarkeit passender Problemlösestrategien bei auftretenden Problemen im Rahmen der Berufswahl. (alles nach Diesel-Lange et al. 2006; S.7)

Dieser ganzheitliche Blick auf Berufswahlkompetenz bietet einen fundierten inhaltlichen Rahmen für die Neukonzeption des Praxisseminars, das im vergangenen Wintersemester erstmals acht besonders interessierten Studierenden des Lehramts an Mittelschulen überwiegend fakultativ angeboten wurde.

### **Zielsetzung des Seminars**

Das weite Spektrum der Teilbereiche innerhalb der Berufswahlkompetenz, deutet darauf hin, dass hier eine individuelle und gezielte Förderung einzelner Teilkompetenzen sinnvoll ist. Dies kann besonders dann gewährleistet werden, wenn einzelne Schülerinnen und Schüler von jeweils einer Studierenden bzw. einem Studierenden betreut und gezielt unterstützt werden.

Vor diesem Hintergrund ergibt sich als zentrale Zielsetzung des Seminars für involvierte Schülerinnen und Schüler die messbare Förderung einzelner Teilkompetenzen im Bereich der Berufswahlkompetenz. Hierbei erscheint es sinnvoll, diejenigen Bereiche zu fördern, die unterdurchschnittlich vorhanden sind. Diese Bereiche konnten anhand des Einsatzes des recht detaillierten und bereits validierten Fragebogens zur Messung der Berufswahlkompetenz (Kaak, Diesel-Lange et al. 2013b) nach dem Thüringer Modell zu Beginn des Seminars identifiziert werden. Als weitere Ziele wurden die Unterstützung im Bewerbungsprozess und das Finden einer festen Ausbildungsstelle beschrieben.

Auf Seiten der Lehramtsstudierenden stand die Vermittlung von fundiertem Wissen über Berufswahlkompetenz, die Einsicht in die Relevanz der Berufswahl als zentrale Aufgabe und die Förderung von Empathie hinsichtlich der konkreten Lebenssituation der Jugendlichen mit aktuellen Herausforderungen und Problemen im Vordergrund.

### **Didaktische Konzeption und Organisation**

Als Partner für Konzeption und Erprobung des neuen Seminarkonzeptes konnten die Münchner Mittelschule am Winthirplatz und die dort tätige Klassenlehrerin Katharina Roth gewonnen werden. Den Schülerinnen und Schülern der neunten Klasse wurde angeboten, über drei Monate von einer Studierenden bzw. einem Studierenden im Bereich der Bewerbung und Berufswahl individuell unterstützt zu werden. Zur Einführung des Projektes durften sich interessierte Schülerinnen und Schüler unter den Studierenden einen persönlichen Coach frei auswählen. Das weitere Handeln der Studierenden orientierte sich konsequent an den Prinzipien des Einzelcoachings (vgl. Bamberger 2005). Es sollte von den Studierenden im Wesentlichen „Hilfe zur Selbsthilfe“ gegeben werden. Man begegnet sich im Coaching, anders als in der Lehrer-Schüler-Beziehung, auf derselben hierarchischen Ebene. Ziele und Vereinbarungen werden gemeinsam formuliert und vereinbart. Leitend ist dabei für den Coach das aktive und gezielte Fragen, welches dem gesamten Coachingprozess die Struktur gibt. Im Rahmen erster Treffen machten sich Coach (Studierende) und Coachee (Schülerinnen oder Schüler) miteinander vertraut, die erste Befragung zur Messung der Berufswahlreife wurde durchgeführt und erste Ziele wurden vereinbart (Siehe Abb. 2).



Abb. 2: Zeitlicher Verlauf des Praxisseminars

In der folgenden Zeit ging es rund zwei Monate lang (vgl. Abb. 2) um die gemeinsame Planung und Umsetzung geeigneter Interventionen bzw. Aktivitäten zur gezielten Förderung der Berufswahlkompetenz (vgl. auch folgendes Kapitel). Diese fanden im Rahmen regelmäßiger Treffen in der Schule oder anderen sinnvoll gewählten Orten auch außerhalb der Schulzeit statt. Währenddessen erfolgte je nach Bedarf ein enger Austausch mit der Klassenleiterin, den Eltern und Geschwistern, Betrieben, der Sozialarbeiterin der Schule oder dem Dozenten. In einer abschließenden Phase wurde dann zur Evaluierung der Veranstaltung wiederholt die Berufswahlkompetenz mit Hilfe des Thüringer Fragebogens gemessen und ein persönliches und gesamtes Resümee zum Erfolg der Veranstaltung gezogen. Als Prüfungsleistung dokumentierten die Studierenden ihre Aktivitäten innerhalb des Berufswahlcoachings und die Messergebnisse zur Berufswahlkompetenz mit individueller Interpretation in schriftlichen Seminararbeiten.

## Interventionen und Aktivitäten zur Förderung

Zwischen dem 28.11.2016 und dem 20.01.2017 (vgl. Abb. 2) wurden außerhalb der regelmäßigen Treffen folgende Aktivitäten zur Förderung der Berufswahlreife angeleitet bzw. durch die Studierenden begleitet:

- Einrichten einer bewerbungskonformen und seriös wirkenden E-Mailadresse

- Unterstützung beim Erstellen einer schriftlichen Bewerbung (um einen Praktikums- oder Ausbildungsplatz)
- Hilfestellung bei Telefonaten mit Betrieben
- Vorbereitung auf Bewerbungsgespräche
- Begleitung zu Bewerbungsgesprächen
- gemeinsamer Besuch im Berufsinformationszentrum der Arbeitsagentur
- Besuch einer Ausbildungsmesse
- Recherche nach geeigneten Ausbildungsplätzen
- Vermittlung und Recherche möglicher Praktikumsbetriebe
- Besuch und Betreuung im Betriebspraktikum
- Gespräche mit Eltern und älteren Geschwistern
- Enger Austausch mit der Klassenlehrerin
- Enger Austausch mit der Schulsozialarbeiterin
- Austausch mit Vertretern von Betrieben
- Austausch mit Fachlehrkräften

Grundsätzlich waren bei der Gestaltung und Auswahl geeigneter Maßnahmen zur individuellen Förderung der Berufswahlkompetenz die Ergebnisse der ersten Befragung zur Messung der Berufswahlkompetenz leitend. Die konsequente Ausrichtung des pädagogischen Handelns an den individuellen Messergebnissen bildet gleichzeitig einen Maßstab für die Beurteilung des professionellen Handelns der Studierenden.

## Messung von Berufswahlkompetenz und Interpretation

Zur Messung der Berufswahlkompetenz wurde der standardisierte Fragebogen, der im Rahmen des

Thüringer Forschungsprojektes ThüBom entwickelt wurde (Kaak, Driesel-Lange et al. 2013a + b), genutzt. Dieser untergliedert sich in genau die Teilbereiche des bereits beschriebenen zugrunde liegenden Modells der Berufswahlkompetenz (vgl. Abb. 1). Die interne Konsistenz liegt für eine Stichprobengröße von  $N = 942$  für die Skalen der einzelnen Kompetenzaspekte zwischen .69 und .88 (Cronbachs Alpha), für den Gesamttest bei .90. Die Befragung wurde mit jeder teilnehmenden Schülerin und jedem Schüler einmal gleich zu Beginn des ersten Treffens (t1) und einmal am Ende des letzten Treffens (t2) im Rahmen des Einzelcoachings schriftlich unter ähnlichen Bedingungen durchgeführt. An den Erhebungen nahmen die acht Schülerinnen und Schüler (5 Mädchen und 3 Jungs) der neunten Klasse teil, die im Rahmen der Coachingmaßnahme betreut wurden.

Der Vergleich sämtlicher Einzelergebnisse zeigt bei allen acht Schülerinnen und Schülern deutliche Zunahmen der Mittelwerte (also um mindestens 0,5) in den Bereichen des Konzeptwissens (durchschnittlicher Mittelwert t1: 1,23; SD: 0,51 durchschnittlicher Mittelwert t2: 2,22; SD: 0,57 für  $N = 8$ ) und der Exploration (durchschnittlicher Mittelwert t1: 1,29; SD: 0,42 durchschnittlicher Mittelwert t2: 1,80; SD: 0,56 für  $N = 8$ ). Dies ist wohl darauf zurückzuführen, dass bei allen Schülerinnen und Schülern mit großem Zeitanteil Interventionen umgesetzt wurden, die zur vertieften inhaltlichen Auseinandersetzung mit Berufsbildern und Zugangsvoraussetzungen führten und auch praktische berufliche Erfahrungen ermöglichten. Bei dreien der acht Schülerinnen und Schüler verschlechterten sich die Werte für den Bereich der Entscheidungs- und Planungskompetenz deutlich. Dies könnte damit zusammen hängen, dass erst durch die intensive Auseinandersetzung mit Frage- und Problemstellungen der eigenen Berufswahl Defizite im Bereich der eigenen Entscheidungs- und Planungskompetenz bewusst werden. Genauso kann die Abnahme im Bereich der Einschätzung des Selbstwissens bei zwei Schülern erklärt werden.

In allen anderen Teilbereichen nehmen die entsprechenden Mittelwerte von t1 auf t2 immer leicht ( $>0,5$ ) zu (vgl. Tab. 1).

Tab. 1: Mittelwerte der Befragung im Überblick

|                            |                               | GESAMT m (N = 8) |                 |
|----------------------------|-------------------------------|------------------|-----------------|
| Berufswahlkompetenz        |                               | m(t1)            | m(t2)           |
| Wissen                     | Selbstwissen                  | 2,21 (SD:0,30)   | 2,27 (SD:0,47)  |
|                            | Konzeptwissen                 | 1,23 (SD:0,51)   | 2,22 (SD:0,57)  |
|                            | Bedingungswissen              | 1,88 (SD:0,61)   | 2,11 (SD: 0,50) |
|                            | Entscheidungs- und Planungsk. | 2,03 (SD:0,59)   | 2,22 (SD:0,57)  |
| Gesamt Wissen              |                               | 1,84             | 2,21            |
| Motivation                 | Betroffenheit                 | 2,31 (SD:0,87)   | 2,69 (SD:0,50)  |
|                            | Eigenverantwortung            | 2,19 (SD:0,69)   | 2,4 (SD:0,55)   |
|                            | Offenheit                     | 1,66 (SD:0,56)   | 1,94 (SD:0,74)  |
|                            | Zuversicht                    | 2,21 (SD:0,38)   | 2,27 (SD:0,35)  |
| Gesamt Motivation          |                               | 2,09             | 2,36            |
| Handlung                   | Exploration                   | 1,29 (SD:0,42)   | 1,8 (SD:0,56)   |
|                            | Steuerung                     | 2,0 (SD:0,50)    | 2,2 (SD:0,39)   |
|                            | Problemlösen                  | 2,18 (SD:0,47)   | 2,18 (SD:0,31)  |
|                            | Stressmanagement              | 1,6 (SD:0,77)    | 1,63 (SD:1,10)  |
| Gesamt Handlung            |                               | 1,83             | 1,98            |
| Gesamt Berufswahlkompetenz |                               | 1,92             | 2,17            |

Aufgrund der geringen Stichprobengröße können die Werte nicht als repräsentativ für den generellen und übertragbaren Erfolg des gesamten Seminars angesehen werden. Ebenso wirkt sich begrenzend hinsichtlich der Aussagekraft der generierten Daten aus, dass weitere Einflussfaktoren aus dem Bereich des regulären berufsorientierenden schulischen Unterrichts und dem privaten Umfeld nicht kontrolliert wurden.

## Ausblick

Sowohl die Messergebnisse zur Förderung der Berufswahlkompetenz, als auch die positiven Rückmeldungen der Studierenden im Rahmen der Evaluation belegen, dass hier dem Team des Bereichs Arbeitslehre in Kooperation mit der Lehrerin Katharina Roth und der Münchner Mittelschule am Winthirplatz die zielführende Neugestaltung einer handlungsorientierten Lehrveranstaltung gelungen ist. Mit derartigen Seminarveranstaltungen kann es auch künftig weiterhin gelingen, Studierenden den Nutzen theoretischer Fachinhalte für die schulpraktische Anwendung unmittelbar durch eigene Erfahrung bewusst zu machen und sie damit für eine vertiefte Auseinandersetzung mit aktuellen Erkenntnissen der empirischen Lehr-Lernforschung zu motivieren.

## Literatur

- acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (2016): Kompetenzen für Industrie 4.0. Qualifizierungsbedarfe und Lösungsansätze.
- Bamberger, G. (2005): Lösungsorientierte Beratung. Weinheim.
- Berufsbildungsbericht 2013 vorgelegt von der Bundesministerin für Bildung und Forschung. Berlin.
- Berufsbildungsbericht 2014 vorgelegt von der Bundesministerin für Bildung und Forschung. Berlin.
- Betz, N.E.; Klein, K.; Taylor, K.M. (1996): Evaluation and outcome expectations influence career exploration and decidedness. In: *Career Development Quarterly*. Ausgabe 46. S.179-189.
- Crites, J.O.; Savickas, M.L. (1995): *Career Maturity Inventory – sourcebook*. Boulder.
- Diesel-Lange, K.; Dietrich, J.; Hany, E. (2006): Interventionen zur Berufsorientierung in der gymnasialen Mittelstufe: Fördern Trainings die Berufswahlkompetenz? In: Kracke, B.; Hany, E.: *Schriften zur Berufsorientierungsforschung*. Heft 3.
- Diesel-Lange, K.; Hany, E.; Kracke, B.; Schindler, N. (2010): Berufs- und Studienorientierung. Erfolgreich zur Berufswahl. Ein Orientierungs- und Handlungsmodell für Thüringer Schulen. In: *Thüringer Institut für Lehrerfortbildung, Lehrplanentwicklung und Medien* (Hrsg.): *Materialien Nr. 165*. Bad Berka.
- Diesel-Lange, K.; Kracke, B.; Hany, E.; Schindler, N. (2013): Das Thüringer Berufsorientierungsmodell: Charakteristika und Bewährung. In: BRÜGGEMANN, T./RAHN, S. (Hrsg.): *Berufsorientierung: Ein Lehr- und Arbeitsbuch*. Münster, 281-297.
- Dimbath, O. (2003): Entscheidungen in der individualisierten Gesellschaft. Eine empirische Untersuchung zur Berufswahl in der fortgeschrittenen Moderne. Wiesbaden.
- Jung, E. (2010): *Kompetenzerwerb. Grundlagen, Didaktik, Überprüfbarkeit*. München. Oldenbourg Verlag.
- Kaak, S.; Diesel-Lange, K.; Kracke, B.; Hany, E. (2013a): Diagnostik und Förderung der Berufswahlkompetenz Jugendlicher. In: *bwp@ Spezial 6 – Hochschultage Berufliche Bildung 2013, Workshop 14*, hrsg. V. Diesel-Lange, K.; Dreer, B., 1-13.
- Kaak, S.; Diesel-Lange, K.; Kracke, B.; Hany, E. (2013b): Fragebogen Berufswahlkompetenz; erstellt im Rahmen des Projektes „ThüBom“. Online verfügbar unter: <https://www.schulportal-thueringen.de/berufsorientierung> (zuletzt abgerufen am 13.04.2017 um 12:33 Uhr)
- Knauf, H.; Oechsle, M. (2007): Berufsfindungsprozesse von Abiturientinnen und Abiturienten im Kontext schulischer Angebote zur Berufsorientierung. In: Kahlert, H.; Mansel, J. (Hrsg.): *Bildungs und Berufsorientierung. Der Einfluss von Schule und informellen Kontexten auf die berufliche Identitätsentwicklung*. Weinheim und München. S. 143-162.
- Knauf, H.; Rosowski, E. (2009): Wie tragfähig ist die Studien- und Berufswahl? Biographische Verläufe und Orientierungsprozesse nach dem Abitur. In: Oechsle, M.; Knauf, H.; Maschetzke, Ch.; Rosowski, E. (Hrsg.): *Abitur und was dann? Berufsorientierung und Lebensplanung junger Frauen und Männer und der Einfluss von Schule und Eltern*. Wiesbaden. 1. Auflage. S.283-324.
- Künzli, H.; Zihlmann, G. (2008): Wirkungen von Laufbahnberatungen erfassen. In: Läge, D.; Hirschi, A. (Hrsg.): *Berufliche Übergänge*. Zürich. S. 113-131.
- Lipowski, K.; Kaak, S. (2015): Förderung mit der Gieskanne! Wissenschaftliche Befunde für die Individualisierung des Berufsorientierungsprozesses. Vortrag im Rahmen der Fachtagung Instrumente der Berufsorientierung - Befunde, Qualitätsmanagement und Beispiele guter Praxis am Zentrum für Berufsorientierungs- und Berufsverlaufs-forschung Bielefeld.
- Seifert, K. H.; Stangl, W. (1986): Der Fragebogen Einstellungen zur Berufswahl und beruflichen Arbeit. In: *Diagnostica*, 32, 153-164.



# Digitalisierung und Industrie 4.0 - Welche Kompetenzen braucht die digitale Zukunft?

Carmen Aringer-Walch, Caroline Adam

## Digitalisierung und Industrie 4.0

Industrie 4.0, Digitalisierung, digitaler Wandel – diese Schlagworte sind derzeit in aller Munde. Nicht nur in der Fachwelt, sondern auch in den klassischen Medien trifft man regelmäßig auf Beiträge und Überschriften wie: „Die Roboter kommen: Industrie 4.0 verändert die Arbeitswelt“<sup>1</sup> oder „Wem nutzt Industrie 4.0?“<sup>2</sup>. „Kaum ein Thema nach James Watts Dampfmaschine und Henry Fords Fließbandmontage wurde derartig strapaziert. Dabei beschreibt Industrie 4.0 weder ein Produkt noch einen Prozess noch ein Projekt. Vielmehr handelt es sich um einen Appell, die moderne Informations- und Kommunikationstechnologie innovativ zu nutzen.“ (Reinhardt, Bengler, Simon, Merkel, Vernim, Aringer 2017, S.3). Die Vernetzung von Services und Objekten führte bereits zu neuen (teils auch disruptiv genannten) Geschäftsmodellen, wie bspw. der Taxi-App Uber in den USA. Im Bereich der Produktion wird mit der Thematik (und unter dem Schlagwort Industrie 4.0) die Hoffnung verbunden, flexibler und effizienter individuelle Kundenwünsche (bspw. im Automobilbau) bearbeiten zu können. Eine entscheidende Rolle spielen dabei Cyber-Physische Systeme. „Cyber-Physische Maschinen vernetzen sich ad hoc mit Werkzeugen, Werkstücken und Werkstückträgern, analog zur Vernetzung von Automobilen mit Smartphones oder von Fahrzeugen untereinander (Connected Drive).“ (Reinhardt et. al. 2017, S.5). Mitarbeiter/innen werden in den entsprechenden Szenarien durch Assistenzsysteme (bspw. Datenbrillen) in Echtzeit unterstützt, um Informationen über das aktuell zu bearbeitende Werkstück zu erhalten oder auch neue Tätigkeiten und Herausforderungen kompetent ausführen zu können und dies idealerweise sogar während der Wertschöpfung. Doch welche Rolle spielt in diesen soziotechnischen Systemen die Belegschaft? Als Erfolgsfaktor für die Unternehmen gilt „eine qualifizierte Belegschaft mit den er-

forderlichen Digitalisierungskompetenzen.“ (Kinkel, Rahn, Rieder, Lerch, Jäger 2016, S.8). Insbesondere im Themenfeld Industrie 4.0 zeigen sich zwei große Bereiche, die die Aus- und Weiterbildung von Mitarbeiter/innen stark beeinflussen und verändern könnten: Durch neue Abläufe und Organisationsprozesse werden Aufgaben, die bislang kleinteilige Prozesse und Schritte beinhalteten durch mehr Entscheidungs- und Koordinationstätigkeiten geprägt sein. Zum anderen müssen neue Formen der Zusammenarbeit & Steuerung, wie bspw. die Mensch-Roboter Interaktion neu organisiert werden. (s. auch Kagermann, Wahlster, Helbig 2013, S.59) In den weiteren Ausführungen wird ein Einblick in die Literatur und derzeitige Aktivitäten des Lehrstuhls für Ergonomie mit dem Schwerpunkt Lehrerbildung in diesem Themenfeld gegeben (für andere Anwendungsfälle s. bspw. die Projektbeschreibung Quick Check Industrie 4.0 in diesem Band).

## Welche Kompetenzen werden stärker benötigt?

Es kann derzeit noch nicht abgeschätzt werden, wie sich die Digitalisierung auf den Arbeitsmarkt konkret auswirken wird. „Es darf mit Spannung beobachtet werden, welche Arbeitsplätze es zukünftig noch gibt, wie diese aussehen, welche Qualifikation ein Mensch dafür mitbringen muss und ob es beim Übergang in die neue digitale Welt mehr Verlierer, oder mehr Gewinner geben wird.“ (Andelfinger, 2017, S.7). Eher negativ von Industrie 4.0 - und dem damit einhergehenden Automatisierungspotenzial - betroffen, dürften nach bisherigen Einschätzungen Tätigkeiten mit geringen Qualifikationsanforderungen sein. Es verbleiben somit voraussichtlich Aufgaben, die höhere Anforderungen an die Qualifikation stellen (Bonin, Gregory, & Zierahn, 2013). Welche Kompetenzen werden dadurch in Zukunft stärker benötigt? Im Kontext der beruflichen Handlungskompetenz können Fach-, Selbst- und Sozialkompetenz differenziert werden (Kultusministerkonferenz, 2009). Veränderungen im Bereich der Fachkompetenzen sind berufsspezifisch und müssen daher direkt für die einzelnen Berufsbilder definiert werden. Eine erhöh-

<sup>1</sup> <http://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/die-roboter-kommen-in-industrie-4-0-veraendert-die-arbeitswelt-14252719.html>

<sup>2</sup> <http://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/wirtschaft-in-zahlen/grafik-des-tages-wem-nutzt-industrie-4-0-14468910.html>

te Anforderung hinsichtlich der Informationstechnik und des eigenverantwortlichen Arbeitens ist jedoch für alle Fachbereiche zu erwarten (bayme vbm, 2016; Hermann et al., 2017). Riedel et al. (2016) sehen zudem einen verstärkten Bedarf an Personen, die verschiedene Sichtweisen vereinen können und somit interdisziplinär denken, kommunizieren und arbeiten können. Ergänzend zu interdisziplinärer Kompetenz kommen andere Autoren auch zu den folgenden relevanten Anforderungen: Prozess-Knowhow, Führungskompetenz, Innovation, Problemlösungs- und Optimierungskompetenz und eigenverantwortliches Entscheiden (acatech, 2016). Kiesel und Wolpers (2015) heben ebenfalls fünf Kompetenzen hervor, die für zukünftige Arbeitsplätze wichtig sein werden: Kreativität, selbstreflektierendes Lernen, Problemlösefähigkeit, Kommunikation und Kooperation. Hermann et al. (2017) betonen zusätzlich Soft Skills, wie beispielsweise Flexibilität, Offenheit für Neues, Belastbarkeit, Einfühlungsvermögen und Menschenkenntnis. Auch wenn die gesichteten Kompetenzen eine große Bandbreite an Anforderungen abdecken, lässt sich zusammenfassend ein Schwerpunkt im Bereich der gemeinschaftlichen, interdisziplinären Problemlösung und Eigenverantwortlichkeit identifizieren, der im Kontext Digitalisierung und Industrie 4.0 an Relevanz gewinnt.

Es wird betont, dass die Beschreibungen dieser Kompetenzveränderungen, weg von reinen Fachkenntnissen, hin zu beruflicher Handlungskompetenz, bislang auf Zukunftsszenarien basieren. Dabei besteht die besondere Herausforderung darin, dass Kompetenzen auf Prozesse vorbereiten, die nicht geübt werden können und somit schwer zu lehren sind. Sie können nicht exakt ausgebildet, sondern lediglich angeregt werden, beispielsweise durch didaktische Settings. So könnte etwa ein Standortwechsel die Flexibilität fördern (Lerch, 2016). Speziell im Schul- und Universitätsbereich kann man die Lernenden durch entsprechende Lernsettings wie praxisnahe Projekte und Fallstudien dazu anregen, eigenverantwortlich Aufgaben zu planen und zu steuern. Unterstützt durch Kenntnis der entsprechenden Methoden (bspw. zum interdisziplinären Arbeiten oder im Bereich Innovation zu Design Thinking) können die Lernenden auf diese Weise wertvolle Erfahrungen sammeln. Wie genau sich

die Kompetenzanforderungen verändern, lässt sich noch nicht mit Sicherheit sagen. Um jedoch in der Ausbildung handlungsfähig zu sein, müssen Lehr- und Ausbildungspläne frühzeitig angepasst werden, um flexibel auf die zukünftigen Herausforderungen reagieren zu können.

### **Verankerung des Themas in Veranstaltungen für zukünftige Lehrkräfte am LfE**

Studierende des Unterrichtsfachs Arbeitslehre an bayerischen Mittelschulen können das Seminar „Soziale Aspekte der Informationstechnik“ am Lehrstuhl für Ergonomie belegen. Die Veranstaltung findet zu mehr als 80% online statt und verfolgt das Ziel, den Studierenden die Relevanz der Themen Digitalisierung und Industrie 4.0 sowohl für ihren eigenen als auch für den späteren beruflichen Kontext ihrer Schüler zu vermitteln. Die Thematik wird dabei auf unterschiedlichen Ebenen adressiert: zum einen stellt sich die Frage, wie die Organisation Schule von der Digitalisierung beeinflusst wird (bspw. digitale Klassenzimmer, Laptopklassen). In einem zweiten Schritt wird beleuchtet, mit welchen Herausforderungen die Schülerinnen und Schüler in ihren zukünftigen Ausbildungen konfrontiert sein werden (Stichwort: Arbeiten 4.0, Industrie 4.0). Im dritten Schritt sollen die Studierenden im Rahmen einer Fallstudie ihre eigene Informationsbeschaffung kritisch reflektieren und konkret auf ein Digitalisierungsthema in der Schule anwenden.

Das Thema der Digitalisierung und Industrie 4.0 wird allerdings auch in weiteren Veranstaltungen wie bspw. „Einführung in die Berufskunde“ oder „Berufswahl und Berufsberatung“ thematisiert. Hier mit dem Fokus, dass die zukünftigen Lehrkräfte eine zentrale Rolle in der Berufsfindung ihrer Schülerinnen und Schüler einnehmen und deshalb über Wissen in diesen Trendthemen verfügen müssen.

## Masterarbeit zu Kompetenzen im Bereich der Berufsschule im Kontext Industrie 4.0

Während insbesondere in den großen Unternehmen bereits intensiv daran gearbeitet wird, Industrie 4.0 in die Ausbildung zu verankern (Pfeiffer, Lee, Zimig, Suphan, 2016; bayme vbm, 2016), bedarf es auf Seiten der Berufsschulen zunächst einer Bestandsaufnahme der aktuellen Situation (bayme vbm, 2016). Diese Forderung aufgreifend, wird derzeit in einer Masterarbeit am LfE der Frage nachgegangen, inwieweit das Thema Industrie 4.0 in den Schulen, beziehungsweise in der Ausbildung zukünftiger Lehrer/innen für das Fach Metalltechnik, bereits eine Rolle spielt. Ziel der Arbeit ist zunächst eine Analyse der Ist-Situation, auf deren Basis der Inhalt für ein Konzept zur Lehrerbildung abgeleitet werden kann. Welches Wissen und welche Infrastruktur benötigen Lehrkräfte, damit sie Auszubildende auf künftige Anforderungen im Beruf vorbereiten können und wie schätzen sie die derzeitige Situation ein? Ein zweiter Ansatz in der Arbeit beschäftigt sich anschließend mit der psychischen Beanspruchung der Auszubildenden am Ende ihrer Ausbildung. Wie empfinden sie die bereits beschriebenen Kompetenzanforderungen, die in einem zukünftigen Arbeitsalltag auf sie zukommen? Welche Erwartungen verbinden Sie mit Industrie 4.0? Eher Chancen und Möglichkeiten oder Ängste? Und welche Rolle spielt Industrie 4.0 bereits in der Ausbildung im Betrieb?

Der in der Arbeit gewählte Ansatz, sowohl Auszubildende als auch Lehrkräfte zu befragen ermöglicht einen ganzheitlichen Einblick in die derzeitige Lehrsituation an beruflichen Schulen zu Industrie 4.0. Die Ergebnisse dienen als Grundlage für die Entwicklung eines Fortbildungskonzepts für Lehrkräfte. Erste Interview-Ergebnisse zeigen, dass die Lehrkräfte der Thematik gegenüber sehr aufgeschlossen sind, es allerdings an der zur Verfügung stehenden Infrastruktur mangelt.

## Zusammenfassung

Die Themen Digitalisierung und Industrie 4.0 wirken sich auf die Ausbildung von zukünftigen Lehrkräften aus, insbesondere im Bereich der Mittelschule und

der Berufsschule. Um das Thema angemessen abzubilden ist es erforderlich, sich mit den zukünftig erforderlichen Kompetenzen und Szenarien auseinanderzusetzen und gezielt Inhalte, Methoden und passende Lernsettings in Lehrveranstaltungen abzubilden. Ergänzt um eine anwendungsorientierte Forschung in diesem Themenfeld erhalten die späteren Lehrkräfte auf diese Weise einen Einblick welche Kompetenzen in der digitalen Zukunft für ihre Schülerinnen und Schüler verstärkt relevant sind.

