



# Forschung und Entwicklung

an der  
Westfälischen  
Hochschule

**Forschungsbericht 2018**

# Inhalt

**3** Vorwort

**4** Inhaltsübersicht

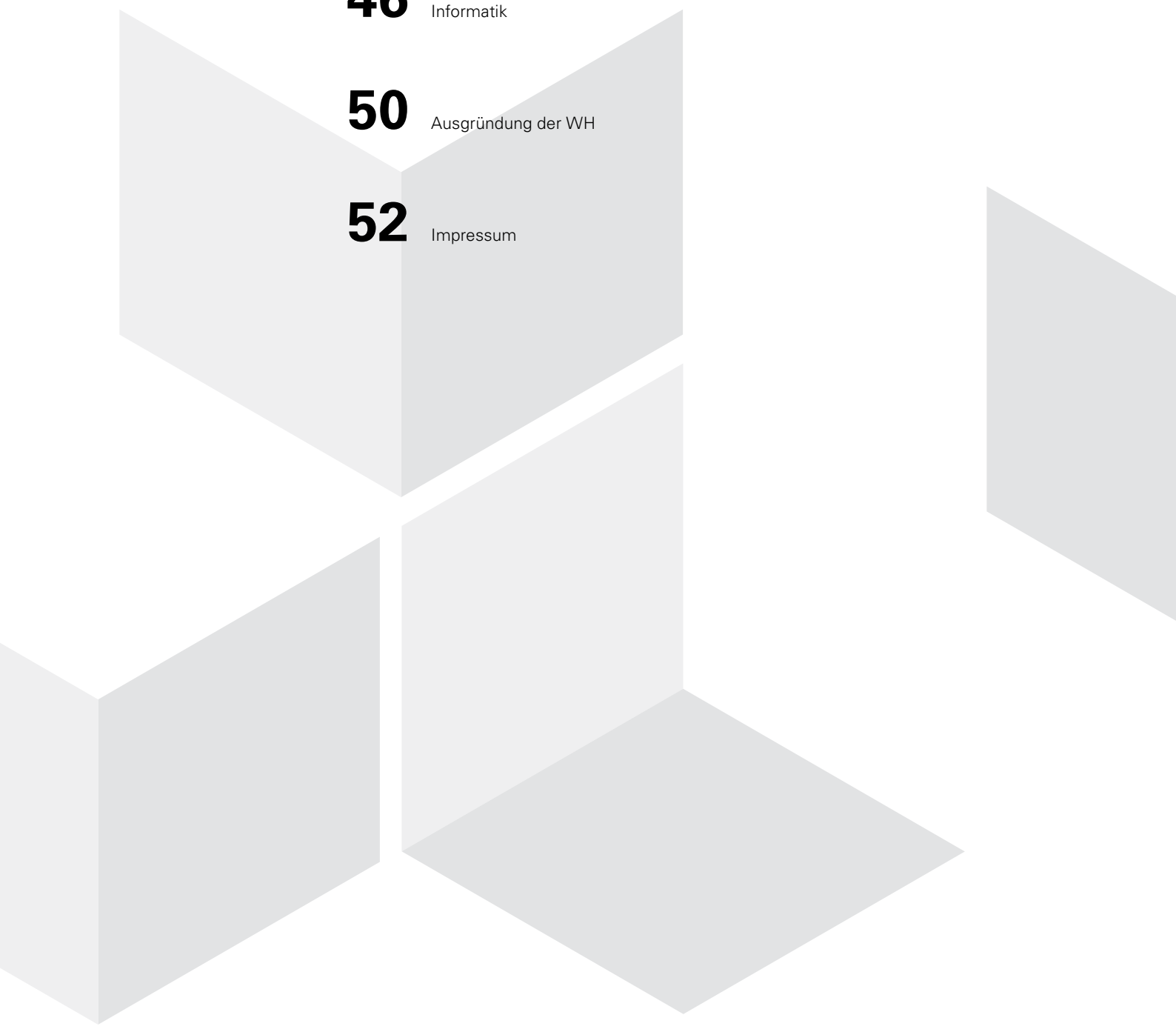
**6** Gesellschaft

**18** Technik/Naturwissenschaften

**46** Informatik

**50** Ausgründung der WH

**52** Impressum



# Vorwort

## Forschung an der Westfälischen Hochschule

Ich freue mich, Ihnen unseren aktuellen Forschungsbericht vorstellen zu dürfen. In einem der vergangenen Forschungsberichte hatte ich unsere Forschungsaktivitäten mit der Überschrift „Forschung die dem Menschen dient“ versehen. Dies ist auch weiterhin ein Label, das wir der Forschung an der Westfälischen Hochschule gerne geben möchten.

In diesem Forschungsbericht stehen, neben den eher naturwissenschaftlich-technisch geprägten Forschungsaspekten, auch geistes- und sozialwissenschaftliche Aspekte – man könnte sagen „der Mensch“ – im Fokus. Man erkennt hier deutlich, wie breit die Forschungstätigkeiten an der Westfälischen Hochschule aufgestellt sind. Durch die Verzahnung der geistes- und sozialwissenschaftlichen mit der naturwissenschaftlich-technischen Forschung gelingt es den Forschern der Westfälischen Hochschule auf vielen Themengebieten holistische Lösungsansätze zu erarbeiten und dem berechtigten Anspruch an Trans- und Interdisziplinarität zu genügen.

Es würde mich freuen, wenn es gelungen ist, Ihnen mit diesem Forschungsbericht auch wieder eine spannende Lektüre in die Hand zu geben.

Für das Präsidium der Westfälischen Hochschule

**Michael Brodmann**

Vizepräsident für Forschung und Entwicklung



**Prof. Dr.  
Michael Brodmann**  
Vizepräsident  