## Literaturverzeichnis

- acatech (Hrsg.), Kompetenzentwicklungsstudie Industrie 4.0 – Erste Ergebnisse und Schlussfolgerungen, München 2016. Verfügbar unter [http://www.acatech.de/fileadmin/user\\_upload/Baumstruktur\\_nach\\_Website/Acatech/root/de/Publikationen/Sonderpublikationen/acatech\\_DOSSIER\\_neu\\_Kompetenzentwicklung\\_Web.pdf](http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Publikationen/Sonderpublikationen/acatech_DOSSIER_neu_Kompetenzentwicklung_Web.pdf) (zuletzt am 17.05.2017).
- Andelfinger, V. P. (2017). Auswirkungen von Industrie 4.0 auf das Anforderungsprofil der Arbeitnehmer und die Folgen im Rahmen der Aus- und Weiterbildung. In Andelfinger, V. P., Hänisch, T. (Hrsg.), Industrie 4.0 Wie cyber-physische Systeme die Arbeitswelt verändern (S. 239-253). Springer Gabler Wiesbaden.
- bayme vbm (Hrsg.), Industrie 4.0 – Auswirkungen auf Aus- und Weiterbildung in der M+E Industrie, München 2016. Verfügbar unter [https://www.baymevbm.de/Redaktion/Frei-zugaengliche-Medien/Abteilungen-GS/Bildung/2016/Downloads/baymevbm\\_Studie\\_Industrie-4-0.pdf](https://www.baymevbm.de/Redaktion/Frei-zugaengliche-Medien/Abteilungen-GS/Bildung/2016/Downloads/baymevbm_Studie_Industrie-4-0.pdf) (zuletzt 03.05.2017).
- Bonin, H., Gregory, T., & Zierahn, U. (2015). Übertragung der Studie von Frey/Osborne (2013) auf Deutschland. Mannheim. Verfügbar unter [ftp://ftp.zew.de/pub/zew-docs/gutachten/Kurzexpertise\\_BMAS\\_ZEW2015.pdf](ftp://ftp.zew.de/pub/zew-docs/gutachten/Kurzexpertise_BMAS_ZEW2015.pdf) (zuletzt 03.05.2017).
- Hermann, T., Hirschle, S., Kowol, D., Rapp, J., Resch, U., & Rothmann, J. (2017). Auswirkungen von Industrie 4.0 auf das Anforderungsprofil der Arbeitnehmer und die Folgen im Rahmen der Aus- und Weiterbildung. In Andelfinger, V. P., Hänisch, T. (Hrsg.), Industrie 4.0 Wie cyber-physische Systeme die Arbeitswelt verändern (S. 239-253). Springer Gabler Wiesbaden.
- Kagermann, H.; Wahlster, W; Helbig, J. (2013): Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Deutschlands Zukunft als Produktionsstandort si-

- chern. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0. Berlin: Forschungsunion. Verfügbar unter: [https://www.bmbf.de/files/Umsetzungsempfehlungen\\_Industrie4\\_0.pdf](https://www.bmbf.de/files/Umsetzungsempfehlungen_Industrie4_0.pdf) (zuletzt am 17.05.2017).
- Kiesel, M., & Wolpers, M. (2015). Educational challenges for employees in project-based industry 4.0 scenarios. In Proceedings of the 15th International Conference on Knowledge Technologies and Data-driven Business (S. 41). ACM.
- Kinkel, S.; Rahn, J.; Rieder, B.; Lerch, C.; Jäger, A. (2016). Digital-vernetztes Denken in der Produktion. Karlsruhe: Impuls-Stiftung.
- Kultusministerkonferenz, K. S. (2009). Handreichung für die Erarbeitung von Rahmenlehrplänen der Kultusministerkonferenz (KMK) für den berufsbezogenen Unterricht in der Berufsschule und ihre Abstimmung mit Ausbildungsordnungen des Bundes für anerkannte Ausbildungsberufe. Verfügbar unter [http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2011/2011\\_09\\_23\\_GEP-Handreichung.pdf](http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2011/2011_09_23_GEP-Handreichung.pdf). (zuletzt 03.05.2017).
- Lerch, S. (2016). Selbstkompetenzen. Eine erziehungswissenschaftliche Grundlegung. Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Pfeiffer, S., Lee, H., Zirnig, C., & Suphan, A. (2016). Industrie 4.0 – Qualifizierung 2025. Frankfurt am Main: VDMA. Verfügbar unter: <https://www.vdma.org/documents/105628/13417295/VDMA%20Studie%20Industrie%204.0%20-%20Qualifizierung%202025.pdf/bbfe37d6-f738-4558-b2b7-1b01a04d166c> (zuletzt am 17.05.2017).
- Reinhart, G.; Bengler, K.; Simon, P.; Merkel, L.; Vernim, S.; Aringer, C. (2017). Digitale Produktion und deren Arbeitsorganisation. München: BayME.



# Forschendes Lernen von SchülerInnen im Forschungslabor am Beispiel Faserverbund

Prof. Dr. Karin Aschenbrücker, Professur für Wirtschafts- und Berufsdidaktik, Universität Augsburg

## 1 Einführung

Innovative Werkstoffe und neue Technologien finden sich mittlerweile in vielen Gebrauchsgegenständen des Alltags und haben eine zentrale Funktion für zahlreiche Gebiete anwendungsorientierter technologischer Forschung und Entwicklung. Ein Grundverständnis für diese Werkstoffe und für die Vielfalt aktueller sowie künftiger Anwendungsbereiche solcher Technologien erleichtert u.a. den Umgang mit Produkten im Alltag und ermöglicht darüber hinaus berufliche Orientierung in einer wachsenden Branche mit naturgemäß aktuell noch im Aufbau befindlichen beruflichen Strukturen und Bildungsangeboten. In diesem Kontext und vor diesem Hintergrund wurde das nachfolgend in Teilbereichen skizzierte und exemplarisch veranschaulichte Projekt Forschendes Lernen Faserverbund (FoLF) im Projekt MAI Bildung des Spitzenclusters MAI Carbon entwickelt<sup>1</sup>.

Eine Zielsetzung bestand dabei zunächst darin, zu untersuchen, wie die Thematik in den Curricula der allgemeinbildenden Schulen zu verankern ist, wo über die vorhandenen Themen der etablierten Fächer bisher keine erkennbare Möglichkeit der Aufnahme der Thematik im Unterricht bestand. Eine weitere Frage war, wie es gelingen kann, SchülerInnen den Zugang zu der komplexen Thematik im innovativen Umfeld angemessen fachdidaktisch zu ermöglichen. Konkreter Ausgangspunkt für die curriculare Frage im Projekt FoLF war dabei in Bayern zunächst im Sekundarbereich I die Mittelschule. Hier wurden Optionen im Bereich des Lernfeldes Berufsorientierung im Fach Wirtschaft und Beruf, im berufsorientierenden Wahlpflichtfach Technik sowie im Fach Natur und Technik etabliert. In der Realschule waren bereits fachbezogene Anknüpfungen möglich, im Gymnasium boten sich für den Sekundar-

bereich II zusätzlich P-Seminare sowie ggf. W-Seminare an Gymnasien mit naturwissenschaftlichem Schwerpunkt an.

## 2 Grundlagen des Untersuchungsdesigns im Projekt Forschendes Lernen Faserverbund (FoLF)

Innovative Technologien - beispielsweise Faserverbundtechnologie im Leichtbau - etablieren sich dann auf Märkten in entsprechenden Anwendungsbereichen erfolgreich, wenn sie konsequent und kontinuierlich in kurzen Zyklen, die sich weiter beschleunigen, forschungsorientiert ihr Potenzial weiterentwickeln und nachhaltige Produkte und Lösungen für gesellschaftliche und individuelle Bedürfnisse entwickeln. Für den Bildungssektor bedeutet das, nicht nur antizipativ, sondern nach Möglichkeit prozess- bzw. forschungsorientiert Zugänge und Verständnis für grundlegende Zusammenhänge auf diesem Gebiet sowie daraus resultierende Anwendungsmöglichkeiten und deren Entwicklungspotenzial zu ermöglichen. Als Grundstruktur haben wir<sup>2</sup> im Projekt Forschendes Lernen Faserverbund (FoLF) bezogen auf die Ziele des Projektes daher das in Abb. 1 dargestellte Grundmodell für die Entwicklung von in den Unterricht eingebundenen Unterrichtseinheiten für verschiedene aufeinanderfolgende Jahrgangsstufen allgemeinbildender Schulen im Sekundarbereich I und II, differenziert nach Lern-/Leistungsniveau zur Etablierung der Thematik in den Schulen entworfen.

Als konzeptionelle Grundlage wurde die Zielsetzung definiert, den Zugang zur Thematik über Forschendes Lernen zu ermöglichen. Durch Forschendes Lernen werden die Lernenden in den Prozess eines

<sup>1</sup> Das Projekt MAI Bildung im Spitzencluster MAI Carbon wird aus Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 03MAI04A gefördert und vom Projektträger Jülich betreut. Am Spitzencluster sind Unternehmen, Bildungs- und Forschungseinrichtungen sowie unterstützende Organisationen aus der Region München-Augsburg-Ingolstadt beteiligt. Alle Partner agieren auf dem Technologiefeld Hochleistungs-Faserverbundwerkstoffe, und hier insbesondere auf dem Gebiet der carbonverstärkten Kunststoffe (CFK). Der Schwerpunkt liegt auf den Anwenderbranchen Automobilbau, Luft- und Raumfahrt sowie Maschinen- und Anlagenbau. Hauptanliegen von MAI Carbon ist es, den Werkstoff Carbon sowie die Verarbeitungsverfahren für den Großserieneinsatz fit zu machen und ein europäisches Kompetenzzentrum für CFK-Leichtbau zu etablieren, das die gesamte Wertschöpfungskette der CFK-Technologie abdeckt.

<sup>2</sup> Konzeptionell haben zunächst in dieser Projektphase Dr. Daniel Pasch und Dr. Marco Schröder im Team mitgearbeitet.

Forschungsvorhabens, „das auf die Gewinnung von auch für Dritte interessanten Erkenntnisse gerichtet ist, in seinen wesentlichen Phasen – von der Entwicklung von Fragen und Hypothesen über die Wahl und Ausführung der Methoden bis zur Prüfung und Darstellung der Ergebnisse in selbständiger Arbeit“ (Huber 2009) eingebunden. Sie erhalten damit eine Gelegenheit, methodisch, fachlich, fachübergreifend und sozial nicht „träges, verblassendes Wissen anzuhäufen“, sondern „lebendiges Können“ (Huber 2009). Werden Lerngelegenheiten entsprechend (komplex) gestaltet, d.h. es werden u.a. situierte, authentische Problemsituationen als Ausgangspunkt von Lernprozessen formuliert, der Zugang zu den Inhalten wird in multiplen Kontexten, unter multiplen Perspektiven und im sozialen Kontext ermöglicht, kann forschendes Lernen schrittweise gefördert werden (Huber 2009, Reinmann 2009, Euler 2009, Messner 2009). Dabei hat die eigenständige Strukturierung von Fragen, Wissen, Problemen und Problemlösungen der Akteure eine zentrale Bedeutung, soll „nachhaltiges“, „tiefes Lernen“ („deep level learning“ (Huber 2009) gelingen. Entsprechend angemessen „sind Situationen, in denen“ man eigenständig suchen und finden muss, diese Leistung nicht bereits vorstrukturiert als (z. B. Vorführ-) Ergebnis vorliegt, authentische Probleme und Aufgaben formuliert werden, die insbesondere in der Kommunikation und Interaktion mit anderen bearbeitbar und lösbar werden (u.a. Euler 2009, Pawek 2009) .

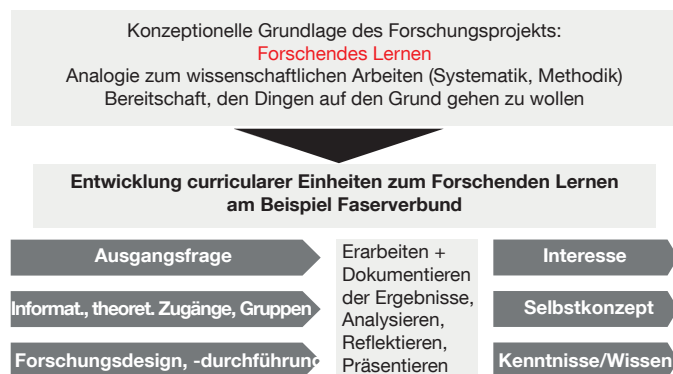


Abb. 1: Strukturmodell des Projektes Forschendes Lernen Faserverbund (FoLF)

Ein solches „forschernahes Format“ ist naturgemäß aufwendig und anspruchsvoll von der Konzeption über die Betreuung bis hin zur Evaluation von Ergebnissen. Zahlreiche Voraussetzungen sind notwendige Bedingungen, ohne die Erfolge nicht gelingen können. Dazu zählen u.a. Ressourcen (Zeit, fachliche, soziale und didaktische Expertise, im technisch-naturwissenschaftlichen Bereich entsprechend ausgestattete Lernorte, z.B. Forschungslabore). Im Projekt FoLF war es möglich, diese Ressourcen zielorientiert einzusetzen, Unterrichtseinheiten, denen diese Struktur zugrunde liegt, auf unterschiedlichen Niveaus zu entwickeln, und in Verbindung mit einem außerschulischen Lernort – im Verlauf des Projektes konnte ein gut ausgestattetes Chemielabor an der Universität Augsburg dafür gewonnen werden – mit SchülerInnen und LehrerInnen zu erproben und zu evaluieren.

Zur Umsetzung wurde als Rahmenmodell das Prozess-Produkt-Paradigma (in Anlehnung an Terhart 2009, 184 und Dunkin/Biddle 1974, 38) verwendet und um ausgewählte Elemente des systematischen Rahmenmodells zur Unterrichtswirksamkeit und Unterrichtsqualität (Kiel, 2009, 774) ergänzt. Untersuchungsinstrumente, Kategorien sowie Skalen und Items wurden adaptiert und neu entwickelt, um theoretisch fundierte Einflussfaktoren, Voraussetzungs- und Kontextvariablen (Terhart, 2009) auf den Lernfortschritt sowie auf die Kenntnis-, Interessen- und Selbstkonzeptentwicklung (Produktvariablen) im Rahmen der curricular eingebundenen Unterrichtseinheiten zum Forschenden Lernen (Prozessvariablen) am Beispiel Faserverbundwerkstoffe zu untersuchen. Das Untersuchungsdesign wurde so konzipiert, dass die Entwicklung des Selbstkonzepts, der beruflichen, fachlichen und emotionalen Interessen sowie der fachlichen Kenntnisse im Längsschnitt über mehrere Messzeitpunkte über mehrere Schuljahre in Mittel- und Realschulen sowie Gymnasien mit schriftlichen Fragebögen erhoben werden. Neben der individuellen Entwicklung der Schülerinnen und Schüler wurden ausgewählte Einflussfaktoren wie Persönlichkeitsmerkmale der Schülerinnen und Schüler sowie Umweltmerkmale der Lehr-Lern-Situation berücksichtigt (Kiel 2009, 774, Terhart 2009, 184). Ziele der Erhebung waren u.a., Veränderungen im Interesse und im fachge-

bundenen sowie beruflichen Selbstkonzept bei der Erprobung der Unterrichtseinheiten zum Forschenden Lernen am Beispiel Faserverbund zu erfassen. Zur Erfassung von technisch-praktischen und naturwissenschaftlich-forschenden Interessen sowie zum methodisch-fachlichen Selbstkonzept konnten in den Erhebungsbögen etablierte Skalen adaptiert und an die Untersuchungsthematik angepasst werden. Die Fragebögen wurden vorab getestet und differenziert nach Jahrgangsstufenniveau, Schulform sowie Experimental- und Kontrollgruppen. Ergänzend wurden projektbezogene Beobachtungsbögen konzipiert und strukturierte Fragebögen mit Leitfragen für ergänzende LehrerInneninterviews entwickelt und eingesetzt.

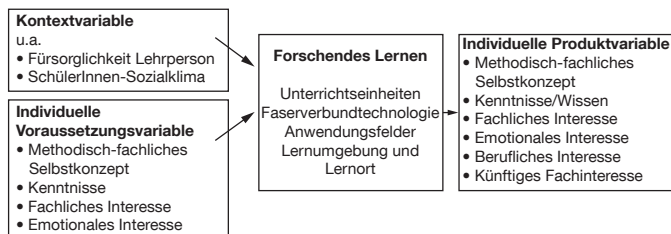


Abb. 2: Wesentliche Komponenten des Erhebungsdesigns des Projektes FoLF in Anlehnung an Terhart (nach Dunkin/Biddle) 2009

Es wurden Experimentalklassen, in denen forschend gelernt wurde, und Kontrollklassen, in denen angeleitet gelernt wurde, gebildet. Die ausgewählten Experimental- und Kontrollklassen wurden von der Jahrgangsstufe sieben bis zur Jahrgangsstufe zehn begleitet. Insgesamt lagen der Erhebung in den Experimental- und Kontrollklassen in Mittelschulen, Realschulen und Gymnasien neun Messzeitpunkte zugrunde (t1 bis t9). Die Messzeitpunkte t1 und t2 lagen jeweils in der siebten Jahrgangsstufe. Dabei lag der Messzeitpunkt t1 vor der entwickelten und durchgeführten Unterrichtseinheit und Messzeitpunkt t2 direkt nach der Unterrichtseinheit. Die Messzeitpunkte t4 und t5 in der achten Jahrgangsstufe lagen analog jeweils vor der entwickelten und durchgeführten Unterrichtseinheit (t4), Messzeitpunkt t5 lag direkt nach der Unterrichtseinheit. Der Messzeitpunkt t3 lag im Rahmen der Erprobung der Unterrichtseinheiten der siebten Jahrgangsstufen rund sechs Wochen nach der Durchführung der Un-

terrichtseinheit. T6 und t7 stehen für den Pre- bzw. den Posttest in der 9. Jahrgangsstufe, t8 und t9 für Pre- und Posttest in der 10. Jahrgangsstufe.

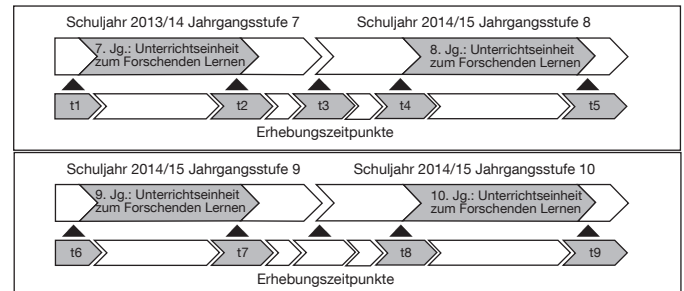


Abbildung 3 veranschaulicht die Erhebungszeitpunkte.

### 3. Unterrichtseinheiten im Überblick

Die Unterrichtseinheiten in den Jahrgangsstufen 7 bis 10 sind durchgängig nach einem Muster konzipiert, d.h. sie haben einen konkreten, auf die jeweiligen Interessen der Schülerinnen und Schüler bezogenen Anwendungsbezug, sie sind projektartig konzipiert und in den Unterricht eingebunden, die jeweilige Lernumgebung ist authentisch, passend für die Thematik und bietet Gelegenheiten zum Forschenden Lernen sowie zur begleitenden Unterstützung und Anleitung zum Forschendem Lernen.

Die Materialien der Unterrichtseinheiten für jede Jahrgangsstufe sind differenziert nach dem Niveau, der Schulform sowie nach Experimental- und Kontrollgruppe. Sie beinhalten jeweils u.a. einen strukturierten Ablaufplan (Zeit, Ort, Medien, Anleitende), Informationsmaterial (Text-, Bild-, Grafik-, Filmmaterial) zu Werkstoffen und zur Faserverbundtechnologie sowie zur nachhaltigen Verwendung von Ressourcen, zu Berufen und Karrierewegen auf dem Gebiet Faserverbundtechnologie auf allen Ebenen, zum Arbeitsschutz im Rahmen der Laborarbeit, Leittexte mit Arbeitsaufgaben bzw. ein themenspezifisches Portfolio mit Informationsmaterial und Arbeitsaufgaben, ein Glossar zu Werkstoffeigenschaften, Informationen für Lehrerinnen und Lehrer, optional ein Zertifikat über die erfolgreiche Teilnahme für Schülerinnen und Schüler.

Die Unterrichtseinheiten thematisieren in jeder Jahrgangsstufe unterschiedliche Anwendungsbereiche der Faserverbund-Technologie, die auf die jeweiligen Interessen der SchülerInnen bezogen sind. In der 8. Jahrgangsstufe ist das Rahmenthema beispielsweise Sport und Freizeit, die Aufgabe besteht nach dem vergleichenden Untersuchen und Prüfen von Material und Materialeigenschaften u.a. in einem eigenständig hypothesengeleiteten Entwurf, in der Konstruktion und im anschließenden Test eines optimierten Beachballschlägers. In der 9. Jahrgangsstufe sind die Themen Mobilität (Carbonfahrrad vs. Aluminiumfahrrad) und Bau (Carbonbeton – Brücken, Möbel). In der 10. Jahrgangsstufe lautet das Thema Innovative Technologien + Nachhaltigkeit: Stoffe – Stoffeigenschaften + Recycling.

Das Material für Schülerinnen und Schüler zur Förderung Forschenden Lernens am Beispiel Faserverbund wurde kooperativ mit Lehrpersonen unterschiedlicher Schulformen, mit Experten in Unternehmen und Forschungseinrichtungen und mit Studierenden entworfen. Begleitend wurden im Projekt MAI Bildung Fortbildungsmaßnahmen für interessierte Lehrerinnen und Lehrer angeboten. Ein einführendes „Lehrerhandbuch“ wurde ergänzend zum Thema Faserverbundwerkstoffe verfasst. Aus den umfangreichen Materialien soll exemplarisch ein Informationsblatt für Lehrerinnen und Lehrer zur Unterrichtseinheit der 9. Jahrgangsstufe die Grundzusammenhänge veranschaulichen.

# Info-Blatt zur Unterrichtseinheit Faserverbundwerkstoffe für Lehrerinnen und Lehrer

## 1. Ziele der Unterrichtseinheit

Schülerinnen und Schüler lernen anwendungsorientiert (Mobilität und Bau) mechanische, physikalische und chemische Eigenschaften von Carbonfasern im Vergleich zu Stahl und Aluminium kennen. Sie bilden anhand von Text-, Video- und Rechercheaufgaben Annahmen (Hypothesen) zu den Eigenschaften von Carbonfasern, Stahl und Aluminium. Ausgewählte Annahmen (Hypothesen) werden im Labor experimentell überprüft und die Ergebnisse dokumentiert und diskutiert.

## 2. Vorbereitung

- **Ablauf:** Eine **vorbereitende Unterrichtseinheit** findet in der Schule statt. Dazu erhalten die Schülerinnen und Schüler Unterrichtsmaterialien zur selbstständigen Bearbeitung. Die Unterlagen werden von einem/r Projektmitarbeiter/in zu Ihnen an die Schule gebracht. Der zweite Tag findet im **Labor der Universität Augsburg** statt. Informationen zur Anreise finden Sie weiter unten.

- **Sicherheit:** Machen Sie sich mit den **Sicherheitsbestimmungen** vertraut. Lesen Sie dazu das Arbeitsblatt „Arbeitsschutz“ und erkundigen Sie sich gegebenenfalls in der „Richtlinie zur Sicherheit im Unterricht“ (RiSU) der Kultusministerkonferenz über allgemeine Sicherheitsbestimmungen. Informieren Sie die Schülerinnen und Schülern bezüglich der Sicherheitsbestimmungen rechtzeitig vor dem Laborbesuch.

- **Versicherung:** Eine der Unterrichtseinheiten wird an einem außerschulischen Lernort stattfinden (Labor an der Universität Augsburg). Versicherungstechnisch ist es von Bedeutung, der Schulleitung mitzuteilen, dass es sich um eine **schulische Veranstaltung** an einem außerschulischen Lernort handelt.

- **Anfahrt:** Die Anfahrt Ihrer Schülerinnen und Schülern zum Schülerlabor ist nach Absprache mit der Schulleitung und den Eltern von Ihnen vorab zu organisieren.

Professur für Wirtschafts- und Berufsdidaktik  
Universität Augsburg  
Universitätsstraße 10  
86159 Augsburg

## 3. Während der Unterrichtseinheiten

### Vor dem Laborbesuch im Unterricht

| Zeit              | Thema   | Medien  |
|-------------------|---|---|
| 15 Min.           | SuS füllen den Pre-Fragebogen zur Evaluation der Unterrichtseinheit aus | • Fragebogen  |
| 15 Min.           | SuS machen sich mit den Unterrichtsmaterialien vertraut                 | • Portfolio „Mobilität und Bau“   |
| 3 UE (3x 45 Min.) | Eigenständige Bearbeitung der Aufgaben im Portfolio „Mobilität und Bau“ | • Portfolio „Mobilität und Bau“<br>• Videos (USB-Stick)<br>• ggf. PC mit Internetzugang |
| 15 Min.           | Vorbesprechung Laborbesuch (Organisation und Sicherheit)                | Arbeitsblatt „Arbeitsschutz“  |

- **Tip:** Die Unterrichtseinheit muss nicht am Stück erfolgen, sondern kann auch auf mehrere Tage aufgeteilt werden.

### Laborbesuch Universität Augsburg

- Begleitung der Vorführung und Durchführung von **Experimenten** zur Überprüfung der Rechercheergebnisse und Hypothesen

- Von besonderer Bedeutung ist das Einhalten des Arbeitsschutzes im Labor: Daher unterstützen Sie die wissenschaftlichen Mitarbeitenden bei der **Beaufsichtigung** der Schülerinnen und Schüler im Labor.

## 4. Evaluation

- Zur Erfassung der Entwicklung der Kenntnisse, fachlichen, emotionalen und beruflichen Interessen sowie der Entwicklung des fachlich-methodischen Selbstkonzepts der Schülerinnen und Schüler werden nach der Unterrichtseinheit **Fragebögen** mit der Bitte um Beantwortung ausgegeben. Die Befragung bleibt **anonym** und die Daten werden **streng vertraulich**

## 5. Fragen und Antworten

- Gerne stehen Ihnen für alle Fragen die Mitarbeitenden der Professur für Wirtschafts- und Berufsdidaktik zur Verfügung:

Alexandra Zernikel M.A.  
Dr. Marco Schröder



#### 4. Ausgewählte Untersuchungsergebnisse

In diesem Beitrag werden exemplarisch ausgewählte Ergebnisse der ersten Auswertung der umfangreichen Daten aufgezeigt.

##### Methodisch-fachliches Selbstkonzept im Labor

Zwischen Kontrollgruppe und Experimentalgruppe der 8. Jahrgangsstufe existiert zu Beginn der Unterrichtseinheit im Messzeitpunkt t4 lediglich ein geringfügiger Unterschied bei der durchschnittlichen Ausprägung des methodisch-fachlichen Selbstkonzepts zum Arbeiten im Labor: Die Kontrollgruppe wies einen Mittelwert von 2,30 und die Experimentalgruppe von 2,42 auf. Bei beiden Gruppen ist das methodisch-fachliche Selbstkonzept circa in gleichem Maße von 2,30 auf 2,47 im Mittelwert bei der Kontrollgruppe und von 2,43 auf 2,64 bei der Experimentalgruppe vom Messzeitpunkt t4 auf t5 angestiegen.

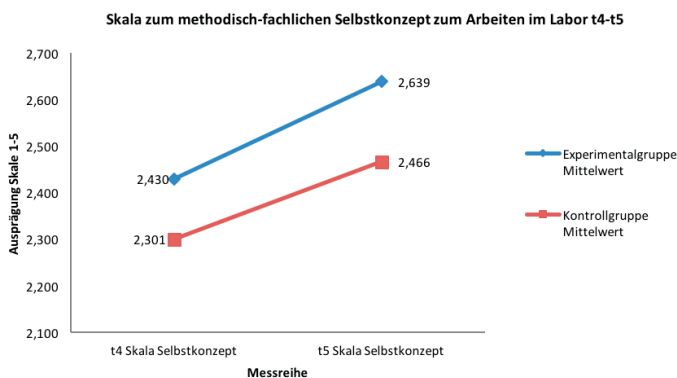


Abb. 5 Ergebnisse der Befragung zum methodisch-fachlichen Selbstkonzept in der 8. Jahrgangsstufe

Es wurde überprüft, welche Einflussfaktoren auf die Entwicklung des Selbstkonzepts Einfluss nehmen. In einer multiplen linearen Regressionsanalyse hat sich ergeben, dass die Ausprägung des methodisch-fachlichen Selbstkonzepts zu Beginn der Unterrichtseinheit t4 einen signifikant negativen Zusammenhang zur Entwicklung des Selbstkonzepts aufwies ( $\beta = -.66$  mit  $p < .01$ ). Das heißt, je niedriger das Selbstkonzept zu Beginn der Unterrichtseinheit ausgeprägt war, umso stärker ist das Selbstkonzept im Verlauf der Unterrichtseinheit angestiegen. Zu

berücksichtigen ist dabei, dass ein bereits zu Beginn hoch ausgeprägtes Selbstkonzept aufgrund der Skalenausprägung nicht oder nur geringfügig ansteigen kann. Dies wurde zunächst als ein konzeptionell-methodisches Problem interpretiert. Neben der Ausgangslage des Selbstkonzepts sind das berufliche und emotionale Interesse zu Beginn der Unterrichtseinheit für die Entwicklung des Selbstkonzepts während der Unterrichtseinheit relevant. Je höher das berufliche Interesse ( $\beta = .15$  mit  $p < .05$ ) bzw. das emotionale Interesse ( $\beta = .16$  mit  $p < .05$ ) zu Beginn der Unterrichtseinheit t4 ausgeprägt ist, desto stärker entwickelt sich das methodisch-fachliche Selbstkonzept während der Unterrichtseinheit positiv. Insgesamt konnte mit der Regressionsanalyse 31,2 Prozent der Varianz aufgeklärt werden (vgl. dazu auch Euler 2009, 806).

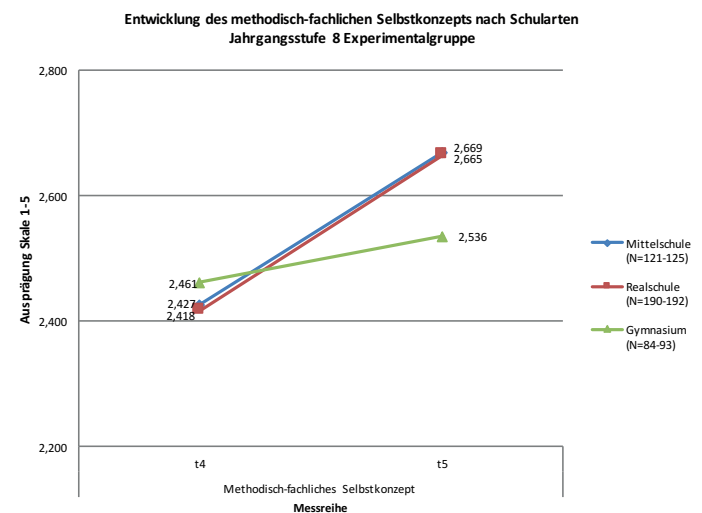


Abb. 6 Entwicklung des methodisch-fachlichen Selbstkonzepts in den Experimentalklassen der 8. Jahrgangsstufe im Vergleich

Die Entwicklung des methodisch-fachlichen Selbstkonzepts in den Experimentalklassen der 8. Jahrgangsstufen lässt im Verlauf von t4 zu t5 insbesondere bei den Schülerinnen und Schülern der Mittel- und Realschulen deutliche Erhöhungen der Mittelwerte von circa 2,4 auf circa 2,7 erkennen. Bei den SchülerInnen der Gymnasialklassen verändern sie sich dagegen nur marginal bzw. bleiben nahezu konstant bei ca. 2,5. Darüber hinaus wurden im Verlauf der weiteren Auswertungen in den Experimentalklassen in den Jahrgangsstufen 7 bis 9 hoch

signifikante Effekte in der Gruppe der SchülerInnen nachgewiesen, die mit niedrigem Selbstkonzept starten. Das Selbstkonzept ist im darauffolgenden Post-Test signifikant höher.

Im weiteren Verlauf der Auswertung konnte u.a. auch im Projekt FoLF nachgewiesen werden, was sich bereits in anderen Studien zur praktischen Projektarbeit mit SchülerInnengruppen Laboren gezeigt hat: „Mädchen profitieren tendenziell stärker als Jungen von den Lernerfahrungen“ im Labor (u.a. Euler 2009, 806).

## 5. Forschendes Lernen und LehrerInnenbildung

Neben den exemplarisch dargestellten Ergebnissen der quantitativ erhobenen Daten wurden ergänzend qualitative Daten u.a. in Form von leitfadengestützten Interviews mit im Projekt beteiligten Lehrerinnen und Lehrern geführt. Auch im Urteil der im Rahmen des Projektes befragten Lehrpersonen ermöglicht der Einsatz der Unterrichtseinheiten zum Forschenden Lernen im Vergleich zu überwiegend konventionellem Unterricht auf diesem Gebiet eine Steigerung von Interesse, Motivation und in hohem Maße von selbstgesteuerten Lernprozessen. Die hohe Eigenverantwortung und Aktivität der Schülerinnen und Schüler beim Forschenden Lernen kann nach dem Urteil der im Verlauf des Projektes befragten Lehrerinnen und Lehrer umfassende Lernprozesse sowie den Kompetenzerwerb unterstützen. Auf die dafür notwendigen Bedingungen wurde gleichermaßen hingewiesen. Im Projekt FoLF wurden die Unterrichtseinheiten inhaltlich und fachdidaktisch überwiegend durch wissenschaftliche Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter begleitet, d.h. im Unterricht vorbereitet, während der Laborarbeit begleitet und nach der Durchführung im Unterricht teilweise nachbereitet. Im Labor wurden die SchülerInnen durchgängig ergänzend durch einen wissenschaftlichen Mitarbeiter mit fachlicher Expertise begleitet. Konkret bedeutet das, dass zur Durchführung der Unterrichtseinheiten zumindest erhöhter fachdidaktischer und fachwissenschaftlicher Aus- und Fortbildungsbedarf bei den Lehrenden besteht.

Bewährt sich mittel- und längerfristig das Design/der Ansatz des Forschenden Lernens, erscheint es unumgänglich, bereits in der ersten Phase der Lehrerbildung die Lehramtsstudierenden in Forschungsprojekte, die Forschendes Lernen ermöglichen, einzubinden. Darüber hinaus artikulieren die Lehrpersonen selbst einen Bedarf an Fortbildung auf diesem Gebiet und haben großes Interesse an entsprechenden Angeboten. Idealerweise sollten ausgewählte Angebote über alle drei Phasen der Lehrerbildung konzeptionell vernetzt sein und Gelegenheit für eine themenzentrierte kontinuierliche Kommunikation im Rahmen der Phasen der Lehrerbildung bieten (Aschenbrücker/Schröder/Zernikel 2016).

## Literatur

- Aschenbrücker/Schröder/Zernikel (2016): Berufliche Übergänge bei Lehrerinnen und Lehrern, in: Schurt/Waburg/Mehringner/Strasser (Hrsg.): Heterogenität in Bildung und Sozialisation, Opladen, S. 53-71.
- Euler, M. (2009): Schülerlabore: Lernen durch Forschen und Entwickeln, in: Kircher/Girwidz/Häußler (Hrsg.): Physikdidaktik. Theorie und Praxis, Berlin, S. 799-818.
- Huber, L. (2009): Warum forschendes Lernen möglich und nötig ist, in: Huber/Hellmer/Schneider: Forschendes Lernen im Studium, Bielefeld, S. 9-35.
- Kiel, E. (2009): Unterrichtsforschung, in: Tippelt/Schmidt (Hrsg.): Handbuch Bildungsforschung, Wiesbaden.
- Messner, R. (2009): Forschendes Lernen aus pädagogischer Sicht, in: Messner/Mayer (Hrsg.): Schule forscht. Ansätze zum forschenden Lernen, Hamburg, S. 15-30.
- Pawek, C. (2009): Schülerlabore als interessefördernde außerschulische Lernumgebungen für Schülerinnen und Schüler aus der Mittel- und Oberstufe, Diss. Kiel.
- Reinmann, G. (2015): Prüfungen und Forschendes Lernen, in: Mieg/Lehmann: Forschendes Lernen: Programmatik und Praxis, Frankfurt/M.
- Terhart, E. (2009): Didaktik, Stuttgart.

# Flugsicherheit am Lehrstuhl für Ergonomie und warum Cyber-Security auch uns angeht

Patrick Gontar

## Flugsicherheit am LfE

Die Forschungsgruppe Flugsicherheit am Lehrstuhl für Ergonomie hat sich in den letzten Jahren vornehmlich mit klassischen Fragestellungen aus der angewandten Luftfahrtpsychologie beschäftigt. Insgesamt wurden dabei 421 lizenzierte Piloten untersucht – teils in vitro im Flugsimulator, teils in situ während realer Flüge und Abfertigungsprozesse am Flughafen München. Prominente Fragestellungen richteten sich dabei nach den Einflüssen von täglicher Flugpraxis und –erfahrung auf manuelle Flugfertigkeiten (Haslbeck & Hoermann, 2016), dem Steuerverhalten von Piloten (Haslbeck, Gontar, & Schubert, 2012; Haslbeck, Hörmann, & Gontar, 2017), deren Entscheidungsfindung in komplexen und unerwarteten Situationen (Gontar, Porstner, Hoermann, & Bengler, 2015), sowie deren Verhalten in Bezug auf Standardverfahren und Checklisten (Haslbeck & Gontar, 2014). In unserer aktuellen Forschung beschäftigen wir uns vor allem mit Team-Koordination (Gontar & Mulligan, 2016; Mulligan & Gontar, 2016) und –Kommunikation (Gontar, Fischer, & Bengler, 2017). Da sich in dezidierten Beobachter-Übereinstimmungs-Studien gezeigt hat, dass Flugausbilder bei der Bewertung von Piloten hinsichtlich ihrer non-technical skills teils stark voneinander abweichen (Gontar & Hoermann, 2015), entwickeln wir derzeit Methoden und Metriken, welche eine objektive Bewertung von Team-Interaktionen zulassen. Dabei betrachten wir vor allem die verbale Kommunikation und das Blickverhalten der Teammitglieder.

## Was hat all dies mit Cyber-Security zu tun?

In der Vergangenheit beobachten wir eine steigende Anzahl von Cyber-Angriffen auf verschiedene Medien (Wilshusen, 2013). Diese reichen von privaten Computern und Mobiltelefonen über Industrieanlagen bis hin zu Kernkraftwerken, welche durch Trojaner oder Malware infiziert werden. Gerade in der Luftfahrt würde ein erfolgreicher Angriff auf eines der beteiligten Systeme (z.B. Flugsicherung, Flugzeug, Kabine) mit einem erhöhten Risiko für die Flugsicherheit einhergehen. Aufgrund der Komplexität

des gesamten Systems und der Vernetzung einzelner Komponenten, ist es sehr wahrscheinlich, dass sich ein Subsystem-Fehler sehr rasch auf andere Subsysteme fortpflanzt (Haass, Sampigethaya, & Capezzuto, 2016). Abbildung 1 zeigt exemplarisch die Vernetzung und Komplexität des Luftverkehrssystems.

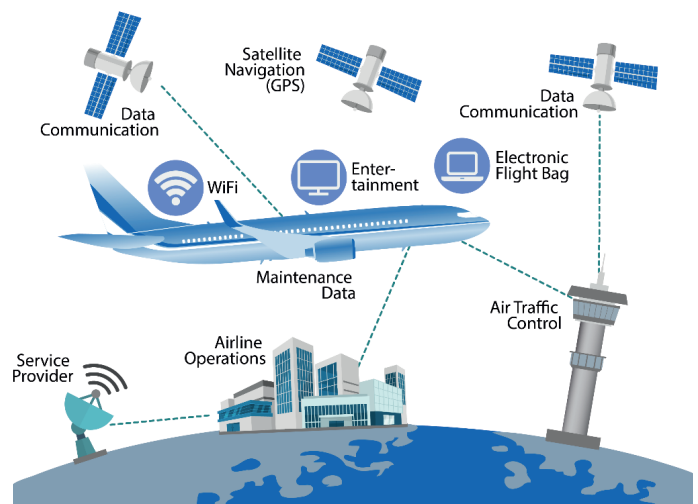


Abbildung 1: Beispielhafte Darstellung der beteiligten Akteure im Luftverkehr.

Bei der Sicherung gegenüber Cyber-Angriffen fällt insbesondere auf, dass sich sowohl Hersteller als auch Regulierungsbehörden vor allem mit technischen Barrieren in den einzelnen Subsystemen zu schützen versuchen. Der menschliche Operateur wird dabei weitestgehend vernachlässigt – dies betrifft nicht nur die Limitationen des Menschen, sondern auch seine Stärken (Mancuso et al., 2014; Proctor & Chen, 2015). Während ein technisches Gerät in einer kritischen Situation stets nach den vorgegebenen Schemata arbeiten wird, kann der Mensch, wenn er dafür trainiert und vorbereitet ist, neue Lösungsstrategien entwickeln. Den menschlichen Operateur als letzte Rückfallebene eines Systems zu vernachlässigen stellt nach unserer Einschätzung eine vermeidbare Gefahr für die Flugsicherheit dar (siehe auch Vereinigung Cockpit, 2017).

## Ergonomie trifft Cyber-Security

Basierend auf unserer eigenen Erfahrung in den klassischen Fragestellungen der Flugsicherheitsforschung (wie anfangs erwähnt), haben wir uns im Frühjahr 2016 dafür entschieden, dieses Wissen um die Zusammenhänge und auch die Entwicklung neuer Metriken zur Bewertung von Piloten, in den Bereich Cyber-Security zu übertragen. Getrieben von der Forschungsfrage, welche Auswirkungen ein erfolgreicher Cyber-Angriff auf eine Flugzeugbesatzung hat, wurde im Flugsimulator des Lehrstuhls für Flugsystemdynamik ein entsprechender Probandenversuch durchgeführt (Gontar et al., 2017). Als abhängige Variablen wurden dabei die subjektive Beanspruchung, das Systemvertrauen, die Leistung und das Blickverhalten der Piloten definiert.

Um den Einfluss eines Angriffs zu quantifizieren wurden die 22 teilnehmenden Piloten in zwei Gruppen eingeteilt: eine Kontrollgruppe, welche keinen Angriff erfährt und eine Experimentalgruppe, welche mit einem erfolgreichen Cyber-Angriff konfrontiert wurde. Weiterhin wurden die Piloten in einem der beiden randomisierten Versuchsdurchläufe von einem Fluglotsen gewarnt, dass ihr Flugzeug potentiell angegriffen worden sein könnte. Diese Warnung wurde dabei bewusst sehr unpräzise formuliert um einen realistischen Grad an Unsicherheit für die Piloten darzustellen.

Die Ergebnisse haben gezeigt, dass alle abhängigen Variablen durch den Angriff signifikant beeinflusst werden. Die subjektive Beanspruchung war in der Experimentalgruppe höher, das Systemvertrauen niedriger als in der Kontrollgruppe. Das Blickverhalten hat sich entsprechend der neuen Aufgabe der Problemlösung auf die nun relevanten Areas of Interest verschoben. Hinsichtlich der Flugleistung hat sich gezeigt, dass die Piloten der Experimentalgruppe signifikant häufiger falsche navigatorische Entscheidungen getroffen haben als die Kontrollgruppe. Das relative Risiko belief sich dabei auf 3.3.

In der qualitativen Betrachtung der Daten und dem anschließenden Interview der Probanden hat sich gezeigt, dass keiner der Piloten einen Cyber-Angriff bei seiner Problemlösung in Betracht gezogen hat. Weiter hat keiner der Piloten angegeben, für einen Cyber-Angriff trainiert worden zu sein.

Aus unseren Ergebnissen, welche die ersten Ergebnisse einer experimentellen Studie in diesem Bereich darstellen, schlussfolgern wir zwei elementare Gegenmaßnahmen: Bewusstseins-Training und Handlungs-Training. Das Bewusstsein-Training (engl. Awareness Training) muss alle an der sicheren Durchführung eines Fluges beteiligten Personen sensibilisieren, dass Cyber-Angriffe nicht ausgeschlossen werden können und jeder Einzelne davon betroffen sein kann. Weiterführend benötigt es zwingend entsprechende Forschung, welche Handlungsempfehlungen und Entscheidungshilfen im Rahmen eines Handlungs-Trainings vermitteln kann. Dafür wird es nicht ausreichend sein, sich mit den klassischen Trainingsansätzen wie sie aus Simulatortrainings von Piloten bekannt sind, zu begnügen – vielmehr bedarf es einem integrativen Ansatz, welcher auf abstrahierter Ebene die Piloten derart trainiert, dass sie in unvorhersehbaren Situationen noch so viel kognitive Kapazität zur Verfügung haben, dass sie in der Lage sind, neue Lösungsstrategien zu entwickeln.

## Literatur

- Gontar, P., Fischer, U., & Bengler, K. (2017, manuscript under review). Methods to Evaluate Crew Communication in a Training Environment: Speech Act Based Analyses vs. Cross Recurrence Analysis. *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making*.
- Gontar, P., & Hoermann, H.-J. (2015). Interrater Reliability at the Top End: Measures of Pilots' Nontechnical Performance. *The International Journal of Aviation Psychology*, 25(3-4), 171–190. doi:10.1080/10508414.2015.1162636.
- Gontar, P., Homans, H., Rostalski, M., Behrend, J., Dehais, F., & Bengler, K. (2017, manuscript under review). Are Pilots Prepared for a Cyber-Attack? A Human Factors Approach to the Experimental Evaluation of Pilots' Behavior. *Journal of Air Transport Management*.

- Gontar, P., & Mulligan, J. B. (2016). Cross Recurrence Analysis as a Measure of Pilots' Coordination Strategy. In A. Droog, M. Schwarz, & R. Schmidt (Eds.), *Proceedings of the 32nd Conference of the European Association for Aviation Psychology* (pp. 524–544). Groningen, NL.
- Gontar, P., Porstner, V., Hoermann, H.-J., & Bengler, K. (2015). Pilots' Decision-Making under High Workload: Recognition-Primed or Not – An Engineering Point of View. In G. Lindgaard & D. Moore (Eds.), *Proceedings of the 19th Triennial Congress of the International Ergonomics Association*. Melbourne.
- Haass, J., Sampigethaya, R., & Capezzuto, V. (2016). Aviation and Cybersecurity: Opportunities for Applied Research. *TR News*, (304), 39–43.
- Haslbeck, A., & Gontar, P. (2014). How Pilots Believe to Act - and how They Really Do: Insights from Flight Simulator Studies. In A. Droog (Ed.), *Aviation Psychology: facilitating change(s): Proceedings of the 31st EAAP Conference* (pp. 317–324). Malta.
- Haslbeck, A., Gontar, P., & Schubert, E. (2012). The way pilots handle their control stick - effects shown in a flight simulator study. In *Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt e.V. (Ed.): Vol. 19. Reports of the DLR-Institute of Transportation Systems, 30th European Annual Conference on Human Decision-Making and Manual Control. Proceedings* (pp. 21–26). Braunschweig.
- Haslbeck, A., & Hoermann, H.-J. (2016). Flying the Needles: Flight Deck Automation Erodes Fine-Motor Flying Skills Among Airline Pilots. *Human Factors*, 58(4), 533–545. doi:10.1177/0018720816640394.
- Haslbeck, A., Hörmann, H.-J., & Gontar, P. (2017, manuscripts under review). Stirring the Pot: Comparing Outer and Inner Loop Control Behavior in Airline Pilots. *Human Factors*.
- Mancuso, V. F., Christensen, J. C., Cowley, J., Finomore, V., Gonzalez, C., & Knott, B. (2014). Human Factors in Cyber Warfare II. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 58(1), 415–418. doi:10.1177/1541931214581085.
- Mulligan, J. B., & Gontar, P. (2016). Measuring and Modeling Shared Visual Attention. In *Proceedings of the Computational and Mathematical Models in Vision Workshop (MODVIS)*. West Lafayette, IN. Retrieved from <http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20160008390.pdf>.
- Proctor, R. W., & Chen, J. (2015). The Role of Human Factors/Ergonomics in the Science of Security: Decision Making and Action Selection in Cyberspace. *Human Factors*, 57(5), 721–727. doi:10.1177/0018720815585906.
- Vereinigung Cockpit (Ed.). (2017). *SafeSKY 2017*. Frankfurt.
- Wilshusen, G. C. (2013). *Cybersecurity: A Better Defined and Implemented National Strategy Is Needed to Address Persistent Challenges*. Washington, D.C..



# Sitzen – Stehen – Gehen - Körperstellungswechsel zur Reduzierung der Beanspruchung bei Steharbeit

Lisa Rücker

## Motivation

In vielen Arbeitsbereichen von Industrie und Dienstleistung sind Arbeitsplätze so ausgelegt, dass viele der Beschäftigten im Stehen arbeiten müssen. Das begründet sich häufig darin, dass stehend höhere Kräfte aufgebracht werden können, größere Bewegungsumfänge möglich sind und damit eine einfachere Taktabstimmung erfolgen kann. Die Ergebnisse einer umfangreichen Befragung (2012) der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin von Erwerbstätigen verdeutlichen die Problematik der Steharbeit (Hall et al., 2015). Demnach sind 54,4 % aller Beschäftigten in Deutschland von Steharbeit geprägt. Nicht zuletzt unter dem Aspekt des demographischen Wandels, d.h. der Alterung der Erwerbstätigen und einhergehender physischer Leistungsminderungen (Luczak, 1998), führt das verstärkt zu Problemen und Beschwerden. Obwohl seit Jahren gefordert wird, diesen bei Steharbeit einseitigen Belastungen durch die Integration von Körperstellungswechseln in den Arbeitsablauf entgegenzuwirken, hat sich der Anteil der von Steharbeit betroffenen Erwerbstätigen gegenüber der Befragung von 2006 lediglich um 2 % reduziert.



Abb. 1: Steharbeit in der Industrie (LASI, 2009)

Ein möglicher Grund hierfür sind die noch fehlenden gesicherten arbeitswissenschaftlichen Erkenntnisse sowie unpräzise Empfehlungen zur Integration von sitzenden, stehenden und gehenden Tätigkeiten im Arbeitsablauf von Industrie und Dienstleistung. Die LV 50 (LASI, 2009) definiert beispielsweise eine andauernde Stehtätigkeit unter 2,5 Stunden als gering belastend und empfiehlt eine Verteilung von Sitzen/Stehen/Gehen zu 60/30/1 und einen regelmäßigen Wechsel. Differenzierter wird dieser regelmäßige Wechsel jedoch nicht beziffert.

## Ziel des Projektes

Die zentrale Fragestellung dieses Projektes ist demnach, in welchen Zeitintervallen ein Wechsel zwischen Sitzen, Stehen und Gehen erfolgen sollte, um eine optimale Beanspruchung für den Körper zu erreichen und somit langanhaltend beschwerdefrei arbeiten zu können. Ziel ist es Handlungshilfen für Industrie und Dienstleistung zur optimalen Auslegung von Arbeitsplätzen und -tätigkeiten hinsichtlich der drei Körperstellungen zur Verfügung stellen zu können.

## Methodik

Durch andauernde Steharbeit werden vor allem das Muskel-/Skelettsystem von Rumpf und Beinen, der Rücken sowie das Kreislauf-/Venensystem der Beine beansprucht, wodurch insbesondere Rückenschmerzen und Kreislauferkrankungen auftreten können (LASI, 2009). So nehmen Erkrankungen des Muskel-/Skelettsystems mit 24,7 % bei den häufigsten Krankheitsarten, die zu Arbeitsunfähigkeitstagen führen, den ersten Platz ein (Destatis, 2016).

Der Fokus dieser Dissertation liegt auf der Beanspruchung der unteren Extremitäten. Untersucht werden zum einen die Muskelaktivität/-ermüdung und zum anderen die Volumenzunahme des Unterschenkels bei unterschiedlicher Beanspruchung. Als Erhebungsinstrument zur Muskelaktivität/-ermüdung wird die Elektromyographie (EMG) herangezogen.

gen. Die elektrische Muskelaktivität wird hierbei über auf der Hautoberfläche aufgebrachte Elektroden gemessen (Konrad, 2011). Zur Analyse möglicher auftretender Muskelermüdung wird die Joint Analysis of Spectrum and Amplitude (JASA) Methode von Luttmann et al. (1996) herangezogen. Hierbei werden simultan der Verlauf des Amplituden- und des Frequenzspektrums des EMG betrachtet. Nach JASA tritt bei einer steigenden Amplitude und parallel dazu einer sinkenden Mitten- oder Medianfrequenz (vgl. Abb.2) zunehmend Ermüdung auf, wohingegen bei einer steigenden Mitten- oder Medianfrequenz eine Kraftzunahme erfolgt. Ein Abfall des Amplitudenverlaufs gekoppelt mit einem steigenden/fallenden Frequenzspektrum bedeutet schlussfolgernd eine Erholung bzw. eine Kraftabnahme.

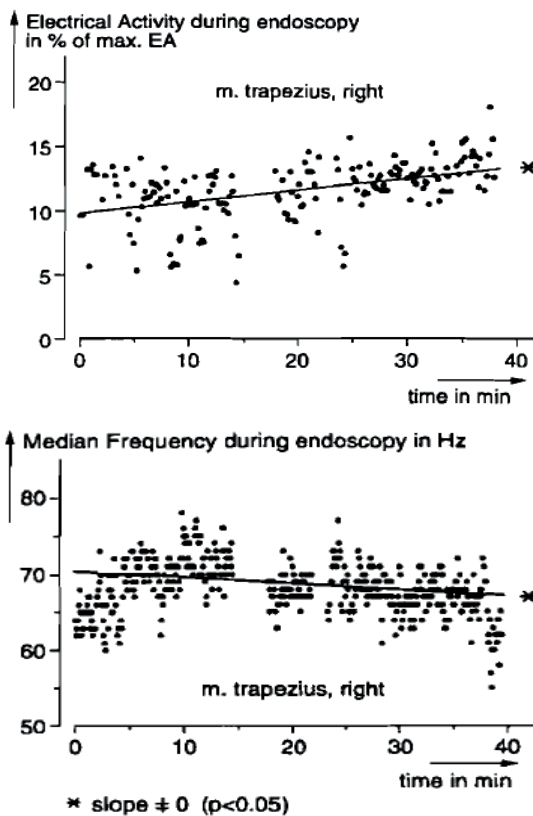


Abb. 2: Elektrische Aktivität und Mittenfrequenz im zeitlichen Verlauf eines Probanden beim Endoskopieren nach Luttmann et al. (1996)

Mit Hilfe der JASA Methode nach Luttmann et al. (1996) werden die Wertepaare der Regressionsgeraden des Amplituden- und Frequenzspektrums der

Probanden unter Verwendung der Grafik in Abb. 3 einer der vier Kategorien „Zunahme der Kraft“, „Ermüdung“, „Abnahme der Kraft“ oder „Erholung“ zugeordnet.

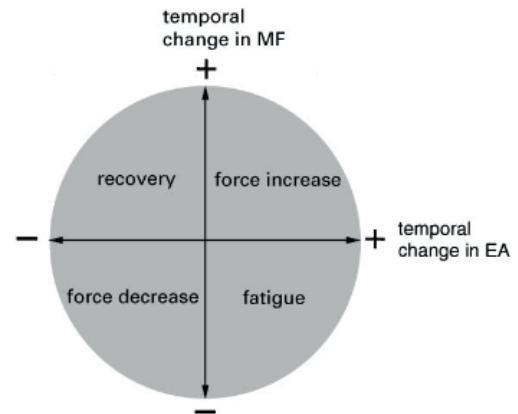


Abb. 3: Schematische Darstellung der JASA-Methode (Luttmann et al., 2000)

EMG wird aufgrund ihres breiten Anwendungsspektrums als Standardmethode in der Arbeitswissenschaft eingesetzt (Kluth et al., 2013).

Der zweite Parameter ist die Volumenzunahme des Unterschenkels. Sie lässt sich auf eine verminderte Funktion der sog. „Muskelpumpe“ bei andauernder Steharbeit zurückführen. So wird sauerstoff- und nährstoffarmes Blut von den Zellen über Venen zum Herzen zurückgepumpt. Neben den Venenklappen und der Sogleistung des Herzens wird der Rücktransport über die Arbeit der zuständigen Muskeln (Kontraktion und Relaxation) unterstützt (Boron & Boulpaep, 2017). Während bei wechselnden Kontraktionen (z. B. beim Gehen) eine gute Pumpwirkung erreicht wird, ist diese bei Dauerkontraktionen (z. B. bei andauerndem Stehen) jedoch vermindert (Behrends et al., 2010), was sich durch ein Anschwellen der Beine bemerkbar macht. Die Ermittlung des Unterschenkelvolumens bedingt durch ein mögliches Anschwellen soll mit Hilfe der Wasserplethysmographie (d.h. Wasserverdrängungsmethode) erfolgen (vgl. Rücker et al., 2016). Das zu messende Körperteil wird hierfür in ein mit Wasser gefülltes Gefäß getaucht und das verdrängte Wasser messtechnisch erfasst (Kröger und Gröchenig, 2007). Diese Methode findet vor allem im medizini-

schen Bereich zur Untersuchung von Venenerkrankungen Anwendung und wird allerdings zunehmend im arbeitswissenschaftlichen Bereich eingesetzt.

Im Rahmen der Dissertation werden Steh-, Geh- und Sitzexpositionen untersucht und hierbei die Muskelaktivität, -ermüdung und die Volumenveränderung des Unterschenkels betrachtet, sowie die Pulsfrequenz ermittelt. Neben diesen objektiven Parametern wird über einen Fragebogen die subjektive Empfindung zur Beschwerdeintensität und -lokalisierung erfasst und diesen gegenübergestellt.

## Erste Ergebnisse

In einem Orientierungsversuch in Kooperation mit der BMW AG wurde das Anschwellen der Beine mehrerer Probanden im Sitzen sowie bei langanhaltendem Stehen (statisch und dynamisch) mit Hilfe der Wasserplethysmographie (mit Überlauf) untersucht (Brombach et al., 2014). Bei allen acht Probanden wurde beim statischen Stehen die höchste Volumenzunahme verzeichnet, gefolgt vom Sitzen und abschließend dem dynamischen Stehen (vgl. Tab.1).

Tab. 1: Ergebnisse des Orientierungsversuchs zum statischen/ dynamischen Stehen und dem Sitzen

| Körperstellung    | Max. Vol.-Zunahme | Durchschnittl. Vol.-Zunahme |
|-------------------|-------------------|-----------------------------|
| Statisches Stehen | 3,3 %             | 2,0 %                       |
| Sitzen            | 2,4 %             | 1,1 %                       |
| Dynam. Stehen     | 0,8 %             | 0,3 %                       |

Zudem zeigten sich starke interindividuelle Unterschiede bezüglich des absoluten Wertes der Volumenzunahme je Proband, was eine Notwendigkeit der individualisierten Betrachtung der Beanspruchung aufzeigt.

In einem weiteren Versuch wurde rein-statisches Stehen als Extremsituation mit teil-statischem Stehen mit geringer Bewegung über je 45 Minuten bezüglich der Muskelaktivität und dem subjektiven Beschwerdeempfinden untersucht. Während beim rein-statischen Stehen stets Ermüdung, gekoppelt mit frühzeitigen starken Wadenschmerzen auftrat,

konnten beim teil-statischen Stehen kaum Ermüdung sowie weniger starke und später auftretende Wadenschmerzen verzeichnet werden (vgl. Abb.4, Ergebnisse eines Probanden).