für Forschung  
und Entwicklung

# Aktuelle Forschung an der Westfälischen Hochschule

## Gesellschaft

### 6

M. Bienek

Soziale Unterstützung im Berufsorientierungsprozess – Die Rolle von Talentscouts aus der Sicht von Bildungsaufsteigerinnen und -aufsteigern

### 8

M. Degen

Parallele Welten – Die Kanzlerkandidaten und ihre Botschaften in sozialen Netzwerken und Fernsehnachrichten

### 10

J. Frohne

Candidate Experience und Berufseinstieg der Generation Y: Was Kulturinstitutionen wissen sollten

### 12

S. Gärtner, K. Meyer, S. Schambelon

UrbaneProduktion.Ruhr – Urbane Produktion als Stadtstrategie

### 14

J. Krüger

Wie beraten Talentscouts Schülerinnen und Schüler aus Risikolagen? Eine qualitativ-rekonstruktive Untersuchung zur Beratungspraxis der NRW-Talentscouts

### 16

M. Wienbracke

„Ökonomische Analyse des Rechts“ als interpretatives, konvergenzforcierendes Leitmotiv der Europäischen Grundfreiheiten

## Technik/Naturwissenschaften

### 18

L. Wöhle, M. Gebhard

MIA – Robuste Sensorsysteme für die Mensch-Roboter Interaktion

### 20

J. Schäfer, M. Gebhard

MobIle – Multimodale Sensorsysteme zur Steuerung eines komplexen Robotersystems

### 22

S. Arévalo, S. Miller, M. Janka, J. Gerken

Der Faktor Mensch bei der Wahl von Interaktionsmodalitäten

### 24

M. Pascher, J. Gerken

SwipeBuddy – Ein ferngesteuerter Roboter zur handfreien Bedienung von Tablets und E-Book-Readern

### 26

T. Althoff, R. Holzhauser,

Das Forschungsprojekt „Find it – Use it“

### 28

L. Harbarth, L. Baberg, R. Holzhauser

Projekt HeizKreis – Rückholung und Weiterverwendung Seltener-Erden-Magnete – Kreislaufschließung bei Heizungspumpen