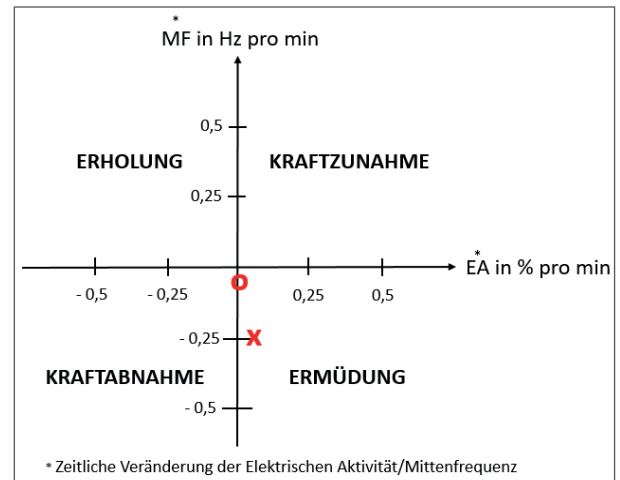


Abb. 4: Beurteilung des gastrocnemius med. eines Probanden im Stehversuch (x: rein-stat., o: teil-stat.) mittels der JASA – Methode nach Luttmann et al. (2000)

## Ausblick

In einer aktuell laufenden Studie werden verschiedene Körperstellungen bezüglich der Muskelaktivität/-ermüdung (EMG), dem Anschwellen der Beine (Wasserplethysmographie) sowie der subjektiven Beschwerdeempfindung (Fragebogen) untersucht. Erste Ergebnisse werden derzeit ausgewertet. Das Probandenkollektiv umfasst 30 männliche und weibliche Personen zwischen 20 – 30 Jahren. Ausgeschlossen wurden Personen mit bekannten Arterien- und Venenerkrankungen. Ziel dieser Studie ist der direkte Vergleich der objektiven Parameter der Muskelaktivität und der Volumenveränderung des Unterschenkels untereinander sowie in Kombination mit der subjektiven Empfindung der Probanden.

## Literaturverzeichnis

- Behrends J.C. et al. (2010). Duale Reihe: Physiologie. Thieme, S.156.
- Boron W.F., Boulpaep E.L. (2017): Medical Physiology. Elsevier, S.565.
- Brombach J., Carlstron-Hanauer B., Lutzenberger C. und Kaltenbrunner S. (2014). Ergonomische Beurteilungen in der Montage – Auf den richtigen Wechsel kommt es an! In 60. Arbeitswissenschaftlicher Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft, GfA Press, Dortmund.
- Hall A., Siefer A. und Tiemann M. (2015). BIBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung 2012 – Arbeit und Beruf im Wandel. Erwerb und Verwertung beruflicher Qualifikationen. suf\_4.0; Forschungsdatenzentrum im BIBB (Hrsg.); GESIS Köln (Datenzugang); Bonn: Bundesinstitut für Berufsbildung. doi:10.7803/501.12.1.1.40.
- Kluth K., Steinhilber B. und Nessler T. (2013). Oberflächen-Elektromyographie in der Arbeitsmedizin, Arbeitsphysiologie und Arbeitswissenschaft. In Zeitschrift für Arbeitswissenschaft 67(2): 113-128. doi:10.1007/BF03373911.
- Konrad P. (2011). EMG-Fibel. Eine praxisorientierte Einführung in die kinesiologische Elektromyografie. Köln: Velamed Medizintechnik GmbH.
- Kröger K. und Gröchenig E. (Hrsg.) (2007). Volumenbestimmung durch Wasserverdrängung. In: Nicht invasive Diagnostik angiologischer Krankheitsbilder. ABW Wissenschaftsverlag, Berlin, S.249.
- Länderausschuss für Arbeitsschutz und Sicherheitstechnik (LASI) (2009). Bewegungsergonomische Gestaltung von andauernder Steharbeit (LV 50), Potsdam.
- Luczak H. (1998). Arbeitswissenschaft. 2. Auflage, Springer Berlin u.a., S.154.
- Luttmann A., Jäger M., Sökeland J. und Laurig W. (1996). Electromyographical study on surgeons in urology. II. Determination of muscular fatigue. Ergonomics 39(2): 298-313.
- Luttmann A., Jäger M. und Laurig W. (2000). Electromyographical indication of muscular fatigue in occupational field studies. International Journal of Industrial Ergonomics 25: 645-660.
- Rücker L., Brombach J. und Bengler K. (2016). Sitzen, Stehen, Gehen – Körperstellungswechsel auf dem Prüfstand, 62. Arbeitswissenschaftlicher Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft, GfA Press, Dortmund.

# It's still there: Why driver distraction won't be going away anytime soon

Oliver Winzer\*, Antonia S. Conti-Kufner\*, Klaus Bengler, Matthias Walter, Sebastian Müller \*Equal contribution

Many technology and automobile companies claim that they will release self-driving vehicles in the very near future. Although different automation release years have been specified by different companies, there are still a lot of unanswered questions regarding self-driving vehicles. And although there are many assumed benefits that will accompany automated driving, until such vehicles exist and are widely propagated, issues concerning driver distraction are still very relevant.

Drivers could possibly engage in non-driving related activities in automation level 3 and above that would not be allowed in lower automation levels. However, different authors still report an increasing tendency of younger drivers texting while driving, although this is clearly forbidden while manual driving. Many authors report that drivers show workload management strategies to moderate their distraction when they engage in tertiary tasks while driving and such reduce their accident risk. Additionally, drivers have been observed to start tertiary tasks with a higher probability if they do not expect a complex traffic situation upfront. As numerous methods for the assessment of visual and cognitive demand have been developed and standardized, OEMs have increasingly been able to test and improve the quality of their systems and integrated solutions.

New research questions arise that focus on the ability of drivers to continue workload management in relation to the current level of automation or the anticipated duration of automation. In combination with automation, even more demanding tasks can be started but the availability of automation should be additionally taken into account now; meaning that problems of tertiary tasks while driving that seem to have already been solved could reappear in more complex evaluation scenarios including transitions in automation in combination with certain tertiary tasks and complex driving scenarios.

The technical progress of the last years from a simple mobile phone to current smartphones have completely changed user behavior in all situations. Horrific accidents like the train crash in Bad Aibling in

2016 show the high potential of distraction caused by smartphones (Süddeutsche Zeitung, 2016). It is evident that texting – short messages, WhatsApp, E-Mails and so on – is becoming more popular and will displaced traditional calling in the next years (Bitkom, 2014). Especially young people between 14 and 29 years of age, use mobile internet (81 %) on their smartphone very often – 55 % in comparison to the total population (14 years and older) (Koch & Frees, 2015). If this trend also continues while driving, this could be cause considerable problems. Several studies have already investigated the risk potential of different auditory-cognitive and visual-manual tasks while driving (Bengler, 2014; Bengler, Praxenthaler, Theofanou, & Eckstein, 2004; Conti, Dlugosch, & Bengler, 2013; Strayer et al., 2015). These studies have shown that already simple tasks can be very dangerous. Further, the results indicated that a simple visual-manual task have nearly the same or higher distraction potential than hard auditory-cognitive tasks (Conti et al., 2013).

Last year Vollrath and colleagues (2016) published results from a comprehensive investigation of how the drivers in Germany use their smartphones. They observed 11,837 drivers in different cities in Germany (in Braunschweig, Hannover and Berlin). From the collected data, they concluded that texting is becoming increasingly popular while driving and is the most common way drivers used their smartphones. This means that the user behavior of smartphones in the case of driving is also changing, from normal phoning – mostly a simple auditory-cognitive task – to the visual-manual task of texting. For the researchers, this is quite alarming and provides sound ground for further investigation. Additionally, based on new vehicle registration records, which were up 4.5% last year in Germany (Kraftfahrt-Bundesamt, 2016), an increasing number of drivers are on the road.

Currently there are many dissertations, projects and investigations in the field of driver distraction here at the chair of ergonomics. A brief look at the work is given below:



## **SAFARI - Smartphone Traffic Lights Assistant Based on Floating Car Data**

<https://www.lfe.mw.tum.de/en/projects/safari/>

Project partners:

- TRANSVER GmbH (project management & traffic algorithms)
- bmt — Bayerische Medien Technik GmbH (data transmission)
- Institute of Ergonomics, Technical University of Munich (driver information)

In the last edition of the *Ergonomie Aktuell*, this project and its research aims were already presented. The following provides a brief summary of the project. The two-year project is funded by the Bavarian Research Foundation. The consortium needs floating car data to reconstruct the traffic light data. The advantage of this approach is the independence of public authorities and other organizations. The traffic-engineers from Transver have analyzed a set of data and can predict 38 junctions in the north of Munich. Currently, the smartphone application is almost complete and ready for the first field tests set to take place during the coming months. Currently, two types of investigation are provided. The first will be a monitored field-test with a defined route and the second will be the public test, where anyone can download the application in the App-store. With the first test, we can analyze the functionality of the application and measure the driver distraction. The multi-week ongoing public test provides information about how and when the App is used.

### **Augmented reality**

Augmented reality is a primary topic in human machine interfaces at the moment. One way of integrating augmented reality in vehicles is the contact-analogue head-up display. In order to provide the best experience for the driver, displayed content needs to be fixed in relation to the reality outside the car. To achieve this highly precise positioning of virtual information in the environment, data from

different sensors of the car are merged. To evaluate failure or success of the augmentation, experiments on the road are conducted and parameters e.g. reaction times, gaze behavior or steering behavior are monitored.

### **Speech Dialogue Systems**

Speech Dialogue Systems are a promising approach to solve even complex tasks while driving, without manual distraction. Some situations like writing a short message, an email, dialing a phone number or navigating through complex menu structures with several levels, can be very distracting. The current research is focused on a speech based solution for such tasks and examines the costs of using a speech dialogue system in form of an increase in cognitive demand, compared to simple driving situations without any distraction. A possible setting to examine whether speech dialogue systems causes additional costs, is the AAM following headway scenario (AAM, 2006). In this setting participants following a vehicle ahead with a distance of 40 meters and a speed of 70 kilometers per hour. The primary task is to hold the distance and the speed, while interacting with the speech dialogue system. Additional costs in cognitive demand are measured with the tactile Detection Response Task - DRT- (ISO 17488, 2016) and shows a difference of about 140 milliseconds between driving manually, while using a speech dialogue system to write a short message or starting a navigation and driving manually, without any distraction. These additional costs can be confirmed also for other situations than the driving simulator study, which the value of 140 milliseconds is extracted from. For example, Strayer et al. (2016) examined the costs of using a speech dialogue system in real driving situations. For young participants, the additional costs between driving without distraction and using a speech dialogue system is about 150 milliseconds and therefore very similar to the result of the simulator study. All in all, this value can be compared to the distraction of the difference between an easy n-back task like the n-back zero (Conti et al., 2013) or n-back one task (Bruyas & Dumont, 2013) and driving manually without any other distraction (difference of about 130 milliseconds). In other visual-manual settings, like the Surrogate Reference

Task -SuRT- (ISO/TS 14198:2012), the difference of additional costs in cognitive demand will increase up to about 400 milliseconds (Conti et al., 2013), between manual driving without distraction and solving an easy SuRT, respectively a difficult SuRT, while driving. Another study examining also an easy and difficult SuRT, reveals a smaller increase of only about 200 milliseconds (Bruyas & Dumont, 2013). However, irrelevant if 400 or 200 milliseconds is considered, the additional costs associated with visual manual tasks are larger than the additional costs of using a speech dialogue system. For this reason, further research is needed to examine how this advantage of speech dialogue systems can be used in order to reduce driver distraction most successfully.

## References

- AAM. (2006). Statement of Principles, Criteria and Verification Procedures on Driver Interactions with Advanced InVehicle Information and Communication Systems. Alliance of Automotive Manufacturers.
- Bengler, K. (2014). Driver Distraction. In D. Crolla, D. E. Foster, T. Kobayashi, & N. Vaughan (Eds.), *Encyclopedia of Automotive Engineering*. Wiley-Blackwell. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-381984-0.10020-7>.
- Bengler, K., Praxenthaler, M., Theofanous, D., & Eckstein, L. (2004). Investigation of Visual Demand in Different Driving Simulators within the ADAM Project, 91–104.
- Bitkom. (2014). Simsen und Chatten wichtiger als Telefonieren.
- Bruyas, M.-P., & Dumont, L. (2013). Sensitivity of detection response task (DRT) to the driving demand and task difficulty. In *Proceedings of the Seventh International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training, and Vehicle Design* (pp. 64–70). Iowa City, USA: University of Iowa. Retrieved from [http://drivingassessment.uiowa.edu/sites/default/files/DA2013/Papers/011\\_Bruyas\\_0.pdf](http://drivingassessment.uiowa.edu/sites/default/files/DA2013/Papers/011_Bruyas_0.pdf).
- Conti, A. S., Dlugosch, C., & Bengler, K. (2013). The Effect of Task Set Instruction on Detection Response Task Performance.
- ISO/TS 14198:2012, Road vehicles -- Ergonomic aspects of transport information and control systems -- Calibration tasks for methods which assess driver demand due to the use of in-vehicle systems (2012). Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization.
- ISO 17488. (2016). Road vehicles -- Transport information and control systems -- Detection-Response Task (DRT) for assessing selective attention in driving. Geneva, Schweiz.
- Koch, W., & Frees, B. (2015). Unterwegsnutzung des Internets wächst bei geringer Intensität. *Media Perspektive*, 9(378–382), 378–382.
- Kraftfahrt-Bundesamt. (2016). Jahresbilanz der Neuzulassungen 2016.
- Strayer, D. L., Cooper, J. M., Turrill, J., Coleman, J. R., Hopman, R. J., Bergen, B., ... Strayer, D. (2016). Talking to your car can drive you to distraction. *Cognitive Research: Principles and Implications*, 1(1), 16. <https://doi.org/10.1186/s41235-016-0018-3>.
- Strayer, D. L., Turrill, J., Cooper, J. M., Coleman, J. R., Medeiros-Ward, N., & Biondi, F. (2015). Assessing Cognitive Distraction in the Automobile. *Human Factors*, 57(8), 1300–24. <https://doi.org/10.1177/0018720815575149>.
- Süddeutsche Zeitung. (2016). Zugunglück von Bad Aibling : Fahrdienstleiter offenbar von Handyspiel abgelenkt. *Sz.de*, pp. 12–13.
- Vollrath, M., Huemer, A. K., Teller, C., Likhacheva, A., & Fricke, J. (2016). Do German drivers use their smartphones safely? - Not really! *Accident Analysis and Prevention*, 96, 29–38. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2016.06.003>.

# Körpergetragene Hebehilfe: Eine Assistenz für die Logistik

Verena Knott

## Manuelle Lastenhandhabung in der Logistik

Derzeitige Logistiksysteme stehen vor der Herausforderung, dass insbesondere im Bereich der Lastenhandhabung eine hohe Anzahl an manuellen Vorgängen zu absolvieren ist (Rammelmeier, Weisner, Günthner & Deuse, 2014). Tätigkeitsanalysen (Knott, Kraus, Schmidt & Bengler, 2014a; 2014b) im Bereich der manuellen Kommissionierung im Lebensmittelbereich zeigen, dass Güter unterschiedlichen Gewichts in kürzester Zeit und derzeit noch ohne Hilfsmittel gehandhabt werden (Abbildung 1). In der Literatur sind diese hohen körperlichen Belastungen verbunden mit ungünstigen Körperhaltungen die Begründung für die hohe Anzahl muskuloskeletalen Erkrankungen (Liebers & Caffier, 2009), die wiederum mit einem vorzeitigen Eintritt in die Erwerbsunfähigkeit verbunden sind (Liebers, Brendler, Latza, 2013). Des Weiteren können dadurch Auswirkungen auf das Herz-Kreislauf-System bzw. die Ventilation festgestellt werden, aus denen eine erhöhte Beanspruchung bei Hebe, Umsetz- und Transporttätigkeiten abgeleitet werden kann.



Abbildung 1: Kommissionierarbeitsplatz im Bereich der manuellen Lastenhandhabung (Knott & Bengler, 2017)

## Exoskelett als Assistenzsystem der Zukunft

Der Lehrstuhl für Ergonomie (LfE) der Technischen Universität München (TUM) definiert mit der Bezeichnung HCAA (Human Centered Assistance Applications) die Entwicklung von Unterstützungssystemen für die zukünftige Arbeitswelt (Schmidtler, Knott, Hölzel & Bengler, 2015, Schmidtler, Hölzel, Knott & Bengler, 2014). Beispielsweise wird im Bereich der Logistik das Ziel verfolgt, Belastungen durch die Aufgabe mithilfe eines körpergetragenen Systems zu reduzieren und gleichzeitig auch die damit einhergehende Beanspruchung des Nutzers bei manuellen Handhabungstätigkeiten zu vermindern (Hölzel, Schmidtler, Knott & Bengler, 2015).

Nach de Looze, Bosch, Krause, Stadler & O'Sullivan (2015) sind unterstützende Assistenzsysteme wie Exoskelette als tragbare mechanische Strukturen definiert, die die Kraft der Arbeitsperson erhöhen. Während aktive Exoskelette mehrere Aktuatoren umfassen, die aus Elektromotoren, hydraulischen Antrieben oder pneumatischen Muskeln bestehen können (vgl. Gopura & Kiguchi, 2009), nutzen passive Systeme Federn und Dämpfer zur Speicherung von Energie aus der Bewegung des Menschen (de Looze et al., 2015).

## Wissenschaftlicher Stand der Forschung

Die Literatur verdeutlicht, dass die Entwicklung von Exoskeletten, die nach Bengler, Zimmermann, Bortot, Kienle & Damböck (2012) als kooperatives System in direktem Kontakt zum Menschen stehen, vor allem im Bereich der Rehabilitation derzeit sehr weit vorangeschritten ist. Im Hinblick auf eine optimale Rehabilitation finden derzeit in Kliniken die Systeme „ReWalk™“, REX (REX Bionics) oder „Ekso™“ (Ekso Bionics) Anwendung und ermöglichen querschnittsgelähmten Menschen aufrechtes Gehen (FDA, 2014; Galvan, 2013; Pluta, 2014; Quick, 2010; REX Bionics, 2016). Des Weiteren existieren mobile Systeme wie beispielsweise „HULC“ oder „Raytheon's XOS 2“, die der amerikanischen Rüstungsindustrie zugeschrieben werden (Crane, 2010; Future Technology, 2013).

Die Notwendigkeit einer Unterstützung im Bereich der manuellen Lastenhandhabung wurde von Seiten der Forschung erkannt. De Looze et al. (2015) geben im Rahmen ihrer Publikation eine Zusammenfassung von Systemen im Prototypenstand für die industrielle Anwendung. Das „Hybrid Assistiv Limb“ (HAL)-System sowie das „human-robot integrated exoskeleton“ stellen aktive Ganzkörpersysteme zur Assistenz von Lastenmanipulationsvorgängen dar. Weitere insbesondere für Ober- oder Unterkörper konzipierte Systeme für den industriellen Einsatz sind in der Tabelle 1 aufgelistet.

Tabelle 1: Exoskelette für Ober- oder Unterkörper nach de Looze et al. (2015) für die industrielle Anwendung (vgl. Knott & Bengler, 2017)

| Exoskelett                              | Referenz                     |
|---|------------------------------|
| PLAD Personal augmentive lifting device | Abdoli-Eramaki et al. (2006) |
| Muscle suit                             | Kobayashi et al. (2007)      |
| Quasi-active exoskeleton                | Kim et al. (2009, 2013)      |
| PARM Power-assisted robot arm           | Kadota et al. (2009)         |
| Strengthen upper limb exoskeleton       | Deng et al. (2013)           |
| Power assist wear                       | Li et al. (2013)             |
| Exoskeleton power assist system         | Naruse et al. (2003)         |
| Wearable moment restoring device        | Wehner et al. (2009)         |
| BNDR Bending non-demand return          | Ulrey & Fathallah (2013)     |

Die Recherche zum wissenschaftlichen und technischen Stand zeigt allerdings auf, dass Ganzkörpersysteme für die Lastenhandhabung derzeit noch in geringer Zahl – und auch nur im Prototypenstand – verfügbar sind. Neben dem internationalen Forschungsprojekt „RoboMate“ (Bosch, van Eck, Knitel & de Looze, 2016) befasste sich auch das nationale

Projekt „Körpergetragene Hebehilfe“ mit der Thematik der Unterstützung der manuellen Lastenhandhabung.

## Projekt HEBEHILFE

Der Lehrstuhl für Ergonomie (LfE) der Technischen Universität München (TUM) hat in dem vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten und im September 2013 begonnenen nationalen Drei-Jahres-Projekt „Körpergetragene Hebehilfe“ (Entwicklung, Aufbau und Verifikation einer körpergetragenen Hebehilfe zur Unterstützung Lasten-hebender Arbeitnehmer) zusammen mit drei Entwicklungspartnern (J. Schmalz GmbH, Glatten; Sensodrive GmbH, Weßling; Fraunhofer Institut für Produktionstechnik und Automatisierung, Stuttgart) und zwei Endanwendern aus dem Bereich der Logistik das Ziel, ein derartiges Assistenzsystem zu entwickeln. Mit einer optimal auf den menschlichen Körper abgestimmten Hebehilfe, die zudem zur Kompensation nachlassender körperlicher Fähigkeiten sowie zur gesundheitlichen Prävention von Muskel-Skelett-Erkrankungen (MSE) beiträgt, soll das Ziel der Verminderung der individuellen Beanspruchung des Nutzers erreicht werden.

Zu Beginn des Projekts übernahm der LfE laut Aufgabenplan (Abbildung 2) die Ableitung von Produktspezifikationen auf Basis von detaillierten Tätigkeitsanalysen. Mithilfe von Motion Capture Studien sowie einer Untersuchung von Hebetätigkeiten mit dem biomechanischen Menschmodell AnyBody Modelling System™ konnten erste Anforderungen für ein Exoskelett aus ergonomischer Sicht definiert werden. Diese Produktspezifikationen, die einerseits auf diesen objektiven Daten beruhen und andererseits auf subjektiven Aussagen und Einschätzungen der in der Lastenhandhabung tätigen Personen basieren, bildeten den Schwerpunkt der ergonomischen Tätigkeiten zu Beginn. Des Weiteren dienten allgemeine ergonomische Gesetzmäßigkeiten hinsichtlich Anthropometrie, Sicherheit, Komfort und Usability als Anforderungen an ein körpergetragenes System.



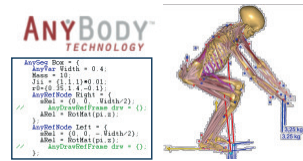
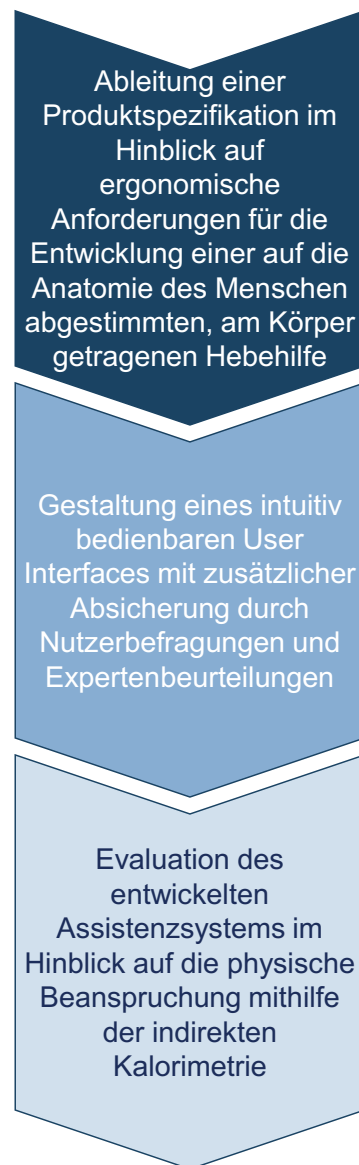


Abbildung 2: Vorgehensweise im Projekt HEBEHILFE von Seiten des Lehrstuhls für Ergonomie (Bildquellen: Knott, Schießl & Bengler, 2017; AnyBody Technology A/S, 2017; CORTEX Biophysik GmbH, 2017; Knott, 2017 in press)

Der zweite Projektabschnitt umfasste insbesondere die Konzeption, Gestaltung und Umsetzung einer intuitiv bedienbaren Mensch-Maschine-Schnittstelle zur Steuerung des Assistenzsystems. Über eine frühzeitige Befragung und Einbindung zukünftiger Nutzer aus dem Bereich der Lastenhandhabung sowie von Expertenevaluationen konnte das User Interface konkret für den Anwendungsfall ausgelegt und abgesichert werden. Nach Aufbau des Prototypen durch die

drei weiteren Entwicklungspartner um den LfE konnte von Seiten des LfEs die Evaluation des körpergetragenen Systems erfolgen, indem durch die indirekte Kalorimetrie die physische Beanspruchung beim Einsatz der Hebehilfe untersucht wurde. Hierzu werden u.a. Ergebnisse genutzt, die für die Aufstellung einer entsprechenden Methodik im Rahmen der Dissertation von Knott (2017, in press) erarbeitet wurden.

## Aufbau der HEBEHILFE in Form eines Prototypen

Der Exoskelettprototyp HEBEHILFE besteht aus drei Teilsystemen: Als Bindeglied zwischen den Teilsystemen „Modul der oberen Extremitäten“ und „Modul der unteren Extremitäten“ dient der Modulteil des Rumpfes (Abbildung 3). Die Oberkörpereinheit umfasst eine kinematische Struktur mit Elektromotoren, deren Achsen sich kongruent zu den menschlichen Gelenkdrehzentren von Ellbogen und Schulter befinden und über eine stationäre Stromversorgung mit Energie versorgt werden. Teleskopierbare Aluminiumrohre ermöglichen die anthropometrische Anpassung des körpergetragenen Systems an unterschiedliche Nutzer. Alle für die uneingeschränkte Beweglichkeit erforderlichen Freiheitsgrade sind im Bereich des Oberkörpers umgesetzt. Im Gegensatz dazu besteht die Unterkörpereinheit aus passiven Elementen. Vergleichbar mit der Oberkörperstruktur können Längen- und Umfangsanpassungen an die jeweiligen Nutzer über teleskopierbare Aluminiumzylinder und Flügelschrauben erfolgen. Eine Federkonstruktion spannt beim Beugen die in den Rohren enthaltenen Federn, deren Energie beim Aufrichten wieder genutzt wird (Stelzer, 2015; Verl & Bauernhansl, 2015).

Die Anbindung des Systems an den Nutzer erfolgt über das rucksackähnliche Rumpfsystem sowie gepolsterte Schalelemente im Bereich des Oberschenkels, des Unterarms, der Hüfte sowie der Füße. Über handelsübliche Verschlussmechanismen in Form von Klettverbindungen, Schnallen und Ratschen können die unterschiedlichen Umfangsanforderungen eingestellt werden, wobei gleichzeitig ein geringe Rüstzeit beim An- und Ablegen der Hebehilfe unterstützt wird.





Abbildung 3 Prototypenaufbau der körpergetragenen Hebehilfe; Aufbau der Kinematik-Struktur des Systems durch die J. Schmalz GmbH (Oberkörpereinheit), das Fraunhofer IPA (Unterkörpereinheit); Steuerung/Regelung durch Sensodrive GmbH; Bedienkonzept durch LfE und Sensodrive GmbH (vgl. Knott & Bengler, 2017)

Das von Seiten des Lehrstuhls für Ergonomie entwickelte und in Kooperation mit dem Projektpartner Sensodrive GmbH umgesetzte Bedienkonzept des Exoskeletts gliedert sich in folgende drei Bestandteile, deren Funktionalität in Knott & Bengler (2016a; 2016b) detailliert erläutert ist: Ein intelligenter Handschuh mit Mikrotaster dient zur Aktivierung der Kraftunterstützung. Während das Bedienpanel am Exoskelett (Abbildung 4) die wichtigsten Informationen dem Nutzer mitteilt, dient ein stationäres System mit Tablet mithilfe einer entwickelten Applikation zur Wiedergabe von textuellen Informationen für den Nutzer und Service.



Abbildung 4: Finales Bedienpanel des Prototypen Hebehilfe

## Evaluation des Exoskeletts

Die Evaluation des Bedienkonzepts hinsichtlich Usability, Nutzerakzeptanz und Attraktivität im Rahmen von zwei Funktionsmustertests und einer Usability-Studie mit Probanden ergibt eine überwiegend positive Beurteilung. Detailinformationen zu den einzelnen methodischen Vorgehensweisen in den Studien sowie deren Resultate können in Knott & Bengler (2016b) sowie Knott & Bengler (2017) nachgelesen werden.

Neben der Analyse des Bedienkonzepts ist die Evaluation des Systems hinsichtlich der Beanspruchung von Seiten des Lehrstuhls für Ergonomie von besonderer Relevanz. Zur Ermittlung der Beanspruchung wird insbesondere die indirekte Kalorimetrie herangezogen (vgl. Knott, Mayr & Bengler, 2015; Knott, Wiest & Bengler, 2016). Die Spiroergometrie als Messsystem bietet die Möglichkeit, die Reaktionen des Körpers bei

Belastung über die Atmung zu erfassen und aus dem erfassten Parameter der Sauerstoffaufnahme  $\dot{V}O_2$  [ml/min] bzw. Sauerstoffaufnahme bezogen auf das Körpergewicht  $\dot{V}O_2/\text{kg}$  [(ml  $O_2$ /min)/kg] die Beanspruchung abzuleiten (Hollmann, Strüder, Predel & Tagarakis, 2006; Kroidl, Schwarz & Lehnigk, 2010). Erste Ansätze zum Einsatz der Spiroergometrie zur Analyse der Beanspruchung von Hebetätigkeiten auch in Verbindung mit Unterstützungssystemen sind beispielsweise in Marley & Duggasani (1996) oder Whitfield, Costigan, Stevenson & Smallman (2014) dargestellt. Im Rahmen der Dissertation von Knott (2017, in press) wird eine Methodik zur „Evaluation von Exoskeletten zur Lastenhandhabung in der Logistik mithilfe des standardisierten Einsatzes der Spiroergometrie“ aufgestellt, angewendet und validiert. Weiterführende Informationen zur Interpretation der Daten finden sich ebenfalls in Knott (2017, in press).

Im Rahmen des Projekts HEBEHILFE und der Evaluation des Gesamtsystems wird von Seiten des Lehrstuhls für Ergonomie wie folgt vorgegangen: Für die Probanden besteht die Aufgabe im lehrstuhleigenen Versuchsaufbau im Labor (Abbildung 5) darin, stationär eine Kommissionieraufgabe auszuführen. Hierfür ist gemäß der Abbildung 5 ein Stapel von sechs DIN A 4 Paketen á 6,5 kg auf eine nebenstehende Palette umzulagern und ein neuer Stapel aufzubauen. Die Tätigkeit ist mit und ohne Assistenzsystem für eine entsprechende Versuchsdauer von 16 Minuten in einem vorgegebenen Takt (6 min<sup>-1</sup>) und über ergonomische Hebe- und Senkbewegungen zu absolvieren.



Abbildung 5: Arbeitsplatz im Labor des Lehrstuhls für Ergonomie, TUM (Knott & Bengler, 2017)

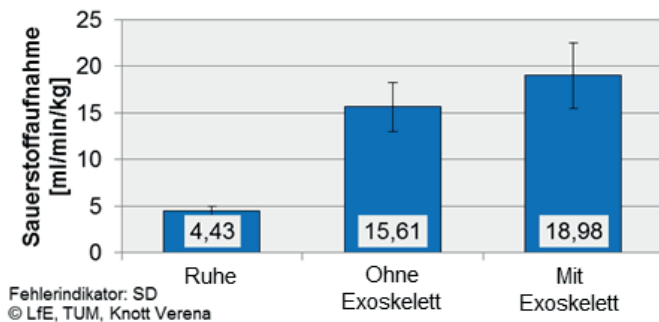
Nach Begrüßung der Probanden und Einführung in die Thematik werden Daten zu Risikobeurteilung und persönliche Informationen erfasst. Mit Einverständnis zur freiwilligen Versuchsteilnahme sowie zur Videoaufzeichnung erfolgt zunächst eine Ruhemessung zur Erhebung des Fitnesszustands sowie eine Ruhemessung zum Erhalt der Ruhewerte über die Spiroergometrie. Die Versuchsbedingungen werden randomisiert durchgeführt, wobei zwischen den Bedingungen mit und ohne Assistenz bei 6,5 kg unterschieden wird. Nach jeder 16 Minuten andauernden Bedingung erfolgt die Erfassung der subjektiven Einschätzung der Beanspruchung nach Borg (1970, 2004). Abschließend wird über ein ausführliches Interview die Gebrauchstauglichkeit und Nutzerakzeptanz erhoben und zudem das Optimierungspotenzial ermittelt.

Insgesamt haben 20 Probanden an der Evaluation teilgenommen ( $M_{\text{Alter}} = 35,6$ ;  $SD_{\text{Alter}} = \pm 11,6$ ). Mit Erfahrung in der Lastenhandhabung und einem normalen bis hoch-trainierten Fitnesszustand teilt sich das Kollektiv in acht Frauen und zwölf Männer auf. Neben den Ergebnissen der objektiven Messdaten (Sauerstoffaufnahme  $\dot{V}O_2/\text{kg}$ , Herzfrequenz HF) werden Resultate der subjektiven Einschätzung der Beanspruchung (Borg, 1970, 2004) aufgezeigt (Abbildung 6). Der Test auf Ausreißer mit SPSS (IBM Statistics Version 22) ergibt, dass keine Ausreißer in den Daten enthalten sind. Der Shapiro-Wilk-Test zeigt die Normalverteilung der Daten auf. Mit vorhandener Normalverteilung ergeben die t-Tests für verbundene Stichproben nach Bühner & Ziegler (2009) statistisch eine erhöhte Beanspruchung mit Assistenzsystem bei 6,5 kg verglichen mit der Bedingung ohne Exoskelett. Für alle Parameter kann ein signifikanter Unterschied festgestellt werden (Abbildung 6).

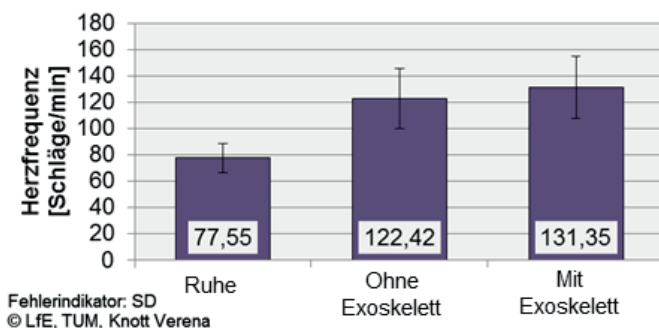
Die Gebrauchstauglichkeit des Gesamtsystems wird über den standardisierten Fragebogen System Usability Scale (Brooke, 1996) und den dazugehörigen Score nach Bangor, Kortum & Miller (2009) als „ok bis gut“ eingestuft ( $M_{\text{Usability}} = 54,8$  ( $SD_{\text{Usability}} = \pm 17,0$ )). Die Attraktivität des Gesamtsystems wird auf einer siebenstufigen Likert-Skala mit einem durchschnittlichem Wert von  $M_{\text{Attraktivität}} = 4,12$  ( $SD_{\text{Attraktivität}} = \pm 1,14$ ) bewertet. Das anschließende Interview hin-

sichtlich der Akzeptanz ergibt für 17 Probanden einen positiven und bleibenden Gesamteindruck des Exoskeletts, wobei allerdings auch zahlreiche Vorschläge für die Optimierung des Systems angegeben werden (vgl. Knott & Bengler, 2017).

### Beanspruchung abgeleitet aus Sauerstoffaufnahme



### Beanspruchung abgeleitet aus Herzfrequenz



### Beanspruchung abgeleitet aus subjektiver Einschätzung (BORG)

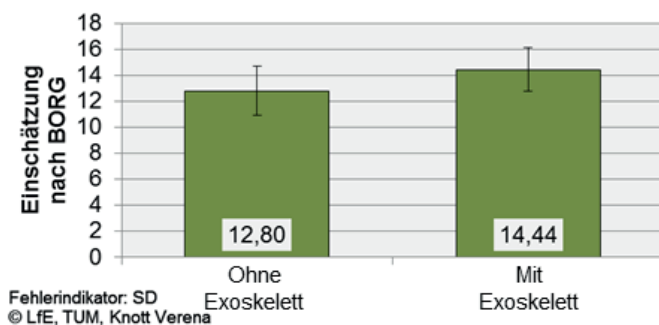


Abbildung 6: Ergebnisse hinsichtlich der Beanspruchung (Knott & Bengler, 2017)

## Zusammenfassung und Ausblick

Wie die Untersuchungen zeigen, ergeben sich mit dem Funktionsprototypen derzeit keine reduzierten Beanspruchungswerte im Vergleich zur Ausführung der Tätigkeit ohne Assistenz. Eine Überarbeitung ist in jedem Fall erforderlich. Insbesondere durch das hohe und nicht den gesetzten Anforderungen entsprechende Eigengewicht des Systems werden die hohen Werte hervorgerufen. Aus Gründen des hohen Eigengewichts ist für Testzwecke das Assistenzsystem an einem Seilbalancer angebracht. Aufgabe für die zukünftige Bearbeitung ist es nun die Materialwahl des Systems zu überdenken. Des Weiteren ist auf eine gewichtsreduzierte Konstruktion zu achten. Während bei diesem Prototypen insbesondere die Funktionalität fokussiert wurde, ist zukünftig in einem weiteren Aufbau auch der Aspekt der einfachen Einstellbarkeit zur Anpassung zu optimieren.

Aus Sicht der Ergonomie können jedoch als Resultat auch positive Ergebnisse verzeichnet werden, die auch für die zukünftige Forschung von Relevanz sind: Einerseits kann eine allumfassende Methode zur Evaluation von Assistenzsystemen im Bereich der Logistik für zukünftige Anwendungen eingesetzt werden. Des Weiteren kann der im Rahmen des Projekts HEBEHILFE erstellte Größenkatalog zur Anpassbarkeit eines körpergetragenen Assistenzsystems auf andere Anwendungsfälle transferiert werden. Auch das Bedienkonzept kann mit geringen Änderungen auf andere Anwendungsfälle übertragen werden. Zudem wird durch die Aussagen zur Akzeptanz eine weitere, zukünftige Fokussierung der Entwicklung von Exoskeletten über die hohe Nutzerakzeptanz bekräftigt.

## Literatur

- Abdoli-Eramaki, M., Agnew, M. & Stevenson, J. M. (2006). An on-body personal lift augmentation device (PLAD) reduces EMG amplitude of erector spinae during lifting tasks. *Clinical Biomechanics*, 21 (5), 456-465. DOI: 10.1016/j.clinbiomech.2005.12.021.
- AnyBody Technology. (2017). Internetauftritt AnyBody Technology A/S. Zugriff am 28.03.2017. Verfügbar unter <https://www.anybodytech.com/>.



- Bangor, A., Kortum, P. & Miller, J. (2009). Determining What Individual SUS Scores Mean: Adding an Adjective Rating Scale. *JUS Journal of Usability Studies*, Volume 4 (Issue 3), 114-123.
- Bengler, K., Zimmermann, M., Bortot, D., Kienle, M. & Damböck, D. (2012). Interaction Principles for Cooperative Human-Machine Systems. *it - Information Technology*, 54 (4), 157-164. DOI: 10.1524/itit.2012.0680.
- Borg, G. (1970). Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, 2 (2), 92-98.
- Borg, G. (2004). Anstrengungsempfinden und körperliche Aktivität. *Deutsches Ärzteblatt*, 101 (15), 1016-1021.
- Bosch, T., van Eck, J., Knitel, K. & Looze, M. de. (2016). The effects of a passive exoskeleton on muscle activity, discomfort and endurance time in forward bending work. *Applied ergonomics*, 54, 212-217. DOI: 10.1016/j.apergo.2015.12.003.
- Brooke, J. (P. W. Jordan, B. Thomas, B. A. Weerdmeester, I. L. McClelland, Hrsg.). (1996). SUS – A quick and dirty usability scale. *Usability evaluation in industry* (S. 189-194). Zugriff am 31.08.2013. Verfügbar unter <http://www.usabilitynet.org/trump/documents/Suschart.doc>.
- Bühner, M. & Ziegler, M. (2009). *Statistik für Psychologen und Sozialwissenschaftler*. München [u.a.]: Pearson Studium. ISBN: 978-3-8273-7274-1.
- CORTEX Biophysik GmbH. (2017). Internetauftritt CORTEX Biophysik GmbH. Zugriff am 21.03.2017. Verfügbar unter <http://cortex-medical.com/>.
- Crane, D. (2010). Berkeley Bionics/Lockheed Martin Human Universal Load Carrier (HULC) Biomechanical Military Combat Exoskeleton Developed for Future Soldier/Warfighter Performance Enhancement: Bionic Super Soldiers on the Way?, *DefenseReview.com*. Zugriff am 15.04.2015. Verfügbar unter <http://www.defensereview.com/human-universal-load-carrier-hulc-biomechanical-exoskeleton-technology-future-soldier-performance-augmentationenhancement-system-bionic-super-soldiers-on-the-way/>.
- de Looze, M., Bosch, T., Krause, F., Stadler, K. S. & O'Sullivan, L. (2015). Exoskeletons for industrial application and their potential effects on physical work load. *Ergonomics*, 1-11. DOI: 10.1080/00140139.2015.1081988.
- Deng, M. J., Wang, Z., He, H. & Xue, Y. (2013). Design and Weight Lifting Analysis of a Strengthen Upper Limb Exoskeleton Robot. *Applied Mechanics and Materials*, 437, 695-699. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.437.695.
- FDA (U.S. Food and Drug Administration, Hrsg.). (2014). FDA allows marketing of first wearable, motorized device that helps people with certain spinal cord injuries to walk. Zugriff am 15.04.2014. Verfügbar unter <http://www.fda.gov/NewsEvents/Newsroom/PressAnnouncements/ucm402970.htm>.
- Future Technology. (2013). The Real Iron Man? Volume 11 Summer/Autumn 2013. Zugriff am 21.03.2016. Verfügbar unter <http://www.soldiermod.com/volume-11/pdfs/articles/the-real-iron-man.pdf>.
- Galvan, S. (The Denver Post, Hrsg.). (2013). The bionic walker: Therapists employ fast-evolving exoskeletons. Zugriff am 21.03.2016. Verfügbar unter [http://www.denverpost.com/paralysis/ci\\_24416932/graphic-bionic-walker](http://www.denverpost.com/paralysis/ci_24416932/graphic-bionic-walker).
- GfA Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. (Hrsg.). (2017). *Soziotechnische Gestaltung des digitalen Wandels - kreativ, innovativ, sinnhaft.: Bericht zum 63. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft in Brugg und Zürich, Schweiz vom 15.-17. Februar 2017*. Dortmund: GfA-Press.
- GfA Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. & Jäger, M. (Hrsg.). (2014). *Gestaltung der Arbeitswelt der Zukunft: Bericht zum 60. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft vom 12.-14. März 2014 (Bd. 2014, Als Ms. gedr.)*. : Bd. 2014. Dortmund: GfA-Press.
- GfA Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. (Hg.) 2016 (Hrsg.). (2016). *Arbeit in komplexen Systemen. Digital, vernetzt, human?!*: Bericht zum 62. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft in Aachen vom 02.03.-04.03.2016. Dortmund: GfA-Press.
- Gopura, R. & Kiguchi, K. (2009). Mechanical designs of active upper-limb exoskeleton robots: State-of-the-art and design difficulties. *IEEE 11th International Conference on Rehabilitation Robotics Kyoto International Conference Center, Japan, June 23-26,2009*, 178-187. DOI: 10.1109/ICORR.2009.5209630.
- Hollmann, W., Strüder, H. K., Predel, H.-G. & Tagarakis, C. (2006). *Spiroergometrie: Kardiopulmonale Leistungsdiagnostik des Gesunden und Kranken. (Mit 249 Abbildungen und 15 Tabellen)*. Stuttgart: Schattauer GmbH. ISBN: 978-3-7945-2396-2.
- Hölzel, C., Schmidtler, J., Knott, V. & Bengler, K. (2015). Unterstützung des Menschen in der Arbeitswelt der Zukunft. In R. Weidner, T. Redlich & J. Wulfsberg (Hrsg.), *Technische Unterstützungssysteme* (S. 148-158). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. DOI: 10.1007/978-3-662-48383-1\_4.

- Kadota, K., Akai, M., Kawashima, K. & Kagawa, T. (2009). Development of Power-Assist Robot Arm Using Pneumatic Rubber Muscles with a Balloon Sensor. RO-MAN 2009 - The 18th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication, Toyama, 2009, 546-551. DOI: 10.1109/ROMAN.2009.5326335.
- Kim, W., Lee, H., Lim, D., Han, C. & Han, J. (2013). Development of a lower extremity exoskeleton system for walking assistance while load carrying: Proceedings of the 16th International Conference on Climbing and Walking Robots and the Support Technologies for Mobile Machines, 14-17 July 2013, Sydney, Australia. Nature-Inspired Mobile Robotics, 35-42. DOI: 10.1142/9789814525534\_0008.
- Kim, W., Lee, S., Lee, H., Yu, S., Han, J. & Han, C. (2009). Development of the heavy load transferring task oriented exoskeleton adapted by lower extremity using quasi-active joints. International Joint Conference IC-CAS-SICE, 2009, August 18-21; Fukuoka International Congress Center, Japan, 1353-1358. Zugriff am 21.03.2016. Verfügbar unter <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5335254&isnumber=5332438>.
- Knott, V., Kraus, W., Schmidt, V. & Bengler, K. (2014a). Ergonomische Gestaltung einer körpergetragenen Hebehilfe zur Unterstützung der manuellen Lastenhandhabung. In GfA Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. & M. Jäger (Hrsg.), Gestaltung der Arbeitswelt der Zukunft. Bericht zum 60. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft vom 12.-14. März 2014 (Bd. 2014, Als Ms. gedr., 60. Kongress der Gesellschaft der Arbeitswissenschaft, S. 58-60). Dortmund: GfA-Press.
- Knott, V., Kraus, W., Schmidt, V. & Bengler, K. (2014b). Manual Handling of Loads Supported by a Body-worn Lifting Aid. Proceedings of the 3rd International Digital Human Modeling Symposium DHM 2014, Odaiba, Japan, 20-22 May 2014.
- Knott, V. C. (2017, in press). Evaluation von Exoskeletten zur Lastenhandhabung in der Logistik mithilfe des standardisierten Einsatzes der Spiroergometrie. Dissertation, eingereicht am 01.03.2017. Technische Universität München. München.
- Knott, V. C. & Bengler, K. (2016a). Ergonomic User-Interface of an Exoskeleton for Manual Handling Tasks - An Evaluation Study. Proceedings of the 4th International Digital Human Modeling Symposium DHM 2016, Montréal, Canada, June, 15-17, 2016.
- Knott, V. C. & Bengler, K. (2016b). Konzept zur ergonomischen Bedienung eines Exoskeletts für die manuelle Lastenhandhabung. In GfA Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. (Hg.) 2016 (Hrsg.), Arbeit in komplexen Systemen. Digital, vernetzt, human?! Bericht zum 62. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft in Aachen vom 02.03.-04.03.2016. Dortmund: GfA-Press.
- Knott, V. & Bengler, K. (2017). Schlussbericht zum BMBF Verbundprojekt Körpergetragene Hebehilfe. Entwicklung, Aufbau und Verifikation einer körpergetragenen Hebehilfe zur Unterstützung Lasten-hebender Arbeitnehmer. Hannover: Technische Informationsbibliothek.
- Knott, V. C., Mayr, T. & Bengler, K. (2015). Lifting Activities in Production and Logistics of the Future – Cardiopulmonary Exercise Testing (CPET) for Analyzing Physiological Stress. Procedia Manufacturing, 3, 354-362. DOI: 10.1016/j.promfg.2015.07.173.
- Knott, V. C., Schießl, T. & Bengler, K. (2017). Analyse von Hebetätigkeiten mit dem biomechanischen Menschmodell AnyBody(TM). In GfA Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. (Hrsg.), Soziotechnische Gestaltung des digitalen Wandels – kreativ, innovativ, sinnhaft. Bericht zum 63. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft in Brugg und Zürich, Schweiz vom 15.-17. Februar 2017. Dortmund: GfA-Press.
- Knott, V. C., Wiest, A. & Bengler, K. (2016). Repetitive Lifting Tasks in Logistics – Effects on Humans at Different Lifting Task Durations. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting, 60 (1), 2034-2038. DOI: 10.1177/1541931213601462.
- Kobayashi, H. & Nozaki, H. (2007). Development of muscle suit for supporting manual worker. IEEE/RSJ Intelligent Robots and Systems 2007, San Diego, CA, 1769-1774. DOI: 10.1109/IROS.2007.4399412.
- Kroidl, R., Schwarz, S. & Lehnigk, B. (2010). Kursbuch Spiroergometrie: Technik und Befundung verständlich gemacht; 220 Abbildungen, 26 Tabellen (2., aktualisierte und erweiterte Auflage). Stuttgart: Georg Thieme Verlag. ISBN: 9783131434425.
- Li, X., Noritsugu, T., Takaiwa, M. & Sasaki, D. (2013). Design of Wearable Power Assist Wear for Low Back Support Using Pneumatic Actuators. International Journal of Automation IJAT, 7 (2), 228-236.
- Liebers, F. & Caffier, G. (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, D., Hrsg.). (2009). Bericht "Berufsspezifische Arbeitsunfähigkeit durch Muskel-Skelett-Erkrankungen in Deutschland" - F1996. Zugriff am 31.07.2014. Verfügbar unter <http://www.baua.de/cae/servlet/contentblob/668706/publication->



- File/92050/F1996.pdf.
- Liebers, F., Brendler, C. & Latza, U. (2013). Alters- und berufsgruppenabhängige Unterschiede in der Arbeitsunfähigkeit durch häufige Muskel-Skelett-Erkrankungen. *Bundesgesundheitsbl.*, 56 (3), 367-380.
- Marley, R. J. & Duggasani, A. R. (1996). Effects of industrial back supports on physiological demand, lifting style and perceived exertion. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 17, 445-453.
- Naruse, K., Kawai, S., Yokoi, H. & Kakazu, Y. (2003). Development of wearable exoskeleton power assist system for lower back support. *Intelligent Robots and Systems, 2003. (IROS 2003). Proceedings. 2003 IEEE/RSJ International Conference on*, 2003, 3, 3630-3635. DOI: 10.1109/IROS.2003.1249719.
- Pluta, W. (2014). US-Gesundheitsbehörde lässt Exoskelett zu: REWALK. Zugriff am 05.04.2015. Verfügbar unter <http://www.golem.de/news/rewalk-us-gesundheitsbehoerde-lasst-exoskelett-zu-1407-107577.html>.
- Quick, D. (2010). REX robotic exoskeleton gets wheelhair users back on their feet. Zugriff am 15.04.2015. Verfügbar unter <http://www.gizmag.com/rex-robotic-exoskeleton/15736/>.
- Rammelmeier, T., Weisner, K., Günthner, W. A. & Deuse, J. (2014). Reduktion der Mitarbeiterbelastung in der Kommissionierung auf Basis einer fortlaufenden Belastungsermittlung. In GfA Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V. & M. Jäger (Hrsg.), *Gestaltung der Arbeitswelt der Zukunft. Bericht zum 60. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft vom 12.-14. März 2014* ( Bd. 2014, Als Ms. gedr., 60. Kongress der Gesellschaft der Arbeitswissenschaft, S. 201-203). Dortmund: GfA-Press.
- REX Bionics. (2016). Step into the Future: A hands-free, self supporting independently controlled, robotic mobility device: Internetauftritt. Zugriff am 21.03.2016. Verfügbar unter <http://www.rexbionics.com/>.
- Schmidtler, J., Hölzel, C., Knott, V. & Bengler, K. (2014). Human centered assistance applications for production. In T. Ahram, W. Karwowski & T. Marek (Hrsg.), *Proceedings of the 5th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics AHFE 2014*, Poland 19-23 July 2014 (Bd. 2014).
- Schmidtler, J., Knott, V., Hölzel, C. & Bengler, K. (2015). Human Centered Assistance Applications for the working environment of the future. *Occupational Ergonomics*, 12 (3), 83-95. DOI: 10.3233/OER-150226.
- Stelzer, P. (2015). Assistenzsysteme für die manuelle Handhabung. In A. Verl & T. Bauernhansl (Hrsg.), *Stuttgarter Produktionsakademie 2015. Flexible Werkstückzuführung: Innovative Vereinzelungslösungen mit Robotern erfolgreich nutzen*. Seminar, 25. Juni 2015. Stuttgart. SPA. 197
- Ulrey, B. L. & Fathallah, F. A. (2013). Effect of a personal weight transfer device on muscle activities and joint flexions in the stooped posture. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 23 (1), 195-205. DOI: 10.1016/j.jelekin.2012.08.014.
- Verl, A. & Bauernhansl, T. (Hrsg.). (2015). *Stuttgarter Produktionsakademie 2015: Flexible Werkstückzuführung: Innovative Vereinzelungslösungen mit Robotern erfolgreich nutzen*. Seminar, 25. Juni 2015. Stuttgart. SPA. 197.
- Weidner, R., Redlich, T. & Wulfsberg, J. (Hrsg.). (2015). *Technische Unterstützungssysteme*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. ISBN: 978-3-662-48383-1.
- Wehner, M., Rempel, D. & Kazerooni, H. (2009). Lower Extremity Exoskeleton Reduces Back Forces in Lifting. *ASME 2009 Dynamic Systems and Control Conference*, 2, 49-56. DOI: 10.1115/DSCC2009-2644.
- Whitfield, B. H., Costigan, P. A., Stevenson, J. M. & Smallman, C. L. (2014). Effect of an on-body ergonomic aid on oxygen consumption during a repetitive lifting task. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 44 (1), 39-44.

# Travis – Unternehmergeist trifft auf Universität

Andreas Hippe, Dominik Ganswohl

Er bringt uns täglich um den Verstand und versetzt Städte weltweit in Aufregung, trotzdem können wir ihn absolut nicht loslassen: Der öffentliche Personenverkehr. Er ist Dreh- und Angelpunkt für funktionierende Mobilität in einer urbanen Zukunft. Doch gilt es einige Hürden zu überwinden um gemeinsam in eine von Stau befreite und mit moderner Infrastruktur versehene Zukunft schreiten zu können.

Die Jungunternehmer von Travis haben den Anspruch die einflussreichsten Akteure des öffentlichen Personenverkehrs aufzuwecken und mit intelligenten Lösungen zu unterstützen. Im vergangenen Jahr begleitete der Lehrstuhl für Ergonomie das Startup.

## R&D as a Service

Das Unternehmen ist primär Ansprechpartner für Sitzhersteller, Fahrzeughersteller und Betreibergesellschaften und unterstützt bei der Lösungssuche technischer Probleme und Entwicklung innovativer Produkte. Dabei hält das im Mekka der Ingenieurwissenschaften gegründete Team Kompetenzen in einer Vielzahl entscheidender Felder. Besonders Ergonomie Bewertungen & Optimierungen neuartiger Sitzkonzepte als auch die Software- und Sensorentwicklung gehören zum Kern ihrer Arbeit. Durch enge Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl konnten mehrere Studenten aus den Feldern Anthropometrie und Softwareergonomie begeistert werden.

## Das Sitzsystem für Busse und Züge der urbanen Zukunft

Um bestehende Infrastruktur in Stadtbussen und -zügen besser ausnutzen zu können, entwickelte Travis über das vergangene Jahr am Lehrstuhl für Ergonomie ein völlig neuartiges Sitzkonzept. Das Konzept besticht durch seine enorme Platzef-



fizienz. Nach Integration des Systems finden rund 20% mehr Fahrgäste einen Sitzplatz. Der Sitz sorgt gleichzeitig für erhöhte Sicherheit während der Fahrt und bietet zahlreiche Abstellflächen für Taschen und mobile Geräte.

Um eine umfassende ergonomische Bewertung des Produktes vornehmen zu können, wurde eine RAMSIS Erweiterung entwickelt, welche eine Optimierung innerhalb von ergonomischen und physikalischen Grenzen zulässt und Fahrzeugbeschleunigungen (Anfahr-/Bremsvorgänge) berücksichtigt. Dadurch können Belastungsgrenzen des Menschen definiert werden und es kann Bezug auf Haftbedingungen direkt am Sitz und am Boden genommen werden.

In weiteren Projekten wurden u.a. nachrüstbare Sitzplatzbelegungssensoren für den Regional- und Fernverkehr entwickelt.

## Hinter Travis

Gefördert wurde das Projektvorhaben im Rahmen des EXIST Gründerstipendiums durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. Die durch den Europäischen Sozialfonds konfinanzierte Förderung unterstützt Studierende, Absolventinnen und Absolventen sowie Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen bei der Weiterentwicklung von Produktideen mit signifikanten Alleinstellungsmerkmalen und guten wirtschaftlichen Erfolgsaussichten. Auch der ehemalige Technologievorstand der Deutsche Bahn AG, Josef Stoll, unterstützt das Team als Mentor.

## Fahren Sie mit

Im Foyer des Lehrstuhls wird derzeit der aktuelle Prototyp des Sitzsystems der urbanen Zukunft ausgestellt. Travis freut sich auf Industriepartner, Mitstreiter und offene Gespräche mit Interessierten. Per Mail an [info@travis-mobility.com](mailto:info@travis-mobility.com) oder im Internet unter [www.travis-mobility.com](http://www.travis-mobility.com).

# Quick Check Digitalisierung 2 (bayme vbm)

Carmen Aringer-Walch

## Projektziel

Auf welche Weise können Unternehmen eine Einschätzung erhalten, wie zukunftsfähig ihre Produktion im Themenfeld Industrie 4.0 aufgestellt ist? Speziell für Mitgliedsunternehmen der bayerischen Metall- und Elektro-Arbeitgeberverbände bayme vbm haben das IGCV Fraunhofer in Augsburg, der Lehrstuhl für Ergonomie der TUM (Prof. Bengler) und das Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (Prof. Reinhardt) einen Quick Check Digitalisierung 2 konzipiert. Mit diesem Quick Check werden die Voraussetzungen und Anforderungen an Technik, Organisation und Mitarbeiter/innen vor dem Hintergrund der zunehmenden Digitalisierung beleuchtet. Die Unternehmen erhalten auf Basis eines Online-Tools und eines Vor-Ort-Termins Handlungsempfehlungen. Zudem ist ein anonymisierter Benchmark mit anderen Unternehmen auf Grundlage individueller Kriterien bspw. Unternehmensgröße möglich.

## Vorgehen

In einem ersten Schritt füllen die Unternehmen einen speziell entwickelten Online-Fragebogen aus, der den beteiligten Experten/innen einen Eindruck über das Unternehmen verschafft. Dabei werden die folgenden Bereiche thematisiert:

- Allgemeine Informationen (bspw. Größe, Branche)
- Unternehmensziele
- Digitale Produktion und
- Arbeitsorganisation

Die Daten aus dem Online-Fragebogen dienen als Gesprächsgrundlage für einen Quick Check Tag im Unternehmen. Zusammen mit Ansprechpartner/innen vor Ort (Produktionsleitung, Personalleitung, Geschäftsführung und Werkleitung) erfolgt eine Begehung der Produktion (ca. 90 bis 120 Minuten). Der Begehung schließen sich drei strukturierte Interviews mit Verantwortlichen aus dem Unternehmen zu den folgenden Themen an:

### 1. Unternehmensziele:

Was erwarten die Verantwortlichen von der Digitalisierung und welchen Zielen soll sie dienen?

### 2. Digitale Produktion:

Welche Voraussetzungen und Erfahrungen sind im Unternehmen bereits vorhanden?

### 3. Arbeitsorganisation:

Wie ist das Unternehmen hinsichtlich neuer Arbeitsmethoden aufgestellt und wie werden Mitarbeiter/innen an ihren Arbeitsplätzen (bspw. durch Assistenzsysteme) unterstützt?

Der Fokus des Lehrstuhls für Ergonomie liegt hierbei auf dem dritten Punkt, insbesondere bei Fragestellungen zur Mensch-Maschine-Interaktion und der Arbeitsplatz- und Anzeigengestaltung.