**30** K.-U. Koch

---

 Bio-Haftschmelzklebstoffe –  
 natürlich für's Etikett
**32** H. Passinger

---

 Ausgleich von Nachfrageschwankungen  
 mit dem Heijunka-Modell
**34** J. H. Harmening,  
F.-J. Peitzmann

---

 Entwicklung einer Universalsturmfeder  
 mit struktur- und strömungs-  
 mechanischen Simulationen
**36** I. Schäfer, A. J. H. Schoo,  
F.-J. Peitzmann

---

 Tragfähigkeitsgrenzen von Wälzlagern  
 mit drehendem Außenring
**38** B. Schlögl, T. Seidl

---

 Orientierungssinn wie eine Ameise –  
 ein bionisches Navigationssystem von  
 der Inspiration bis zur Anwendung
**40** K. van den Broek, A. Zielesny

---

 Mesoskopische Simulation  
 großer (bio)molekularer Systeme
**42** Z. Ese, W. Zylka

---

 Ein Beitrag zur Planung der Strahlen-  
 therapie für Patienten mit passiven und  
 aktiven Implantaten
**44** B. König, W. Zylka

---

 Signifikanz der iterativen Rekonstruktion  
 für Lungenkrebs-Screening mit Low-  
 Dose-Computer-Tomographie

## Informatik

**46** A. M. Heinecke

---

 Em<sup>3</sup>guide –  
 Der einfache multimediale  
 Museumsführer
**48** T. Urban, N. Pohlmann

---

 Moderne Erkennung von  
 webseitenmanipulierender Malware

## Aus- gründung der WH

**50** R. Holzhauer, L. Baberg,  
T. Althoff

---

 Circular Infinity GmbH  
 Spin-Off der Westfälischen Hochschule

## Talentscouting in Nordrhein-Westfalen

Im Jahr 2011 startete das Talentscouting an der Westfälischen Hochschule. Durch Förderung des Ministeriums für Kultur und Wissenschaft des Landes Nordrhein-Westfalen hat sich das Talentscouting inzwischen auf 17 Fachhochschulen und Universitäten mit ca. 70 Talentscouts ausgeweitet.

Im Fokus des Programms NRW-Talentscouting stehen Jugendliche und Heranwachsende mit überdurchschnittlichen Leistungen in ihrem Lebenskontext und einem familiären Umfeld, das nicht über die finanziellen Möglichkeiten, Erfahrungen im Bildungssystem und/oder Zugänge zu beruflichen oder akademischen Netzwerken verfügt.

In den Oberstufen der über 360 kooperierenden Berufskollegs, Gesamtschulen und Gymnasien suchen Talentscouts die Schülerinnen und Schüler aktiv auf und beraten individuell, ergebnisoffen und langfristig beim Übergang in eine Berufsausbildung oder ein (duales) Studium und auf Wunsch bis in den Beruf. Die Talentscouts begleiten die jungen Menschen dabei, berufliche Interessen und Ziele zu entdecken und weiterzuentwickeln, sie zeigen Wege auf, machen Mut und stellen hilfreiche Netzwerke zur Verfügung. Aktuell werden über 15 000 Talente von einem NRW-Talentscout begleitet.

2015 gründete das nordrhein-westfälische Wissenschaftsministerium gemeinsam mit der Westfälischen Hochschule das NRW-Zentrum für Talentförderung. Als zentrale Service- und Koordinationsstelle bietet es für Talente, NRW-Talentscouts, Akteurinnen und Akteure aus Schulen, Hochschulen und weiteren Bildungseinrichtungen Raum für Erfahrungsaustausch sowie Beratung und Weiterbildung zu Themen der Talentförderung.

Weitere Informationen zum Programm: [www.nrw-talentzentrum.de](http://www.nrw-talentzentrum.de)

Gefördert durch:

**Ministerium für  
Kultur und Wissenschaft  
des Landes Nordrhein-Westfalen**



## Theoretischer Rahmen

Berufsorientierung wird im Forschungsvorhaben als individueller Orientierungsprozess verstanden, der vom sozialen Umfeld abhängt. Um einerseits individuelle Merkmale und Überzeugungen sowie andererseits Kontextfaktoren und soziale Ressourcen zu berücksichtigen, dienen die sozial-kognitive Laufbahntheorie (Lent et al. 2002), der Sozialkapitalansatz (Bourdieu 1983) sowie das Konzept der sozialen Unterstützung (House 1981) der Forschungsarbeit als heuristischer Rahmen.