Basierend auf den Eindrücken aus der Onlinebefragung, der Begehung der Produktion und den strukturierten Interviews erarbeiten die beteiligten Experten/innen individuell abgestimmte Handlungsempfehlungen für das Unternehmen. Diese werden den Unternehmen als Bericht zur Verfügung gestellt und es besteht die Möglichkeit, in einem zweiten Vor-Ort-Termin die Ergebnisse gemeinsam mit den Unternehmensverantwortlichen zu diskutieren.

## Erfahrungen

Die Konzeption hat sich bewährt, sodass der Quick Check nach einer umfangreichen Erprobung nun standardmäßig angeboten wird. Insbesondere der individuelle Vor-Ort-Termin bietet die Möglichkeit, sich einen direkten Eindruck zu verschaffen und Abläufe und Arbeitsplätze im Arbeitsprozess nachzuvollziehen. Häufig können mögliche Empfehlungen und deren Machbarkeit mit den Beteiligten schon bei der Produktionsbegehung vordiskutiert werden. Auf diese Weise erhalten die Unternehmen maßgeschneiderte und realistische Handlungsempfehlungen. Die theoretischen Grundlagen der Konzeption und erste Ergebnisse aus dem Quick Check wurden zudem in einer Studie „Digitale Produktion und deren Arbeitsorganisation“ veröffentlicht.

# Ergonomie für Schulen: Start der dritten Projektphase des Ergonomie-Messkoffers

Ralf Kassirra, Inga Simm

Mehr als 1000 Schülerinnen und Schüler ab der 5. Klassenstufe sowie zahlreiche Lehrkräfte lernten in den letzten vier Jahren den Ergonomie-Messkoffer kennen. Während Schülerinnen und Schüler in ihrem Klassenzimmer Lärm, Temperatur, Licht, Beleuchtung und die Qualität ihrer Schülmöbel maßen, nutzten die Lehrkräfte mit dem Ergonomie-Messkoffer ein neues Tool zur Gestaltung des Unterrichts (Kassirra et al. 2015, S.14). Durch die Analyse mit einem Messgerät und die Verbesserung der eigenen Lernumgebung, lernten die Schülerinnen und Schüler mit dem Ergonomie-Messkoffer die Bedeutung von Technik und technischen Herangehensweisen kennen (vgl. Kassirra et al 2016). Das Projekt Ergonomie-Messkoffer, das der Lehrstuhl für Ergonomie (Prof. Dr. Klaus Bengler) und der Susanne Klatten-Stiftungslehrstuhl für Empirische Bildungsforschung (Prof. Dr. Manfred Prenzel) im Jahr 2012 gemeinsam initiierten, konzipierten und durchführten, wurde in den ersten beiden Projektphasen bis 2016 von der TÜV SÜD Stiftung finanziert (TÜV SÜD Stiftung 2012, 2013 & 2014). Bisher wurde der Koffer überwiegend im Münchner Raum im Unterricht erprobt und eingesetzt. In der dritten Förderphase kann das Projekt durch die Spende der TÜV SÜD Auto Service GmbH auch über Oberbayern hinaus etabliert werden.



## Spende der TÜV SÜD Auto Service GmbH

Die TÜV SÜD Auto Service GmbH unterstützt mit einer Spende in Höhe von 100.000 Euro die Fortsetzung des erfolgreichen Projektes über zwei weitere Jahre. Neben der Finanzierung von Betreuung und Weiterentwicklung des Projektes können so sechs weitere Messkoffer angeschafft und umgerüstet werden.

## Ziele der dritten Phase

Das zentrale Ziel der kommenden zweijährigen Projektphase ist die überregionale Verbreitung des Ergonomie-Messkoffers. Hierfür konnten mit dem Schülerlabor Sinneswahrnehmungen der Hochschule Kempten (Prof. Dr. Thomas Eimüller), der Fachvertretung der Arbeitslehre der Universität Würzburg (Dr. Peter Pfriem und Petra Meißner), der Professur für Arbeitswissenschaft der Universität Bamberg (Akadem. Rat Roland Back) und der Lehrereinheit für Wirtschaftsdidaktik an der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät der Universität Passau (Akadem. Oberrat Gerhard Hopf) vier neue Projektpartner gewonnen werden. An diesen Standorten sollen jeweils vier Messkoffer zusammen mit der Unterrichtsmaterialiensammlung im Rahmen der Aus- und Weiterbildung von Lehrkräften neue Impulse setzen und auch direkt an interessierte Lehrkräfte für den Einsatz im naturwissenschaftlich-technischen Unterricht verliehen werden. Zudem können Schülerinnen und Schüler im Schülerlabor selbst mit den Koffern vor Ort messen. An jedem der vier neuen Standorte werden feste Ansprechpartner zu Multiplikatoren für das Thema Ergonomie in der Schule und den Umgang mit den Messgeräten ausgebildet.

Außerdem verbleiben neun Messkoffer weiterhin an den beiden Münchner Lehrstühlen und können dort entweder direkt von interessierten Schülerinnen und Schülern oder deren Lehrkräften entliehen werden.

## Geplanter Verlauf

Nach Abschluss der Ausbildung zu Experten unserer neuen Kooperationspartner, werden jeweils vier Koffer als Leihgabe zunächst für sechs Monate übergeben. Der Einsatz der Koffer wird dokumentiert und nach Ende der ersten Leihfrist geprüft. Besonders erfolgreiche Partner werden mit der Verlängerung der Leihfrist belohnt. So wird eine langfristige Etablierung in den neuen Regionen sichergestellt. Außerdem besteht so die Möglichkeit zur Einbindung weiterer Schulen und Einrichtungen als Partner.

## Literatur

- Aringer, Carmen; Schiepe-Tiska, Anja; Simm, Inga; Kassirra, Ralf; Rausch, Herbert (2015): Ergonomie im Klassenzimmer: Ein Projekt zur Verbesserung ergonomischer Bedingungen in Schulen. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. (GfA), Dortmund (Hrsg.) VerANTWORTung für die Arbeit der Zukunft. Band zum 61. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft vom 25. bis 27. Februar 2015. Beitrag B.1.2.
- TÜV SÜD Stiftung (2012): Ergonomiekoffer. Das gesunde Klassenzimmer. In: Jahresbericht 2012. S. 26 – 29
- TÜV SÜD Stiftung (2013): Ergonomiekoffer. Ein Koffer voller Begeisterung. In: Jahresbericht 2013. S. 8 – 9
- TÜV SÜD Stiftung (2014): Messen macht mündig. Der Ergonomiemesskoffer der TU München. In: Jahresbericht 2014. S. 34 – 37.
- Kassirra, Ralf; Schiepe-Tiska, Anja; Simm, Inga; Aringer, Carmen; Rausch, Herbert (2015): Messkoffer für's Klassenzimmer. In: TUMcampus. Das Magazin der Technischen Universität München. Ausgabe 2/2015. S.14.
- Kassirra, Ralf; Simm, Inga; Aringer, Carmen; Schiepe-Tiska, Anja (2016): Der Ergonomie-Messkoffer - Schülerinnen und Schüler für Ergonomie sensibilisieren und für Technik interessieren. In: Ergonomie Aktuell. Ausgabe 017. ISSN 1616-7627. S. 20-22.



# Das Projekt OS:IRIS –

## Eine Forschungsk Kooperation mit der Harvard Medical School

Christian Lehsing, Ilja Feldstein

### Gegenwart:

Dem Ende ihrer Promotionszeit entgegenblickend, absolvieren die Mitarbeiter Ilja Feldstein und Christian Lehsing derzeit einen Forschungsaufenthalt an der Harvard Medical School (HMS) in Boston, Massachusetts. Gemeinsam mit Wissenschaftlern des dortigen Schepens Eye Research Institutes<sup>1</sup> (SERI) untersuchen sie mit Hilfe eines Fahrsimulators die Auswirkungen von unterschiedlichen Sehbeeinträchtigungen auf die visuelle Wahrnehmung und Fahrleistung im Straßenverkehr (Projekt OS:IRIS - Ophthalmologic Studies: Investigation of Road user Interaction Scenarios). Der Fahrsimulator, welcher eigens für das Projekt entwickelt und aufgebaut wurde, baut deutlich auf den Erfahrungen mit den mobilen Fahrsimulatoren des Lehrstuhls für Ergonomie auf. Von November (Feldstein) respektive Januar (Lehsing) bis Ende August 2017 tauschen die beiden ihr Münchner Büro gegen ein Labor an der Ostküste der USA. Unterstützt werden sie hierbei durch vier Studenten der TUM, die mit ihren zwei- bis dreimonatigen Aufenthalten am SERI ein Forschungspraktikum oder aber Teile ihrer Masterarbeit verknüpfen und somit bereits während ihres Studiums Gelegenheit haben, internationale Erfahrungen in der Forschung zu sammeln – eine mit Sicherheit einmalige und wertvolle Erfahrung.

### Rückblende:

Bereits im Winter 2015/2016 begannen die aufwendigen Vorbereitungen zu diesem Projekt. Mit der Suche nach einer geeigneten Gastuniversität begann hier bereits parallel die Bewerbung für Plätze in einem der begehrten Stipendienprogramme. Zugleich fand eine Reihe von Sondierungsgesprächen mit Forschungseinrichtungen in den USA statt, in denen gemeinsame Ziel eruiert und abgesprochen wurden. Der erste Schritt war getan, das Interesse der amerikanischen Forscher geweckt. Nach dem die Wahl auf die HMS fiel, wurden in mehreren Videokonferenzen Vorhaben, Zeitraum und Finanzierung detailliert diskutiert. Dies war entscheidend, um bereits einen Teil des Forschungsvorhabens im Vorfeld zu präparieren und die Zeit vor Ort möglichst effek-

tiv nutzen zu können. Finanziell gestützt wird das Projekt durch Stipendien des DAAD, der Fulbright Kommission und der Studienstiftung des deutschen Volkes.

### Zukunft:

Die Arbeit der Garchinger Wissenschaftler hat in Übersee überzeugt. Bereits während ihres Aufenthaltes konnte ein Memorandum of Understanding (MoU) durch die beiden Institutsleitungen (Prof. Dr. Patricia D'Amore und Prof. Dr. Klaus Bengler) unterzeichnet werden. Auf Basis dieser Willensbekundung soll ein zukünftiger Austausch von Ideen, Methoden und Wissenschaftlern zwischen den beiden Forschungseinrichtungen erleichtert und beidseitig unterstützt werden. Durch diverse Programme der TUM wie beispielsweise dem Global Incentive Fund<sup>2</sup> (GIF) oder dem PREP<sup>3</sup> besteht die Möglichkeit Finanzmittel anzuwerben, um den wissenschaftlichen Austausch finanziell zu stützen. Erste Projektideen wurden bereits bei einem HMS-internen Programm sowie dem GIF eingereicht, sodass das MoU schon während des Aufenthaltes der beiden mit Leben gefüllt wurde.



Der neue Fahrsimulator am SERI, eine Eigenentwicklung der Münchner Forscher

<sup>1</sup> <http://www.schepens.harvard.edu/>

<sup>2</sup> [www.gs.tum.de/singleview/?tx\\_ttnews%5Btt\\_news%5D=401&cHash=733e3e8ca797804872ac0f265afb40a1](http://www.gs.tum.de/singleview/?tx_ttnews%5Btt_news%5D=401&cHash=733e3e8ca797804872ac0f265afb40a1)

<sup>3</sup> [www.international.tum.de/de/prep/](http://www.international.tum.de/de/prep/)

# Integration eines Bewegungssystems in einen Fahrsimulator

Corbinian Henle

Zu Forschungszwecken verwendet der Lehrstuhl für Ergonomie (LfE) der Technischen Universität München drei statische Fahrsimulatoren. Einer davon sollte durch den Einbau eines Bewegungssystems dynamisiert werden. Mit der Integration eines geeigneten Bewegungssystems wird angestrebt, die Lücke zwischen Realität und virtueller Welt zu verringern. Dadurch soll sich für den Fahrer die Immersion - also das Gefühl sich in einer realen Welt zu befinden - erhöhen. Somit sollen langfristig Artefakte reduziert und die Validität von Experimenten verbessert werden (Colombet et al., 2008; Greenberg, Artz & Cathey, 2003; Siegler, Reymond, Kemeny & Berthoz, 2001).

Die spezifische Anforderung war, die Dynamisierung auf die Versuchsumgebung des LfEs zuzuschneiden und dabei die bestehende Charakteristik des Mockups und des Labors zu erhalten. Die Zielsetzung bestand darin, den Fahrsimulator durch die Dynamisierung in die Lage zu versetzen, die wichtigsten Bewegungseindrücke der Fahrt, wie Anfahr- und Bremsruck, Vibrationen und skalierte Aufbaubewegungen, wiederzugeben.

Zunächst wurde unter Berücksichtigung dieser Anforderungen ein Bewegungssystem mit drei Freiheitsgraden der Firma D-Box, welches aus vier Aktuatoren und zwei Kontrollmodulen besteht, ausgewählt. Nach Abwägung aller Möglichkeiten fiel die Entscheidung auf das Versteifen des bereits bestehenden Mockups, da dieses einen schnellen Anbau von zusätzlichen Versuchsaufbauten ermöglicht und für die Erfüllung der konstruktiven Anforderungen eine gute Basis liefert. Dabei wurde ein Konzept, welches die Kräfte der Aktuatoren großflächig einleitet und eine hohe Steifigkeit besitzt, gewählt.

Das eingebaute Bewegungssystem hält die erforderlichen Umbaumaßnahmen am Mockup gering und gewährleistet die Erhaltung der Mobilität des Simulators. Die nach der Inbetriebnahme erfolgte Überprüfung der Systemfunktionen zeigte, dass der Fahrsimulator nach der Dynamisierung nun wie geplant Aufbaubewegungen und Vibrationen gleichzeitig realisieren kann. Aus den subjektiven Eindrücken

bisheriger Testfahrer kann geschlossen werden, dass das Bewegungssystem die Immersion erhöht und ein Schweben über der Fahrbahn reduziert wird. Die positiven Eindrücke der Testfahrer und die Steigerung der Immersion bilden die Ausgangslage für weitere Untersuchungen. In diesen muss der Einfluss des Bewegungssystems auf das Verhalten der Probanden geprüft und das System validiert werden.

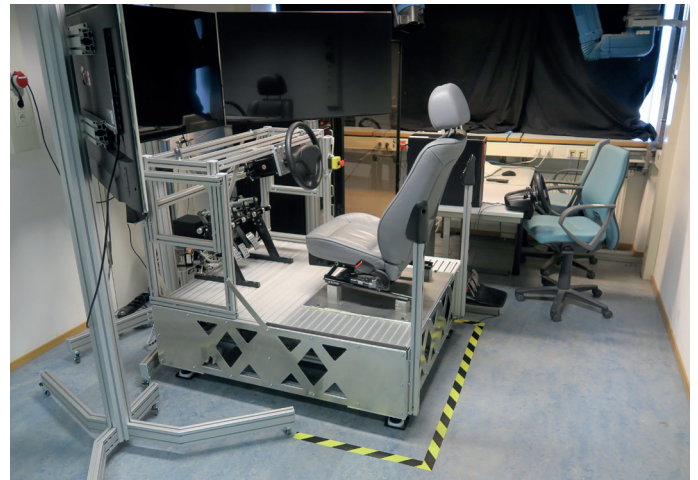


Abbildung 1: Der Fahrsimulator nach der Dynamisierung

## Literaturverzeichnis

- Colombet, F., Dagdelen, M., Reymond, G., Pere, C., Merienne, F. & Kemeny, A. (2008). Motion Cueing: What is the impact on the driver's behavior ? In Proceedings of the Driving Simulation Conference (S. 171-182). Monaco.
- Greenberg, J., Artz, B. & Cathey, L. (2003). The effect of lateral motion cues during simulated driving. In Proceedings of the Driving Simulation Conference North America. Dearborn, USA.
- Siegler, I., Reymond, G., Kemeny, A. & Berthoz, A. (2001). Sensorimotor integration in a driving simulator: contributions of motion cueing in elementary driving tasks. In Proceedings of the Driving Simulation Conference (S. 21-32). Sophia



# 11. Uni-DAS e.V. Workshop Fahrerassistenz und automatisiertes Fahren: 29.03.2017 bis 31.03.2017 in Walting

Anna Feldhütter



Abb. 1. Die Teilnehmer des diesjährigen Uni-DAS e.V. Workshop Fahrerassistenz und automatisiertes Fahren

Der Uni-DAS e.V. ([www.uni-das.de](http://www.uni-das.de)) ist ein universitärer Forschungsverbund aus sechs Universitätsinstituten aus ganz Deutschland (vgl. Abb. 2) mit den Forschungsschwerpunkten Fahrzeugtechnik, Fahrerergonomie, Fahrerassistenzsysteme und automatisiertes Fahren. Ein wesentliches Ziel der Institution ist, junge Wissenschaftler in diesem Bereich zu fördern und interdisziplinär zur öffentlichen Diskussion über dieses Thema beizutragen. Aus diesem Grund richtet der Uni-DAS e.V. alle 1,5 Jahre den Workshop Fahrerassistenz und automatisiertes

Fahren in Walting (Altmühltal) aus, um Forschung und Industrie für einen gemeinsamen Expertenaustausch über Fahrerassistenzsysteme und automatisiertes Fahren zusammen zu bringen. Im Frühjahr 2017 wurde der Workshop zum 11. Mal unter der Leitung von Prof. Bengler ausgerichtet, der im Anschluss des Workshops den Vorsitz des Vereins übernahm. An dem dreitägigen Workshop nahmen ca. 80 Experten zum Thema automatisiertes Fahren und Fahrerassistenz aus Industrie und Forschung teil (siehe Abb. 1).



Abb. 2. Die Mitglieder des Uni-DAS e.V.

Im Rahmen des Workshops werden jedes Jahr drei Preise verliehen.

Diesjähriger Preisträger des ADAS Awards, der herausragende Persönlichkeiten mit einem signifikanten und prägenden Einfluss auf die Entwicklung und Einführung von Fahrerassistenzsystemen und Fahrzeugautomatisierung auszeichnet, ist Prof. Dr.-Ing. Thomas Form (Abb. 3). Form ist ein einflussreicher Forscher auf dem Gebiet der Automatisierung der Fahrzeugführung. Als Leiter des Forschungsfeldes "Elektronik und Fahrzeug" in der Konzernforschung der Volkswagen AG war er u.a. verantwortlich für die Beiträge der Konzernforschung zum pilotierten Fahren von Audi, die mit dem unbemannten Rennen des Versuchsträger "Bobby" auf dem Hockenheimring und der Langstreckenfahrt von Stanford nach Las Vegas im Januar 2015 international sichtbar wurden. Er ist Koordinator und einer der Vordenker für das BMWi Förderprojekt Pegasus, in dem Methoden zur Absicherung von hochautomatisierten Fahrzeugen untersucht werden. Als Vertretungs- und später als Honorarprofessor an der TU Braunschweig hat er viele wichtige Impulse in der Entwicklung zum automatisierten Fahren geleistet. Am bekanntesten ist die Gründung und jährliche Durchführung des Carolo-Cups an der TU Braunschweig, einem Wettbewerb, bei dem sich studentische Teams aus dem In- und Ausland mit selbst entwickelten automatisierten Modellfahrzeugen messen.



Abb. 3. Prof. Thomas Form (ADAS-Award Preisträger) mit Prof. Klaus Bengler



Abb. 4. Dr. Walther Wachenfeld (Gewinner des Wissenschaftspreises) mit Prof. Klaus Dietmayer

Der Uni-DAS e.V. Wissenschaftspreis für herausragende Dissertationen wurde Dr. Walther Wachenfeld für seine Dissertation über „How Stochastic can Help to Introduce Automated Driving“ verliehen (Abb. 4). Die Dissertation entstand im Rahmen eines durch die Daimler und Benz Stiftung geförderten Projekts an der TU Darmstadt. "Wachenfeld liefert mit Hilfe statistischer Betrachtungen auf Basis von Unfalldaten und Mobilitätsstatistiken grundlegende Entscheidungshilfen für drängende Fragen bei der Einführung automatisierter Fahrzeuge", führte Prof. Dr. Klaus Dietmayer, Universität Ulm, in seiner Laudatio aus.

Der Gewinner des Uni-DAS e.V. Best-Paper-Award, der mit einem Preisgeld von 500€ dotiert ist, wird aus allen Workshop-Beiträgen am Abschlusstag des Workshops von den Teilnehmern gewählt. Der diesjährige Preisträger ist Alexander Scheel von der Universität Ulm mit seinem Beitrag „Fusing Radar and Scene Labeling Data for Multi-Object Vehicle Tracking“ (Scheel, Gritschneider, Reuter & Dietmayer, 2017).

Neben 15 wissenschaftlichen Fachvorträgen von Doktoranden zu Themen aus den Bereichen Lokalisierung, Learning, Human Factors und Absicherung (Bengler et al., 2017), stellte Dr. Sven Beiker Ergebnisse aus zwei aktuellen McKinsey-Studien vor, in denen die zukünftige Entwicklung automatisierter

Fahrzeuge und deren Einsatzbereich in der Stadt und auf dem Land bis 2035 prognostiziert werden. Mit einem Workshop zum Thema „Fahren auf Level 5, aber wie, wo, wann und warum?“ wurde in kleinen Expertengruppen die Zukunft autonomer Fahrzeuge und damit verbundene Zukunftsvisionen diskutiert.

Inwieweit sich diese bewahrheiten oder wieder verworfen werden müssen, kann vielleicht bereits beim nächsten Uni-DAS e.V. Workshop Fahrerassistenz und automatisiertes Fahren Ende September 2018 prognostiziert werden.

Für die professionelle Organisation des FAS-Workshops 2017 ging ein besonderer Dank an Anna Feldhütter, Julia Fridgen und André-Marcel Hellmund (KIT).

## Referenzen

- Bengler, K., Dietmayer, K., Eckstein, L., Färber, B., Maurer, M., Stiller, C. et al. (Hrsg.). (2017). 11. Workshop Fahrerassistenzsysteme und automatisiertes Fahren. FAS 2017. Verfügbar unter [http://www.uni-das.de/images/pdf/fas-workshop/2017/FAS2017\\_Tagungsband.pdf](http://www.uni-das.de/images/pdf/fas-workshop/2017/FAS2017_Tagungsband.pdf)
- Scheel, A., Gritschneder, F., Reuter, S. & Dietmayer, K. (2017). Fusing Radar and Scene Labeling Data for Multi-Object Vehicle Tracking. In K. Bengler, K. Dietmayer, L. Eckstein, B. Färber, M. Maurer, C. Stiller et al. (Hrsg.), 11. Workshop Fahrerassistenzsysteme und automatisiertes Fahren. FAS 2017 (S. 11-20).



# Kooperatives hochautomatisiertes Fahren Ko-HAF – Halbzeit

Jonas Radlmayr



Mit der Zwischenpräsentation im Mai 2017 erreicht das Förderprojekt Ko-HAF seine Halbzeit – Zeit für einen ersten Rückblick auf die Arbeiten und Ergebnisse.

In Ko-HAF forschen 14 Partner aus Automobil- und der Zulieferindustrie, öffentlichen Einrichtungen und Forschungsinstituten an der evolutionären Entwicklung automatisierter Fahrfunktionen. Im Fokus steht dabei – wie der Titel bereits verdeutlicht – das hochautomatisierte Fahren. Aktuell verfügbare Systeme fallen in die Kategorie teilautomatisiertes Fahren: die Fahrer müssen das Fahrzeug und die Automation dauerhaft überwachen.

Beim hochautomatisierten Fahren hingegen besteht die Möglichkeit fahrfremde Tätigkeiten, wie z.B. das Arbeiten am Laptop, Film schauen oder ähnliche Aufgaben durchzuführen. Der Fahrer ist an Systemgrenzen nach wie vor Rückfallebene, allerdings muss er dazu laut Bundesanstalt für Straßenwesen „mit ausreichender Zeitreserve“ (Gasser et. al., 2012) aufgefordert werden. Man spricht von einer Übernahme beim hochautomatisierten Fahren. Zudem können durch längere Automationsdauern Fahrer in einen müden, oder hypovigilanten, also wenig aufmerksamen, Zustand gelangen.

In Ko-HAF befasst sich der Lehrstuhl für Ergonomie mit dem Einfluss des Fahrerzustands auf die Übernahmen beim hochautomatisierten Fahren. Dabei werden in Abstimmung mit den Konsortialpartner Simulator- und Realfahrzeugstudien durchgeführt, in denen beispielsweise verschiedene fahrfremde Tätigkeiten oder müde Fahrer und deren Leistung in Übernahmesituationen evaluiert werden.

Am Beginn des Projekts stand die Konsolidierung von Prüfzenarien und Metriken für die geplanten Studien im Vordergrund. Um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten, wurden zum einen typische Situationen, in denen es beim hochautomatisierten Fahren zu einer Übernahme kommt, vereinheitlicht und zusammengefasst. Zum anderen wurde auf Basis bestehender Literatur zum Fahrerzustand, Aufmerksamkeit und Müdigkeit, geeignete Metriken ausgewählt, die eine Änderung des Fahrerzustands vor einer Übernahme valide und reliabel erfassen sollen. Zudem werden die Metriken zur Erfassung des Fahrerzustands im Laufe des Projekts weiterentwickelt, um den gestiegenen Anforderungen an das Wissen über den Fahrerzustand beim hochautomatisierten Fahren gerecht zu werden: sofern beispielsweise sehr müde Fahrer ein Sicherheitsrisiko bei einer Übernahme darstellen, benötigt es eine zuverlässige Erkennung dieses Zustands um geeignete Gegenmaßnahmen einzuleiten.

Nach der Zusammenfassung und Spezifikation der Prüfzenarien und Metriken und deren Veröffentlichung (Gold et. al., 2017) wurde der Fokus vor allem auf die empirischen Studien gelegt. Dabei sind bereits zur Halbzeit 10+ Studien im Konsortium abgeschlossen, sodass eine breite Datenbasis zur Quantifizierung der verschiedenen Einflüsse existiert. Bei den bisherigen Studien wurde vor allem auf verschiedene fahrfremde Tätigkeiten und der Einfluss von müden Fahrern Wert gelegt. Dabei zeigen sich teilweise widersprüchliche Ergebnisse, die in der zweiten Hälfte des Projekts in weiteren Studien geklärt werden.

Auf Basis der bisherigen Daten wird zudem eine Modellierung von Übernahmeleistung in Abhängigkeit verschiedener Fahrerzustände angestrebt, um eine Prädiktion der Übernahmeleistung zu ermöglichen. In enger Abstimmung im Konsortium wurde dabei in einer Veröffentlichung (Marberger et. al., 2017) ein erster Vorschlag zur Modellierung unterbreitet, der die Fahrverfügbarkeit als Differenz zwischen verfügbarer Zeit und notwendiger Zeit für das Übernahmanöver operationalisiert.

Neben weiteren Studien zu fahrfremden Tätigkeiten und dem Einfluss müder Fahrer auf die Übernahme, befasst sich Ko-HAF zudem mit der Optimierung der Transitionskonzepte und der Abschätzung der Kontrollierbarkeit von Übernahmen beim hochautomatisierten Fahren.

Das Projekt Ko-HAF endet im November 2018.

## Literatur

- Gasser, T. M., Arzt, C., Ayoubi, M., Bartels, A., Bürkle, L., Eier, J., . . . Huber, W. (2012). Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen. Unterreihe Fahrzeugtechnik (83).
- Gold, C., Naujoks, F., Radlmayr, J., Bellem, H. & Jarosch, O. (2017). Testing Scenarios for Human Factors Research in Level 3 Automated Vehicles. Paper presented at the 8th Conference on Applied Human Factors and Ergonomics, Los Angeles, USA.

Marberger, C., Mielenz, H., Naujoks, F., Radlmayr, J., Bengler, K. & Wandtner, B. (2017). Understanding and Applying the Concept of “Driver Availability” in Automated Driving. Paper presented at the 8th Conference on Applied Human Factors and Ergonomics, Los Angeles, USA.

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Energie

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



EyeTracking



Sitzdruckmessung



Fahrkennwerte

## Neu erschienen

### UR:BAN Buch

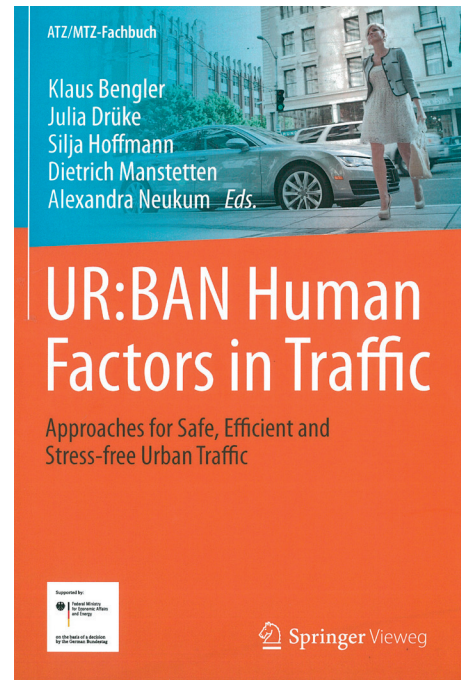
Nachdem das UR:BAN Projekt im Jahr 2016 abgeschlossen wurde, ist nun im Springer Verlag ein englischsprachiges Kompendium erschienen, in dem die Ergebnisse des Projektes Mensch im Verkehr nochmals zusammenfasst sind.

Alle beteiligten Partner haben ihre Ergebnisse zusammengetragen. Damit stehen wichtige Grundlagen zur Intentionserkennung, Fahrsimulation, Bewertungsmethodik und Mensch-Maschine-Interaktion für Fahrerassistenz im städtischen Bereich einer internationalen Leserschaft zur Verfügung.

Ich danke ganz besonders Martin Götze, der dieses Buchprojekt mit enormem Einsatz begleitet hat.

Wir wünschen viel Spaß beim Lesen.