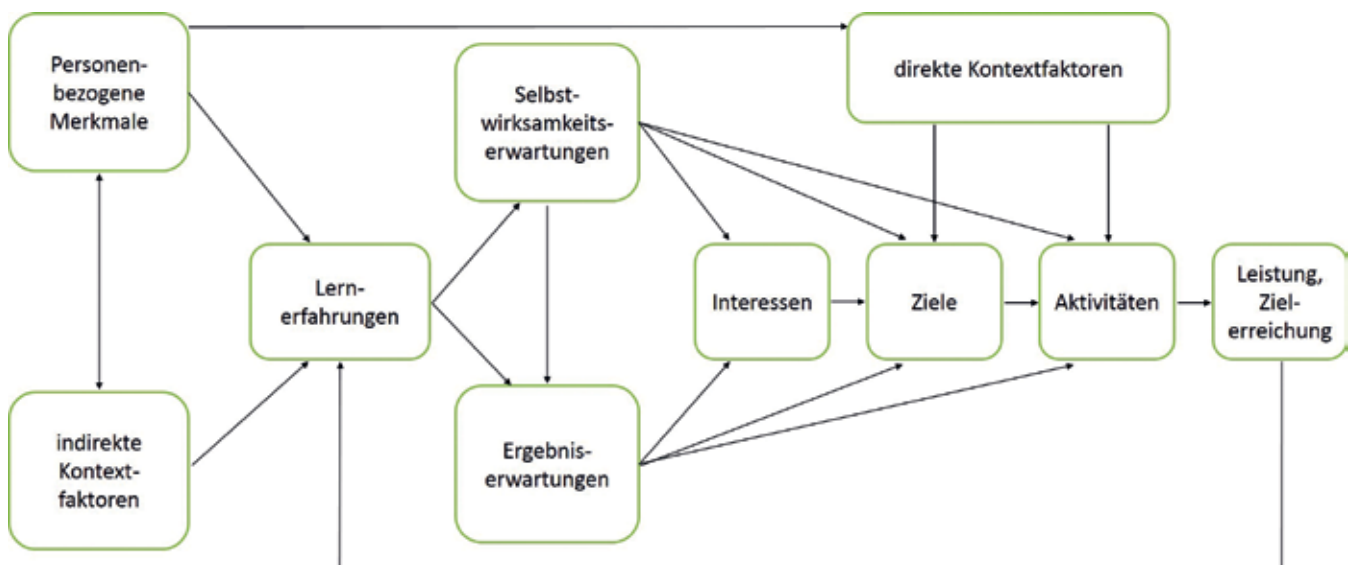


Abb. 1: Einfluss personaler und kontextueller Faktoren auf die Berufswahl (Lent et al. 2002: 269)

# Soziale Unterstützung im Berufsorientierungs- prozess – Die Rolle von Talentscouts aus der Sicht von Bildungsaufsteigerinnen und -aufsteigern

Trotz des gesellschaftspolitischen Interesses an Chancengerechtigkeit und unterschiedlicher Bemühungen zur Erhöhung der Bildungsbeteiligung und Durchlässigkeit des Bildungssystems belegen zahlreiche empirische Befunde weiterhin die Herkunftsabhängigkeit von Bildungswegen in Deutschland (z. B. Autorengruppe Bildungsberichterstattung 2018). In diesem Zusammenhang haben auch Bildungsaufstiege sowie der Übergang Schule-Beruf und der Berufsorientierungsprozess junger Menschen vermehrt Aufmerksamkeit in der öffentlichen Diskussion, in (bildungs-)politischen Programmen sowie in der bildungswissenschaftlichen Forschung erfahren. Während zahlreiche Studien quantitativ angelegt sind oder Schwerpunkte auf die Berufsorientierung in der Sekundarstufe I legen, wird vergleichsweise selten durch den Einsatz qualitativer Methoden die Sicht von Absolventinnen und Absolventen der Sekundarstufe II berücksichtigt. Mehrfach belegt sind der Einfluss und die Bedeutung von sozialem Kapital und signifikanten Anderen für den Berufsorientierungsprozess (Neuenschwander et al. 2012) sowie den Bildungsweg im Allgemeinen und einen Bildungsaufstieg von jungen Menschen aus Elternhäusern mit niedrigen Bildungsabschlüssen im Speziellen (Gerhartz-Reiter 2017). Inwiefern in diesem Zusammenhang Beratungspersonen, die langfristig und persönlich begleiten, aus der Sicht Jugendlicher als unterstützend wahrgenommen werden, ist hingegen noch nicht untersucht.