Klaus Bengler



## Neue Projekte:

### CAR@TUM

Tanja Fuest

Technologische Fortschritte in der Sensorik und Datenverarbeitung werden in Zukunft das automatisierte Fahren ermöglichen. Dadurch werden sich automatisiert fahrende Fahrzeuge in das Kommunikationsgeschehen des Straßenverkehrs einbringen. Da Kommunikation die Grundlage für Kooperation und Interaktion zwischen Verkehrsteilnehmern darstellt, könnten Defizite im Bereich der Kommunikation den Verkehrsfluss stören sowie die Akzeptanz automatisierter Fahrzeuge in der Gesellschaft hemmen. Die Gestaltung einer eindeutigen und verständlichen Kommunikation von automatisierten Fahrzeugen ist daher essentiell.

In dem Industrieprojekt CAR@TUM werden gemeinsam mit BMW Methoden zur Analyse verschiedener Kooperationsformen entwickelt und evaluiert. Mit dieser Methode soll zum einen untersucht werden können, welche Fahrparameter und Arten der Kennzeichnung die Interaktion zwischen automatisierten Fahrzeugen und menschlichen Verkehrsteilnehmern beeinflussen und zum anderen sollen erste Hinweise auf die Gestaltung der Kommunikation abgeleitet werden.

# PedSiVal

## Cross Platform Validation of Pedestrian Simulators

Sonja Schneider

PedSiVal ist ein von der Agence nationale de la recherche (ANR) und der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördertes, auf drei Jahre angelegtes Kooperationsprojekt zwischen dem französischen IFSTTAR (Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux) und dem Lehrstuhl für Ergonomie. Ziel ist die plattformübergreifende Validierung von Fußgängersimulatoren.

Während sich Fahrsimulatoren mittlerweile in zahlreichen wissenschaftlichen sowie industriellen Anwendungskontexten bewährt haben, stellt der Einsatz von Fußgängersimulatoren eine verhältnismäßig junge Methodik dar, welche als solche mit entsprechenden Chancen und Herausforderungen verbunden ist: Einerseits verspricht die Erforschung des Verhaltens unter kontrollierten Bedingungen und ohne Risiko für die Teilnehmer großes Potenzial, die konstant hohe Zahl von Unfällen mit Fußgängerbeteiligung zu reduzieren. Andererseits ist aufgrund von Diskrepanzen zwischen realer und virtueller Umgebung, beispielsweise hinsichtlich der Wahrnehmung visueller und akustischer Reize, unklar, inwiefern sich das im Simulator gezeigte Verhalten auf die Realität übertragen lässt.

Während diverse Validierungsansätze für Fahrsimulatoren existieren, fehlen entsprechende Vergleichswerte im Bereich der Fußgängersimulation. Insbesondere die Frage, welches Ausmaß physikalischer Realitätsnähe ein optimales Verhältnis zwischen Generalisierbarkeit der Ergebnisse und Kosteneffizienz bedingt, ist strittig. Diesem Problem soll durch den systematischen Vergleich verschiedener Versuchsaufbauten hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf Wahrnehmung, Entscheidungsverhalten und motorische Reaktionen begegnet werden.

Die Fußgängersimulatoren der beiden Projektpartner weisen einige grundsätzliche Unterschiede auf. Während das IFSTTAR ein CAVE mit zehn Bildschirmen verwendet, basiert die Visualisierung am Lehrstuhl für Ergonomie auf dem Einsatz eines Head-Mounted-Displays. Damit geht die Darbietung akustischer Signale über Kopfhörer sowie die Mög-

lichkeit stereoskopischen Sehens einher. Eine Gemeinsamkeit beider Simulatoren hingegen besteht in der Unterstützung natürlicher Gehbewegungen.

Die experimentelle Gegenüberstellung beider Simulatoren sowie der Vergleich mit Beobachtungen im Realverkehr sollen Rückschlüsse auf die konkreten Auswirkungen der untersuchten technischen Spezifikationen zulassen. Wegen der erhöhten Kollisionsgefahr kommt der Überquerung von Straßen ohne entsprechende verkehrsrechtliche Regulierung (bspw. durch Zebrastreifen oder Ampeln) im Rahmen des Projektes eine besondere Bedeutung zu. Ein weiterer Fokus liegt auf dem Verhalten von Kindern und älteren Personen, welche aufgrund perzeptiver und motorischer Veränderungen im Straßenverkehr als besonders gefährdet gelten.

Ziel ist, Einflüsse auf die verhaltensbezogene Validität von Fußgängersimulationen zu identifizieren. Basierend darauf sind die Aussagekraft experimenteller Befunde zu prüfen und Empfehlungen bezüglich der Untersuchung spezifischer Fragestellungen abzuleiten. Auf diese Weise soll die Generalisierbarkeit künftiger Forschungsergebnisse und somit ihr Potenzial zur Erhöhung der Sicherheit im Straßenverkehr gewährleistet werden.



Abb. 1: Fußgängersimulator am Lehrstuhl für Ergonomie

# IMAGinE -

## Intelligente ManöverAutomatisierung – kooperative Gefahrenvermeidung in Echtzeit

IMAGinE Konsortium



### Lösungskonzepte für kooperatives Fahren in der Zukunft

Im vierjährigen (09/2016-08/2020) Verbundprojekt IMAGinE werden neue, innovative Assistenzsysteme für das kooperative Fahren der Zukunft entwickelt. Kooperatives Fahren bedeutet, dass Fahrzeuge und Infrastruktur mittels automatischen Informationsaustauschs intelligent miteinander agieren und geplante Manöver ermöglichen oder erleichtern. Dadurch können kritische Situationen vermieden oder entschärft werden und das Fahren wird somit sicherer.

Um diese Vision zu verwirklichen, stellt sich IMAGinE der Bewältigung technologischer Herausforderungen wie zum Beispiel die Entwicklung neuer Standards zur automatischen Informationsübermittlung zwischen Fahrzeugen und Infrastruktur, aber auch die Abstimmung und Entscheidungsfindung zwischen intelligenten Systemen und dem Menschen. IMAGinE vereint ein Konsortium von zwölf führenden Unternehmen, Forschungseinrichtungen und Straßenbetreibern in Deutschland, die gemeinsam die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten realisieren.

### Warum kooperieren wir?

Fahrer werden zunehmend durch technische Systeme unterstützt, welche sicherheitsrelevante Empfehlungen entwickeln, an den Fahrer kommunizieren oder selbst deren (teil-)automatisierte Umsetzung übernehmen. Dabei findet aber kein Abgleich der Empfehlungen oder Handlungen zwischen verschiedenen Fahrzeugen statt und sie werden auch nicht aufeinander abgestimmt. Entstehen Konflikte zwischen unterschiedlichen Fahrzeugen wird situativ reagiert – entweder vom System selbst oder vom

Fahrer. Solche kritischen Fahrsituationen können zu Störungen im Verkehrsablauf und auch zu Unfällen führen. Durch eine aktive Kooperation zwischen Fahrzeugen können kritische Fahrsituationen jedoch vermieden werden, der Verkehrsfluss wird optimiert und effizienter.

Auch werden in den kommenden Jahrzehnten auf unseren Straßen immer mehr Fahrzeuge mit einer unterschiedlich starken Automatisierung den Verkehrsalltag bestimmen. So sind Fahrzeuge mit automatisierten Systemen auf das kooperative Verhalten anderer Verkehrsteilnehmer angewiesen, zum Beispiel, wenn die Erfassung des Fahrzeugumfeldes nur eingeschränkt möglich ist. Dies führt ebenfalls zu einer vermehrten Notwendigkeit der Kooperation zwischen Fahrzeugen.

### Forschungsansatz und Innovation

Ziel ist die Erforschung der Grundlagen für eine kooperative Manöverplanung zwischen Fahrzeugen. Technologien, die eine Fahrzeug-zu-Fahrzeug- bzw. Fahrzeug-zu-Infrastruktur-Kommunikation ermöglichen, werden dem Bedarf nach einem Mehr an Kooperation gerecht. Es sollen dementsprechend neue, innovative Assistenzsysteme für das kooperative Fahren der Zukunft entwickelt werden.

Um das Kooperationspotenzial zwischen Fahrzeugen sowie zwischen Fahrzeugen und Infrastruktur weitest möglich auszunutzen, gilt es eine Reihe von technologischen Herausforderungen zu meistern. Zum Beispiel sollen Kommunikationsprotokolle für automatischen Informationsaustausch und für die Abstimmung und Entscheidungsfindung zwischen intelligenten Systemen und dem Fahrer implementiert werden.

Für einen Realbetrieb, in dem auf hochdynamische Verkehrsszenarien reagiert werden muss, ist ein echtzeitfähiges System nötig. Im Projekt soll daher ein echtzeitfähiger Rahmen für kooperatives Fahren erstellt werden.



Innerhalb des Forschungsprojektes lassen sich fünf Kerninnovationen identifizieren:

### **Gemeinsames Umfeldmodell:**

In IMAGinE wird das rein reaktive Verhalten heutiger Assistenzsysteme hin zu kooperativen Manövern mehrerer Verkehrsteilnehmer entwickelt. Zum ersten Mal wird die zielgerichtete Interaktion zur abgestimmten Manöverplanung zwischen Fahrzeugen im Fokus der Forschung stehen, wobei kooperative Fahrstrategien mit neuen bzw. erweiterten Nachrichtenformaten entwickelt werden.

### **Kooperative Funktionen:**

Die Verarbeitung von Sensordaten und deren Fusion zu einem für die Abstimmung von Manövern ausreichenden Umfeldmodell ist ein essenzieller Bestandteil automatisierter Systeme. IMAGinE erweitert den bisherigen Ansatz durch die Einbindung externer Objektdaten aus dem Verbund, die in das Umfeldmodell fusioniert werden. Das kooperative Umfeldmodell wird zur Situationsinterpretation während der Fahrt genutzt. Dabei wird erstmalig ein fahrzeugherstellerübergreifendes Umfeldmodell als Basis für kooperative Manöverabstimmung spezifiziert, dargestellt und eingesetzt.

### **Kommunikationsmechanismen für kooperatives Verhalten:**

In IMAGinE werden die zur Abstimmung kontextbezogener Kommunikation notwendigen Nachrichten und geeigneten Kommunikationsprotokolle konzipiert und implementiert. Erstmalig wird die zielgerichtete Interaktion zur abgestimmten Manöverplanung zwischen Fahrzeugen im Mittelpunkt stehen. Das heißt, es wird eine direkte Verhaltensbeeinflussung angestrebt und somit die Kommunikation nicht mehr nur als Sensor verstanden. Dies setzt sowohl eine zuverlässige Echtzeit-Kommunikation zwischen den Partnern, eine ausreichend genaue Lokalisierung und Zuordnung der Partner und eine gleichzeitige Erweiterung der Kommunikationsprotokolle voraus.

### **Simulationsumgebung für kooperative Fahrmanöver:**

In IMAGinE werden die Testmöglichkeiten für kooperatives Verhalten mehrerer Fahrzeuge im virtuellen Fahrversuch realisiert. Mit der Erweiterung einer vorhandenen offenen Integrations- und Testplattform sollen die virtuelle Entwicklung und Absicherung der spezifischen kooperativen Funktionen sichergestellt werden. Erstmalig wird somit eine virtuelle Simulationsumgebung um die gleichberechtigte Interaktion zwischen den verschiedenen Verkehrsteilnehmern erweitert. Zentral sind hierbei die Simulation der Interaktion zwischen miteinander vernetzten Fahrzeugen sowie die Abbildung von Kommunikationsmaßnahmen der kooperativen Fahrzeuge mit ihrem Umfeld.

### **Mensch-Maschine-Interaktion:**

Konzepte zur Gestaltung entsprechender Mensch-Maschine-Schnittstellen liegen bislang für die in IMAGinE adressierten Anwendungsfälle nicht vor. Deshalb werden in IMAGinE Schnittstellen konzipiert und untersucht, die eine kooperative Interaktion zwischen mehreren Verkehrsteilnehmern und ihren Fahrzeugen ermöglichen. Die zentralen Herausforderungen der MMI-Arbeiten bestehen darin, verständliche und intuitive Mensch-Maschine-Schnittstellen zu schaffen, die den Fahrer zu kooperativem Verhalten motivieren, die den Zielen der Verkehrssicherheit, Effizienz, und Akzeptanz folgen und die den Fahrer nicht mit zu komplexen oder zu ablenkenden Informationen in der Kooperationssituation überlasten.

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Energie

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

# Veröffentlichungen von Sommer 2016 bis Sommer 2017

## 2016

- Bubb, H. (2016). Ergonomie. In S. Pischinger & U. Seiffert (Eds.), *Vieweg Handbuch Kraftfahrzeugtechnik* (8th ed., pp. 659–693). Wiesbaden: Springer Vieweg.
- Bubb, H., Popova-Dlugosch, S., & Breuninger, J. (2016). Ergonomische Produktgestaltung. In U. Lindemann (Ed.), *Handbuch Produktentwicklung* (pp. 837–866). München: Carl Hanser-Verlag.
- Feldhütter, A., Gold, C., Hüger, A., & Bengler, K. (2016). Trust in Automation as a Matter of Media Influence and Experience of Automated Vehicles. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society (HFES) 2016. 60th Annual Meeting 2016* (pp. 2024–2028). SAGE Journals. <https://doi.org/10.1177/1541931213601460>.
- Feldhütter, A., Gold, C., Schneider, S., & Bengler, K. (2016). How Duration of Automated Driving Influences Take-Over Performance and Gaze Behavior. In *Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V. (GfA) (Ed.), Arbeit in komplexen Systemen. Digital, vernetzt, human?!*. Dortmund: GfA Press.
- Feldstein, I., Dietrich, A., Milinkovic, S., & Bengler, K. (2016). A Pedestrian Simulator for Urban Crossing Scenarios. In J. A. De La Puente (Ed.), *Proceedings of the 13th IFAC Symposium on Analysis, Design, and Evaluation of Human-Machine Systems HMS 2016* (Vol. 4919th ed., pp. 239–244). Elsevier, IFAC. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.10.531>.
- Gold, C., Körber, M., Lechner, D., & Bengler, K. (2016). Taking Over Control from Highly Automated Vehicles in Complex Traffic Situations: The Role of Traffic Density. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, Vol. 58(4), 642–652. <https://doi.org/10.1177/0018720816634226>.
- Goncalves, J., Happee, R., & Bengler, K. (2016). Drowsiness in Conditional Automation: proneness, diagnosis and driving performance effects. In *Proceedings of the IEEE 19th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC) 2016*. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ITSC.2016.7795884>.
- Goncalves, J., & Bengler, K. (2016). Challenges using portable devices during Conditional Automation. In *Proceedings of the IEEE 19th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC) 2016* (pp. 2029–2033). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ITSC.2016.7795884>.
- Gontar, P., & Hoermann, H.-J. (2016). Interrater Reliability at the Top End: Measures of Pilots' Nontechnical Performance. *The Journal of Aviation Psychology*, 25(3-4), 171–190. <https://doi.org/10.1080/10508414.2015.1162636>.
- Gontar, P., & Mulligan, J. B. (2016). Cross Recurrence Analysis as a Measure of Pilots' Coordination Strategy. In A. Droog, M. Schwarz, & R. Schmit (Eds.), *Proceedings of the 32nd Conference of the European Association for Aviation Psychology* (pp. 524–544). Groningen, NL.
- Heil, T., Lange, A., & Cramer, S. (2016). Adaptive and Efficient Lane Change Path Planning for Automated Vehicles. In *Proceedings of the IEEE 19th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC) 2016*. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ITSC.2016.7795598>.
- Hölzel, C., & Bengler, K. (2016). Development and Evaluation of an Individually Adjusted Assembly Aid. In *Proceedings of the 4th International Digital Human Modeling Symposium 2016*.
- Kassirra, R. (2016). Analyse motivationsunterstützender Merkmale in Arbeitsaufträgen. In *Tagungsband zur Arbeitstagung "Mixed-Methods in der empirischen Bildungsforschung" 2016*.
- Kassirra, R., & Rausch, H. (2016). Analyzing Motivation-Enhancing Features in Work Orders. A Methodical Procedure for Analyzing Motivation-Enhancing Features in Written Work Orders. In B. Deml, P. Stock, R. Bruder, & C. M. Schlick (Eds.), *Advances in ergonomic design of systems, products and processes. Proceedings of the Annual Meeting of GfA 2015*. Heidelberg: Springer Vieweg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-48661-0>.
- Knott, V., & Bengler, K. (2016). Ergonomic User-Interface of an Exoskeleton for Manual Handling Tasks - An Evaluation Study. In *Proceedings of the 4th International Digital Human Modeling Symposium 2016*.

- Knott, V., & Bengler, K. (2016). Konzept zur ergonomischen Bedienung eines Exoskeletts für die manuelle Lastenhandhabung. In Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V. (GfA) (Ed.), *Arbeit in komplexen Systemen. Digital, vernetzt, human?!*. Dortmund: GfA Press.
- Knott, V., Demmelmaier, S., & Bengler, K. (2016). Display Concepts for the Vehicle: The Comparison of an “Emissive Projection Display” and a Conventional Head-Up Display. In B. Deml, P. Stock, R. Bruder, & C. M. Schlick (Eds.), *Advances in ergonomic design of systems, products and processes. Proceedings of the Annual Meeting of GfA 2015* (pp. 249–267). Heidelberg: Springer Vieweg. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-48661-0\\_17](https://doi.org/10.1007/978-3-662-48661-0_17)
- Knott, V., Wiest, A., & Bengler, K. (2016). Repetitive Lifting Tasks in Logistics – Effects on Humans at Different Lifting Task Durations. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society (HFES) 2016. 60th Annual Meeting 2016* (pp. 2034–2038). SAGE Journals. <https://doi.org/10.1177/1541931213601462>.
- Körber, M., Gold, C., Lechner, D., & Bengler, K. (2016). The Influence of Age on the Take-Over of Vehicle Control In Highly Automated Driving. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, Vol. 39, 19–32. <http://doi.org/10.1016/j.trf.2016.03.002>.
- Körber, M., Radlmayr, J., & Bengler, K. (2016). Bayesian Highest Density Intervals of Take-Over Times for Highly Automated Driving in Different Traffic Densities. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society (HFES) 2016. 60th Annual Meeting 2016* (Vol. 60, pp. 2009–2013). SAGE Journals. <https://doi.org/10.1177/1541931213601457>.
- Krause, M., Henel, J., & Bengler, K. (2016). Performance and Behavior of a Coderiver When Using a Mobile Device. In Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V. (GfA) (Ed.), *Arbeit in komplexen Systemen. Digital, vernetzt, human?!*. Dortmund: GfA Press.
- Krause, M., Fourati, W., & Bengler, K. (2016). Releasing a Traffic Light Assistance Application for Public Testing. In M. Kurosu (Ed.), *Proceedings of the 18th International Conference, HCI International, 2016. Human-Computer Interaction. Novel User Experiences* (Vol. 9733, pp. 297–308). Switzerland: Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-39513-5\\_28](https://doi.org/10.1007/978-3-319-39513-5_28).
- Lehsing, C., Fleischer, M., & Bengler, K. (2016). On the Track of Social Interaction - A Nonlinear Quantification Approach in Traffic Conflict Research. In *Proceedings of the IEEE 19th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC) 2016*. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ITSC.2016.7795887>.
- Lehsing, C., Benz, T., & Bengler, K. (2016). Insights into Interaction - Effects of Human-Human Interaction in Pedestrian Crossing Situations using a linked Simulator Environment. In J. A. De La Puente (Ed.), *Proceedings of the 13th IFAC Symposium on Analysis, Design, and Evaluation of Human-Machine Systems HMS 2016* (Vol. 4919th ed., pp. 138–143). Elsevier, IFAC. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.10.475>.
- Lütteken, N., Zimmermann, M., & Bengler, K. J. (2016). Using gamification to motivate human cooperation in a lane-change scenario. In *Proceedings of the IEEE 19th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC) 2016* (pp. 899–906). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ITSC.2016.7795662>.
- Mulligan, J. B., & Gontar, P. (2016). Measuring and Modeling Shared Visual Attention. In *Proceedings of the Computational and Mathematical Models in Vision Workshop (MODVIS)*. Retrieved from <http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20160008390.pdf>
- Prasch, L. (2016). Ich bin dann mal raus. Die Bedeutung der Erklärbarkeit von Übernahmeaufforderungen für das Vertrauen in hochautomatisierte Fahrsysteme. In W. Prinz, J. Borchers, & M. Jarke (Eds.), *Mensch und Computer 2016. Tagungsband*.
- Radlmayr, J., Körber, M., Feldhütter, A., & Bengler, K. (2016). Methoden und Fahrermodelle für Hochautomatisiertes Fahren. In W. Klaffke (Ed.), *Haus der Technik. Methodentwicklung für Aktive Sicherheit und Automatisiertes Fahren. 2. Expertendialog zu Wirksamkeit - Beherrschbarkeit - Absicherung* (pp. 54–75). Renninger: Expert Verlag GmbH.

- Reinhardt, J., Schmidtler, J., Körber, M., & Bengler, K. (2016). Follow Me! Wie Roboter Menschen führen sollen. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 70(4), 203–210. <https://doi.org/10.1007/s41449-016-0039-2>.
- Remlinger, W., & Bengler, K. (2016). RAMSIS kognitiv als Instrument zur Analyse und Auslegung von Sichtbedingungen. In A. C. Bullinger-Hoffmann & J. Mühlstedt (Eds.), *Homo Sapiens Digitalis - Virtuelle Ergonomie und digitale Menschmodelle* (pp. 297–302). Wiesbaden: Springer-Verlag GmbH. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-50459-8\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-662-50459-8_13).
- Rücker, L., Brombach, J., & Bengler, K. (2016). Sitzen, Stehen, Gehen - Körperstellungswechsel auf dem Prüfstand. In Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V. (GfA) (Ed.), *Arbeit in komplexen Systemen. Digital, vernetzt, human?!*. Dortmund: GfA Press.
- Schmidtler, J., & Bengler, K. (2016). Size-weight illusion in human-robot collaboration. In *Proceedings of the 25th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN) 2016* (pp. 874–879). USA NY: IEEE. <https://doi.org/10.1109/ROMAN.2016.7745222>.
- Schmidtler, J., Petersen, L., & Bengler, K. (2016). Human Perception of Velocity and Lateral Deviation in Haptic Human-Robot Collaboration. In *Proceedings of the 2. Transdisziplinäre Konferenz "Technische Unterstützungssysteme, die die Menschen wirklich wollen" 2016*.
- Stecher, M., Kremser, F., Michel, B., & Zimmermann, A. (2016). Gesture Control for Commercial Vehicles - Methods for Identifying Useful Use Cases. In W. Hirschberg & P. Fischer (Eds.), *Proceedings of the 7th Grazer Nutzfahrzeug Workshop*.
- Wichtl, M., Aringer, C., Rausch, H., & Ambros, W. (2016). How can SMEs be motivated to engage in the topic of agebased workplaces? Experiences and findings of a project in Austria. In *Proceedings of the 6th International Ergonomics Conference 2016* (pp. 387–390).
- Winkle, T. (2016). Development and Approval of Automated Vehicles: Considerations of Technical, Legal and Economic Risks. In M. Maurer, J. C. Gerdes, B. Lenz, & H. Winner (Eds.), *Autonomous Driving. Technical, Legal and Social Aspects* (pp. 589–618). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-48847-8\\_28](https://doi.org/10.1007/978-3-662-48847-8_28).
- Winkle, T. (2016). Safety Benefits of Automated Vehicles: Extended Findings from Accident Research for Development, Validation and Testing. In M. Maurer, J. C. Gerdes, B. Lenz, & H. Winner (Eds.), *Autonomous Driving. Technical, Legal and Social Aspects* (pp. 335–364). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-38847-8\\_17](https://doi.org/10.1007/978-3-662-38847-8_17).

## 2017

- Cramer, S., Siedersberger, K., & Bengler, K. (2017). Active Vehicle Pitch Motions as Feedback-Channel for the Driver during Partially Automated Driving. In Uni-DAS e. V. (Ed.), *11. Workshop Fahrerassistenzsysteme und automatisiertes Fahren*, ISBN 978-3-00-055656-2, S. 74–83, 29.
- Knott, V. C., Schießl, T., & Bengler, K. (2017). Analyse von Hebetätigkeiten mit dem biomechanischen Menschmodell AnyBodyTM. In Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V. (GfA) (Ed.), *63. Frühjahrskongress. Soziotechnische Gestaltung des digitalen Wandels - kreativ, innovativ, sinnhaft*. Dortmund: GfA-Press.
- Walz, M., Lehsing, C., Bengler, K., Will, S., & Sich, M. (2017, February). Impacts of an Intersection Assistance System: Social Interaction between Drivers and Motorcyclists. In *Proceedings of the 9th International Conference on Computer and Automation Engineering* (pp. 279–286). ACM. <https://doi.org/10.1145/3057039.3057077>
- Petermeijer, S. M., Cieler, S., & Winter, J. de. (2017). Comparing spatially static and dynamic vibrotactile take-over requests in the driver seat. *Accident Analysis & Prevention*, 99(Volume 99, Part A), 218–227. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2016.12.001>.
- Reinhart, G., Bengler, K., Dollinger, C., Intra, C., Lock, C., Popova-Dlugosch, S., ... Vernim, S. (2017). Der Mensch in der Produktion von Morgen. In G. Reinhart (Ed.), *Handbuch Industrie 4.0. Geschäftsmodelle, Prozesse, Technik* (pp. 51–88). München: Carl Hanser-Verlag.
- Schmidtler, J., Körber, M., & Bengler, K. (2016). A Trouble Shared is a Trouble Halved - Usability Measures for Human-Robot Collaboration. In *Proceedings of the 2016 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics. IEEE XPLORE Digital Library*. <https://doi.org/10.1109/SMC.2016.7844244>.

- Ulherr, A., & Bengler, K. (2017). Die Bewertung von Sitzen - Eine kritische Betrachtung von Komfort und Diskomfort Modellen. In Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V. (GfA) (Ed.), 63. Frühjahrskongress. Soziotechnische Gestaltung des digitalen Wandels - kreativ, innovativ, sinnhaft. Dortmund: GfA-Press.
- Yang, Y., Orlinskiy, V., Bubb, I., & Bengler, K. (2016). Development and Evaluation of a Method for an Intuitive Driver's Workplace Adjustment in a Motor Vehicle. In D. Waard de, A. Toffetti, R. Wiczorek, A. Sonderegger, S. Röttger, P. Bouchner, .... K. Brookhuis (Eds.), Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Europe Chapter 2016 Annual Conference (HFES) (pp. 107–122). open access.
- Professur für Sportgeräte und -materialien**
- Adam, C., & Senner, V. (2016). Which Motives are Predictors for Long-term Use of Exergames? *Procedia Engineering*, 147, 806–811. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.06.310>
- Bohm, B., Hartmann, M., & Bohm, H. (2016). Body Segment Kinematics and Energy Expenditure in Active Videogames. *Games for health journal*, 5(3), 189–196. <https://doi.org/10.1089/g4h.2015.0058>
- Janta, M., Höschele, N., & Senner, V. (2016). The Zero Heat Flux Method and Sweat Loss Modeling in Sports: Attempts of Next Generation Sports Information Systems. *Procedia Engineering*, 147, 643–648. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.06.262>
- Klare, S., Trapp, A., Parodi, J., & Senner, V. (2016). VacuAir - A New Technology for High Performance Inflatable SUPs. *Procedia Engineering*, 147, 556–561. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.06.238>
- Knye, M., Grill, T., & Senner, V. (2016). Flexural Behavior of Ski Boots Under Realistic Loads – The Concept of an Improved Test Method. *Procedia Engineering*, 147, 342–347. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.06.305>
- Meyer, D., Kloss, G., & Senner, V. (2016). What is Slowing Me Down? Estimation of Rolling Resistances During Cycling. *Procedia Engineering*, 147, 526–531. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.06.232>
- Nusser, M., Hermann, A., & Senner, V. (2016). Artificial Knee Joint and Ski Load Simulator for the Evaluation of Knee Braces and Ski Bindings. *Procedia Engineering*, 147, 220–227. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.06.217>
- Passler, S., Mitternacht, J., Janta, M., & Senner, V. (2016). Conceptual Development and Evaluation of Heat Relief Principles for the Application in Bicycle Helmets. *Procedia Engineering*, 147, 501–506. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.06.228>
- Schranner, D., Scherer, L., Lynch, G. P., Korder, S., Brotherhood, J. R., Pluim, B. M., . . . Jay, O. (2016). In-Play Cooling Interventions for Simulated Match-Play Tennis in Hot/Humid Conditions. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001183>
- Senner, V., Aringer, C., & Bengler, K. (2016). Just another Title? MSc. Human Factors Engineering Versus Sports Engineering. *Procedia Engineering*, 147, 890–895. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.06.283>
- Wanjek, M., Senner, V., Scharhag-Rosenberger, F., & Halle, M. (2016). Effects of different weight loss intervention programmes in health clubs - an observational multicenter study. *European Journal of Sport Science*, 16(7), 859–867. <https://doi.org/10.1080/17461391.2016.1139628>
- Supej, M., & Senner, V. (2017). Special Design of Ski Plates May Improve Skiing Safety. In I. Scher, R. Greenwald, & N. Petrone (Eds.), *Snow Sports Trauma and Safety. Conference Proceedings of the International Society for Skiing Safety (21st Volume, pp. 95–107)*. Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-52755-0\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-319-52755-0_8)
- Supej, M., Senner, V., Petrone, N., & Holmberg, H.-C. (2017). Reducing the risks for traumatic and overuse injury among competitive alpine skiers. *British Journal of Sports Medicine*, 51(1), 1–2. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096502>



# Dissertationen

## Entwicklung, Evaluation und Anwendung eines Kniesimulators zur Ermittlung der auftretenden Kräfte im Knie unter skitypischen Belastungssituationen

Im alpinen Skisport ist das Knie die am häufigsten verletzte Körperregion. Die hohe Inzidenz steht in engem Zusammenhang mit einer ungenügenden Schutzfunktion heutiger Skibindungen. Ziel der Arbeit war, ein künstliches Bein mit Lastensimulation zu entwickeln, um kritische Lasten auf das Knie systematisch untersuchen und die Beanspruchung in den Kniebändern erfassen zu können.

Für den Download der Dissertationsschrift gehen Sie bitte auf [www.spgm.mw.tum.de/qualifikationsarbeiten](http://www.spgm.mw.tum.de/qualifikationsarbeiten)

Die Ergebnisse sollen dazu verhelfen, Skibindungen zu optimieren und die Wirkung von Knieorthesen zu bewerten. Der Kniesimulator wurde hierfür umfangreicher Mesreihen zur Evaluation unterzogen

Michaela Nusser 29.07.2016

## Vertical interior cooling system for passenger cars

Two factors are prominent in the design of vehicle air conditioning systems: thermal comfort and energy efficiency. Conventional air conditioning systems tend to temperature-control the whole cabin by convectional heating or cooling. The air flow is generated centrally in an HVAC (heating ventilation and air conditioning) unit and ducted into the cabin through air outlets directed at the occupant. Air speeds tend to be high, and the horizontal air flow results in the whole cabin being conditioned, rather than just the occupants. The result is less-than-optimal comfort and unnecessary energy consumption losses. The approach in this dissertation is to condition the occupant locally, only where needed and where the most effective thermal wellbeing can be achieved. The focus of this dissertation is on cooling in hot and humid ambient conditions. A concept for vertical interior cabin cooling has been derived based on current research. This concept was designed and installed in the prototype of the fully electric vehicle EVA by TUM CREATE. Cooled air is distributed close to the head in large-area overhead outlets. Air speeds can be kept low to avoid draught. At the same time, built-in fans in the seat surface and the backrest both draw air away from the body to improve the microclimate between occupant and seat. The technical feasibility of such a system was demonstrated on the prototype mentioned above. In a second step, the system was built as a mock-up in a climate chamber. The air speed and temperature parameters at the overhead outlet, the air flow in seat ventilation as well as both the temperature and humidity in the climate chamber could be adapted to create varying thermal

scenarios. Data specifying the thermal response to these scenarios was collected from a series of pre-tests and three main experiments with human participants. During the experiments the participants drove the vehicle in a simulated driving environment. They were asked to state their thermal perception, level of thermal discomfort and their thermal preference for the whole body and for selected parts of the body at 5 minute intervals. In the first main experiment, overhead cooling was evaluated in different operational modes as a standalone system at cabin temperatures of 24.1°C, 26.5°C and 28.8°C. In a second experiment the influence of the seat ventilation as a standalone system was evaluated at cabin temperatures of 26.5°C and 28.5°C. In a third and final test, the combined effect of overhead cooling and seat ventilation was evaluated at cabin temperatures of 26.5°C, 28.5°C and 30.5°C. In all three experiments the systems were shown to noticeably improve the thermal comfort of participants. The best results are obtained with the combined system, using which thermal discomfort drops to acceptable limits within 5 – 10 minutes, even at cabin temperatures as high as 30.5°C. The third part of the thesis comprises the calculation of energy consumption for the vertical cooling system. Using the parameters of the experiment and the specification of the prototype EVA, the potential of the vertical cooling system could be shown to reduce energy consumption by up to 25% compared to a conventional system conditioning the whole cabin.

Paul Stuke 19.01.2017

Quelle: <http://nbn-resolving.de/urn/resolver.pl?urn:nbn:de:bvb:91-diss-20170119-1306549-1-4>

## Anzeigekonzepte für ein kontaktanaloges Head-up Display

Ein kontaktanaloges Head-up Display (kHUD) im Automobil ermöglicht die Darstellung von Augmented Reality-Inhalten im primären Sichtfeld des Fahrers. Dies soll den Fahrer kognitiv entlasten sowie Fahrsicherheit und –komfort steigern. Sowohl aktuelle technische Limitationen als auch Charakteristiken der menschlichen Informationsverarbeitung und des Straßenverkehrs können jedoch die

kontaktanaloge Darstellung beeinträchtigen. Im Rahmen dieser Dissertation wurde anhand von vier Versuchsreihen untersucht, wie vor diesem Hintergrund ein Anzeigekonzept für ein kHUD gestaltet werden sollte.

Lisa Pfannmüller 08.02.2017

## Belastungsreduzierung für das Hand-Arm-System bei manuellen Montagetätigkeiten

Der Einsatz individueller Hilfsmittel beschreibt einen Ansatz zur ergonomischen Gestaltung von Arbeitstätigkeiten und unterstützt den Mitarbeiter bei den zunehmend komplexer werdenden Montagetätigkeiten. Mit Hilfe des in dieser Arbeit konzipierten Prozesses kann ein individuell angepasstes körpergetragenes Hilfsmittel zur Belastungsreduzierung entwickelt werden. Die Grundlage bilden umfassende Analysen der Krankenstatistiken und Literatur, ergänzende Befragungen sowie die Durchführung gezielter Bewegungs- und Belastungsanalysen. Die objektive Quantifizierung täglich auftretender Belastungen wurde mit Bewegungs- und Kraftdaten und unter Zuhilfenahme eines digitalen Menschmodells bewerkstelligt.

Basierend darauf konnte ein belastungsreduzierendes Konzept erarbeitet werden, welches eine ergonomische Gestaltung der untersuchten Arbeitstätigkeiten - das Ein-drücken von Bauteilen durch den Kontaktgriff mit dem Daumen - ermöglicht. Die iterative Evaluierung von Prototypen des entwickelten Daumenunterstützers sowie die zeitlich gestaffelten Versuchszeiträume ermöglichten laufend eine optimale Weiterentwicklung und Verbesserung. Die abschließende Bewertung zeigte sowohl objektiv, mit Hilfe der erfassten Kraftdaten und des digitalen Handmodells, als auch subjektiv den Nutzen der Unterstützung.

Christin Hölzel 14.02.2017

## Measuring cognitive task load: An evaluation of the Detection Response Task and its implications for driver distraction assessment

The Detection Response Task (DRT) is an applied measure of the attentive effects of cognitive load and is evaluated in terms of sensitivity, reliability, and validity. Three DRT variants (head-mounted, remote and tactile) are tested. Performance Operating Characteristics and power analysis are performed. Electroencephalogram is used to

validate the DRT as a measure of the brain state of being cognitively loaded. The DRT resulted as sensitive to variations in cognitive task load. Validity of the measure is discussed.

Antonia Conti 14.06.2017

# Abgeschlossene Diplom- und Masterarbeiten

## Diplomarbeiten

Development of a Haptic Shared Control System with Dynamic Levels of Haptic Authority

## Masterarbeiten

MW - Realisierung und Evaluation eines MMI-Konzepts für Fahrerassistenzsysteme im urbanen Verkehr  
MW - Nebenaufgabenbearbeitung und Aufmerksamkeitsverteilung bei hochautomatisierter Fahrt  
MSE - Vertrauensentwicklung beim teilautomatisierten Fahren im Realfahrzeugversuch  
MW - Entwicklung eines Kompatibilitätsindex zur Bewertung der Vereinbarkeit von Nebentätigkeiten mit der Fahraufgabe  
MW - Modellierung von Übernahmequalität mithilfe von Blickdaten beim Hochautomatisierten Fahren  
MSE - Design Thinking and (Extra) Curricular Activities: A Way to Foster Student's Innovation Self-Efficacy and Career Goals in Entrepreneurship and Innovation?  
MSE - Der Zusammenhang von Situationsbewusstsein, mentaler Beanspruchung und Leistung bei Tower-Fluglotsen  
MW - Der Einfluss interindividueller Unterschiede auf das Ergebnis eines Detection-Response-Tasks  
MSE - Evaluation einer Software zur Simulation menschlicher Bewegungen im Nutzfahrzeug auf Basis von realen MoCap-Daten im Rahmen von ARVIDA  
MW - Modellierung objektiver Faktoren zur Messung von Pilotenleistung  
MSE - Why do I have to take over?! Plausibility checks and their influence on automation trust in highly automated vehicles  
MSE - Development of a Model to Characterize the Driver Intention in Lane Change and Turning Maneuvers in Asian Traffic  
MW - Entwicklung und Validierung einer echtzeitfähigen 3D-Datenfusion für ein Motion Capture System auf Basis multipler Kinect-Sensoren  
MSE - Evaluation multimodaler Warnkonzepte in virtueller Realität  
MSE - Überblick und Systematisierung der Bewertung innovativer Interaktionstechnologien im Automobil  
MW - Einfluss von längeren hochautomatisierten Fahrten auf den Fahrerzustand mit Schwerpunkt auf Vigilanzeffekte  
MW - Auswirkung von Augmented Reality Inhalten im Head-up Display auf die Fahrleistung

MSE - Nutzerstudie zur Konzeptionierung eines Freihand-Gesten Kommunikationssystems für die Steuerung von Funktionen im Nutzfahrzeug  
MSE - Vibrotaktile Anzeigen während HAD: Helfen den Fahrer zurück zur Steuerung  
MW - Einfluss von fahrfremden Tätigkeiten auf die Fahrer Verfügbarkeit beim hochautomatisierten Fahren  
MW - Mode-Awareness beim hoch- und teilautomatisierten Fahren  
MSE - Voluntary Takeover in Automated Driving  
MSE - Instruktionsdesign für ein MOOC zur Interaktionsprogrammierung  
MSE - Modellierung der Fahrer Verfügbarkeit beim hochautomatisierten Fahren  
MSE - Let the system know! Comparing various feedback modalities in regards to specific non-driving-related tasks  
MW - Die Auswirkung einer längeren hochautomatisierten Fahrt und freier Beschäftigung auf den Fahrerzustand und die Übernahmeleistung  
MSE - Evaluation of a Shared Control Approach in Human-Robot Collaboration  
MSE - Effects of Expectation and Driving Style on Trust in Highly Automated Vehicles  
MW - Implementing feedback mechanics for an interaction programming MOOC  
MW - Einfluss der Signalgüte auf Metriken der sozialen Interaktion in Fahrsimulatorstudien  
MSE - Vergleich zweier Methoden zur Messung der Fahrerablenkung  
MW - Konstruktive Integration eines Bewegungssystems zur Dynamisierung eines Fahrsimulators  
MW - Quantifizierung von Teamkoordination am Beispiel von Piloten  
MSE - An Interaction Concept for Peer Assessment in a Web Programming MOOC  
MW - Übernahmezeitpunkt in Abhängigkeit des Fahrerzustandes: Erhebung von PERCLOS in Echtzeit und Gestaltung eines zeitlich variablen Übernahmeszenarios  
MW - Entwicklung und Evaluierung eines mobilen Eingabegerätes unter Berücksichtigung von Anthropometrie und Usability  
MSE - Ergonomische Bewertung eines passiven Exoskeletts in der Flugzeugabfertigung anhand von physiologischer Beanspruchung, Usability und Akzeptanz  
MSE - Studie zur Untersuchung eines Exoskeletts hinsichtlich Usability, Akzeptanz und Beanspruchung mittels Spiroergometrie

- MW - Konzepterstellung und konstruktive Umsetzung eines Unterstützungssystems für Pflegepersonal
- MSE - Analysis of Pitot's Coordination Strategies and its Influence on Performance

## Professur für Sportgeräte und -materialien

- MSE - Entwicklung eines MKS-Modells des humanen Fußes und Erhebung erforderlicher Eingangsdaten: Untersuchung der passiven Strukturen während des Laufens
- MSE - Prototypische Entwicklung und Bewertung von Kühlkonzepten für Fahrradhelme
- MSE - Konzeptionierung eines Frontpack-Tragesystems mit optimaler Lastenverteilung
- MSE - Schwitze ich mehr als du? - Eine Cluster- und Faktorenanalyse zu thermischen Verhalten unterschiedlicher Anthropometrien
- MW - Automatisierung eines biomechanischen Knie-Surrogats: Realisierung der externen Lastaufbringung
- MSE - Fußsohlendruck und Schlagqualität im Golfsport
- MSE - In Vivo Kollisionsuntersuchungen an den Oberen Extremitäten zur Ermittlung von Schmerz- und Belastungsgrenzen von Weichgewebe vor dem Hintergrund der Mensch-Roboter-Kollaboration
- MSE - Erstellung und Validierung eines MKS-Modells der unteren Extremitäten zur Simulation der Tretbewegung einer Person mit muskulärer Funktionsstörung
- MW - Auslegung, Motorisierung und Evaluation des Muskellapparats an einem menschlichen Kniemodell
- MSE - Optimierung der Sitzflächenkinematik eines neuen Therapiestuhls für die Schlaganfallrehabilitation
- MW - Entwicklung eines Konzepts für eine Messbindung zum Erfassen der Lasten auf den Skifahrer beim alpinen Skifahren
- MSE - A non-invasive sensor for measuring body core temperature during physical activity, in different thermal environments
- MSE - Force Transmission in Human-Machine-Interactions on the Example of Force Profiles between On-Water Rowing and Ergometer Rowing
- TUM School of Management - Entwicklung eines Sandwichlaminats in 3D Hexagonalbauweise und Analyse seiner Biegeeigenschaften
- MSE - Der Einfluss individueller Fersenformen auf die Lage des Fußes im Schuh
- MSE - Eignungsnachweis des Traktionstesters der Technischen Universität München

- MSE - Machbarkeitsstudie zum Einsatz von C-SMC Pressmassen anhand von hochbelasteten Elementen im Sportbereich am Beispiel eines Fußballschuhs
- MSE - Computergestützte Untersuchung von Zero-Heat-Flux Sensoren mittels Finite Elemente Methode und digitalem Menschmodell
- MSE - Federkeratin als Sportmaterial: Stand der Technik und Anwendungspotential am Beispiel eines faserverstärkten Biopolymers
- MSE - Evaluierung eines Traktionstestgeräts. Beurteilung hinsichtlich der Güterkriterien Validität, Reliabilität und Objektivität
- MSE - Zur Automatisierung der Spielanalyse
- MSE - Lässt sich die Haptik des Menschen mittels Roboterobjekt quantifizieren?

# Auszeichnungen und Ehrungen

## 25-jähriges Dienstjubiläum

Heribert Hart feierte im Juni 2017 sein 25-jähriges Dienstjubiläum bei der TU München. Wir danken Herr Hart für die in den vergangenen Jahren geleistete Arbeit und wünschen ihm für die Zukunft alles Gute.

## Best Paper Award

Jakob Reinhardt, Jonas Schmidtler, Moritz Körber, Klaus Bengler

Jakob Reinhardt erhält für seinen, zusammen mit seinen Ko-Autoren Jonas Schmidtler, Moritz Körber und Prof. Dr. phil. Klaus Bengler, verfassten Artikel „Follow Me! Wie Roboter Menschen führen sollen“ den Best-Paper-Award Wissenschaft.

Die Gesellschaft für Arbeitswissenschaft hat 2004 erstmalig den Best Paper Award Praxis und den Best Paper Award Wissenschaft verliehen. Mit den Preisen sollen hervorragende Leistungen für das Fach Arbeitswissenschaft ausgezeichnet und das jeweilige Engagement für die Arbeitswissenschaft und deren Weiterentwicklung gewürdigt werden. Ausgezeichnet wird von den in der Zeitschrift für Arbeitswissenschaft eines Jahrgangs veröffentlichten Beiträgen jeweils der beste Artikel aus dem Bereich „Wissenschaft“ und „Praxis“.

Reinhardt, J., Schmidtler, J., Körber, M., & Bengler, K. (2016). Follow Me! Wie Roboter Menschen führen sollen. Zeitschrift Für Arbeitswissenschaft, 70(4), 203–210. <http://doi.org/10.1007/s41449-016-0039-2>

## Silberne TUM-Ehrennadel für Verena Knott

Verena Knott

Frau Dipl.-Ing. Verena Knott wurde am 27. Juni 2017 in Anerkennung für ihr besonderes Engagement bei der Betreuung eines TUMKollegiaten die silberne TUM-Ehrennadel verliehen. Im Rahmen der Absolventenfeier des TUMKollegs zeichnete Prof. Dr. Manfred Prenzel vom Lehrstuhl für Empirische Bildungsforschung an der TUM School of Education gemeinsam mit den Schulleitern des Otto-von-Taube-Gymnasiums (Gauting), Frau Oberstudiendirektorin Sylke Wischnevsky, sowie des Werner-Heisenberg-Gymnasiums (Garching), Herrn Oberstudiendirektor Martin Eidenschink, die Betreuerinnen und Betreuer des TUMKollegs für ihre Verdienste aus.

Das TUMKolleg ist ein bundesweit einmaliges Kooperationsprojekt zwischen der Technischen Universität München und den oben genannten Gymnasien im Münchner Raum. Mathematisch-naturwissenschaftlich begabte Schülerinnen und Schüler erhalten in einem eigenen Oberstufenzug besondere Förderung im Bereich der MINT-Fächer. Die TUMKollegiaten und TUMKollegiatinnen haben somit die Möglichkeit, über den Zeitraum von einem Jahr eigenständig ein kleines Forschungsprojekt an einem Lehrstuhl der TUM durchzuführen. Im Rahmen des diesjährigen TUMKollegs wurde am Lehrstuhl für Ergonomie das Thema „Entwurf eines passiven Exoskelettsystems für den industriellen Einsatz“ bearbeitet.

## Walter Rohmert Forschungspreis

Im Rahmen des 63. Frühjahrskongresses der Gesellschaft für Arbeitswissenschaften in Zürich wurde Herrn Dr.-Ing. Christian Gold der Walter Rohmert Forschungspreis verliehen. Der Preis wird vom Institut für Arbeitswissenschaft der TU Darmstadt ausgeschrieben und ehrt Dissertationen von besonders herausragender wissenschaftlicher Qualität im Bereich der Arbeitswissenschaft. Die mit dem Forschungspreis ausgezeichnete Dissertation trägt den Titel „Modeling of Take-Over Performance in Highly Automated Vehicle Guidance“ und befasst sich mit dem Zusammenspiel von Fahrer und Automation und gibt wichtige Einblicke hinsichtlich unterschiedlicher Einflüsse auf die Fahrerleistung in kritischen Situationen automatisierter Fahrzeugführung.



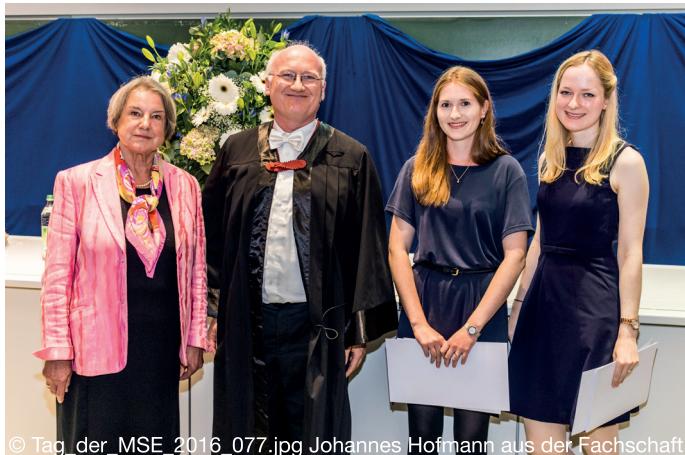
## Heinz Schmidtke Preis

2016 wurde erstmals der Heinz Schmidtke Preis für den besten Masterabschluss in Human Factors und Ergonomie verliehen. Die stolzen Preisträgerinnen waren für das Jahr 2015 Nicole Biebel und für das Jahr 2016 Anja Katharina Schneider.

Auch im Jahr 2017 wurde wieder der Heinz Schmidtke Preis für den besten Masterabschluss in Human Factors und Ergonomie verliehen.

Die Preise wurden von Prof. Senekowitsch-Schmidtke im Rahmen der Absolventenfeiern überreicht.

Wir gratulieren den Preisträgerinnen herzlich zu ihren hervorragenden Abschlüssen und danken der Familie Schmidtke für die großzügige Ausstattung der Preise.



© Tag\_der\_MSE\_2016\_077.jpg Johannes Hofmann aus der Fachschaft



© Tag\_der\_MSE\_2017\_5367AA.jpg Antje Asbach aus der MSE

Bild links: v.l.: Prof. Senekowitsch-Schmidtke, Prof. Klaus Bengler, Anja Katharina Schneider und Nicole Biebel 2016

Bild rechts: v.l.: Prof. Veit Senner, Sonja Schneider und Prof. Senekowitsch-Schmidtke 2017

## Hirschvogel Preis

Prof. Klaus Bengler

Es freut mich außerordentlich, dass Dr. Christian Gold im Jahr 2017 mit seiner Arbeit „**Modeling of Take-Over Performance in Highly Automated Vehicle Guidance**“ den Hirschvogel Preis gewonnen hat. Der Preis wurde im Rahmen des Tages der Fakultät Maschinenwesen überreicht.

v.l.: Prof. Birgit Vogel-Heuser, der Preisträger Christian Gold und die Vertreter der Hirschvogel Stiftung



© IMG\_6804.jpg Tobias Schubert

# Herzlich Willkommen

## Unsere neuen Mitarbeiter am Lehrstuhl und der Professur



Seit Dezember 2016 ist Ioana Bolocan als Buchhalterin am Lehrstuhl für Ergonomie tätig. Ihre langjährige Erfahrung wird sie als Nachfolgerin von Elfriede Graupensberger am LfE einbringen. Wir freuen uns auf eine konstruktive Zusammenarbeit.



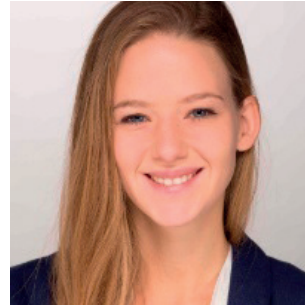
Corbinian Henle studierte Maschinenbau am Karlsruher Institut für Technologie und der Technischen Universität München mit den Vertiefungen Fahrzeugtechnik und Management. In seiner Masterarbeit integrierte er am Lehrstuhl für Ergonomie

ein Bewegungssystem in einen statischen Fahrsimulator. Seit April 2017 ist er als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl tätig und beschäftigt sich mit der Fahrerzustandsmodellierung beim Hochautomatisierten Fahren.



Herr Luis Kalb, M.Sc. ist seit Mai 2017 als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Ergonomie tätig. Er absolvierte sowohl sein Bachelor- als auch sein Masterstudium an der Fakultät für Maschinenwesen der Technischen Universität München. Seine Bachelor-, Semester- und Masterarbeit verfasste er in den

Bereichen der Fahrzeugautomation und der Fußgängersimulation am Lehrstuhl für Ergonomie. Darüber hinaus war er bereits seit 2013 als wissenschaftlichen Hilfskraft am Lehrstuhl tätig. In seiner zukünftigen Forschung wird er sich mit dem Thema der Kooperation beim automatisierten Fahren beschäftigen.



Frau Tanja Lerchl, M. Sc. ist seit März 2017 als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Klinikum rechts der Isar in Kooperation mit der Professur für Sportgeräte und -materialien (SpGM) tätig. Ihr Studium im Bereich Maschinenwesen mit Fokus auf Medizintechnik

absolvierte sie an der TUM und beschäftigte sich im Rahmen ihrer Studienarbeiten mit antimikrobiellen Kunststoffen sowie dem Einsatz von Kunststoffen im Bereich der Zellkultur. Während ihrer Semesterarbeit an der SpGM befasste sie sich mit der Modellierung der biomechanischen Eigenschaften von Bändern des menschlichen Sprunggelenks in Mehrkörpersystemen. Der Fokus ihrer Forschungsarbeit liegt auf der Modellierung der Biomechanik der menschlichen Wirbelsäule bei Patienten mit chronischen Rückenschmerzen im Rahmen des Forschungsprojekts „iBack“ am Klinikum rechts der Isar.



Johannes Potzy, M. Sc. ist seit Dezember 2016 als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Ergonomie tätig und ist Kooperationsdoktorand bei der Audi AG in der Abteilung Vorentwicklung automatisierte Fahrfunktionen. Er studierte am Karlsruher

Institut für Technologie und an der Technischen Universität München. Während seines Studiums arbeitete er an einem Forschungsprojekt am Royal Melbourne Institut for Technology, Australien. Nach seinem Abschluss im Jahre 2015, spezialisiert in die Fachrichtung Regelungstechnik und Thermofluidodynamik konnte er bereits Erfahrungen in der Funktionsentwicklung von Fahrerassistenzsystemen sammeln. Im Rahmen seiner Forschung beschäftigt sich Johannes Potzy mit Kommunikationsstrategien automatisierter Fahrzeuge zu anderen Verkehrsteilnehmern.





Herr Lorenz Prasch, M.Sc. ist seit November 2016 als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Ergonomie tätig. Er studierte von 2010 bis 2013 den Bachelorstudiengang Kognitionswissenschaften an der Eberhard-Karls Universität Tübingen sowie

von 2013 bis 2016 den Masterstudiengang Ergonomie - Human Factors Engineering an der Technischen Universität München mit den Schwerpunkten Systemergonomie und Interaktionsdesign. In seiner Masterarbeit am Lehrstuhl für Ergonomie konzipierte, implementierte und evaluierte Herr Prasch den Einfluss von post-hoc Erklärungen von Automationsverhalten auf das Vertrauen, die Akzeptanz und das mentale Modell von Nutzern eines hochautomatisierten Fahrsystems. Im Rahmen seiner Forschung untersucht Herr Prasch die Möglichkeiten der Kreativitätsförderung im modernen Arbeitskontext.



Sonja Schneider, M.Sc. ist seit März 2017 als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Lehrstuhl für Ergonomie tätig. Nach Abschluss des Bachelorstudiengangs Psychologie an der Ludwig-Maximilians-Universität München absolvierte sie an der Technischen

Universität München den Masterstudiengang Ergonomie - Human Factors Engineering. In Kooperation mit der Technischen Universität Delft untersuchte sie in ihrer Abschlussarbeit, wie eine Kombination aus situationsspezifischen Erwartungshaltungen und konkreten Eigenschaften des Fahrstils das Vertrauen in hochautomatisierte Fahrzeuge beeinflusst. Während ihres Studiums sammelte sie durch praktische Tätigkeiten am Institut für Robotik und Mechatronik des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt sowie am Lehrstuhl für Ergonomie Erfahrung hinsichtlich ergonomischer Forschung in den

Bereichen Medizintechnik, Luftfahrt und automatisierter Fahrzeugführung. Aktuell beschäftigt sie sich im Rahmen der deutsch-französischen Kooperation PedSiVal mit der plattformübergreifenden Validierung von Fußgängersimulatoren.



Frau Daniela Schraner (M.Sc.) ist seit Dezember 2016 als wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Professur für Sportgeräte und Sportmaterialien tätig. Sie studierte Sportwissenschaft im Bachelor, woraufhin sie den Master Diagnostik und Training sowie

den Master Human Factors Engineering an der TUM absolvierte. In ihrer Masterarbeit beschäftigte sie sich mit der Validierung einer non-invasiven Sensorik zur Körperkerntemperaturmessung. In einem Forschungsprojekt an der University of Sydney beschäftigte sie sich mit der Thermoregulation in extremen Umweltbedingungen. Beide Arbeiten wurden an der Professur für Sportgeräte und Sportmaterialien betreut.



Seit Februar 2017 ist Leonid Shkolnikov am Lehrstuhl für Ergonomie und Lehrstuhl für Energiesysteme als IT-Systemadministrator tätig. Mit der Ausbildung zum Diplomingenieur in Maschinenbau in der Ukraine startete er seine 30 jährige Berufserfahrung in

den verschiedensten Branchen wie Maschinenbau, Bau, Metallurgie, Chemie und Eisenbahnbau. Nach dem Umzug 1998 nach Deutschland begann er mit einer Microsoft Zertifizierung als IT-Systemadministrator seine Karriere in deutschen Firmen. In seinem Aufgabenbereich beschäftigt er sich unter anderem mit Microsoft /Apple Server und Client sowie Netzwerkbetreuung und -handling. Er ist verheiratet und hat einen Sohn.



Herr Oliver Winzer, M.Sc. ist seit September 2016 als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Ergonomie tätig. Er studierte im Bachelorstudium Wirtschaftsingenieurwesen Maschinenbau mit dem Schwerpunkt Produktionstechnik an der RWTH

Aachen. Sein Masterstudium in Maschinenbau und Management absolvierte er an der Technischen Universität München. Im Rahmen seiner Semesterarbeit am Lehrstuhl untersuchte er die Auswirkungen von tertiären Tätigkeiten beim Autofahren auf die kognitive Beanspruchung während und nach der Ausübung. Er schloss sein Studium mit der Masterarbeit „Entwicklung eines Kompatibilitätsindex zur Bewertung der Vereinbarkeit von Nebentätigkeiten mit der Fahraufgabe“ ab. Aktuell betreut er das Forschungsprojekt SAFARI, mit dem Schwerpunkt der HMI Gestaltung sowie der Untersuchung des Nutzerverhaltens von Fahrerinformationssystemen.

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:

**Benedikt Brück, Ilja Feldstein, Joel Gonçalves, Elfriede Graupensberger, Isarsitze (Travis), Marius Janta, Michael Krause, Sebastian Müller, Bastiaan Petermeijer, Christoph Rommerskirchen, Thomas Weißgerber, Markus Zimmermann**

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



## Rückblick

### Besuch der 63. Frühjahrskonferenz der GfA

Der 63. Frühjahrskongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (GfA) fand in diesem Jahr von 14. bis 17. Februar 2017 statt. Ausgetragen wurde die Konferenz von der Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW in Brugg-Windisch und stand unter dem Motto „Soziotechnische Gestaltung des digitalen Wandels - kreativ, innovativ, sinnhaft“. Auch der Lehrstuhl war mit vielseitigen Vorträgen vertreten. Vier Doktoranden referierten zu Themen aus den Bereichen Sitzkomfort und Bewegungs-/Produktionsergonomie. Einen Höhepunkt stellten die Auszeichnungen von Jakob Reinhardt und Christian Gold dar (siehe Auszeichnungen und Ehrungen S.61).



### Forschungstag Ergonomie und Sommerfest 2016

Am 22. Juli 2016 lud der Lehrstuhl für Ergonomie alle Mitarbeiter, Ehemalige und Projektpartner zum alljährlichen Forschungstag Ergonomie und Sommerfest 2016 ein.

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