## Forschungsgegenstand und Fragestellung

Anknüpfend daran widmet sich das Forschungsprojekt aus subjektorientierter Perspektive dem Berufsorientierungsprozess von Abiturientinnen und Abiturienten. Das Forschungsinteresse richtet sich auf die soziale Unterstützung durch das Umfeld während der Berufswahlphase. Dabei stehen Absolventinnen/Absolventen im Fokus, die einen Bildungsaufstieg vollziehen und am Programm *NRW-Talentscouting* teilnehmen. Ziel ist es zu rekonstruieren, wie Abiturientinnen und Abiturienten ihren Berufsorientierungsprozess und in diesem Zusammenhang die Beziehungen zu bzw. die soziale Unterstützung durch den Talentscout und ihr soziales Umfeld erleben.

Die zentrale Fragestellung des Forschungsvorhabens lautet: *Welche Rolle und Funktion übernimmt der Talentscout aus der Sicht von Bildungsaufsteigerinnen und -aufsteigern in deren Berufsorientierungsprozess?* Daran anknüpfend werden folgende Unterfragen beleuchtet:

- Welche Unterstützung erfahren Abiturientinnen/Abiturienten durch welche Personen?
- Worin besteht aus Sicht der Befragten der Mehrwert der Unterstützung durch den Talentscout?
- Womit hängt die Rolle und Funktion des Talentscouts zusammen?

## Methodisches Vorgehen

Zur Bearbeitung der Forschungsfragen muss die Problemsicht der Subjekte fokussiert werden. Dazu werden qualitative Methoden der Sozialforschung eingesetzt, wobei hier Forschungsmethoden erforderlich sind, die es ermöglichen, den Berufsorientierungsprozess und die damit zusammenhängenden Erfahrungen zu rekonstruieren: Um die Perspektiven und Orientierungen der Abiturientinnen/Abiturienten sowie die Erfahrungen, aus denen diese Orientierungen hervorge-

gangen sind, zur Artikulation zu bringen, eignen sich narrativ fundierte Interviews. Trotz der Fokussierung auf den Berufsorientierungsprozess sollen den Interviewten spezifische Relevanzsetzungen möglich sein, daher werden „Problemzentrierte Interviews“ (Witzel 1982) mit Bildungsaufsteigerinnen und -aufsteigern geführt, die das Abitur erlangt haben und durch einen Talentscout begleitet wurden. Durch Auswertung mit der „Dokumentarischen Methode“ (Bohnsack 2014) werden Zusammenhänge zwischen den Erfahrungen der Interviewten und ihren habituellen Orientierungen rekonstruiert, die sich in ihrer spezifischen Praxis im Berufsorientierungsprozess (und damit auch im Stellenwert des Talentscouts) widerspiegeln.

## Quellen //

Autorengruppe Bildungsberichterstattung, Hrsg., 2018. *Bildung in Deutschland 2018. Ein indikatoren-gestützter Bericht mit einer Analyse zu Bildung und Migration*. Bielefeld: wbv.

BOHNSACK, Ralf, 2014. *Rekonstruktive Sozialforschung. Einführung in qualitative Methoden*. 9. Auflage. Opladen: Budrich.

BOURDIEU, Pierre, 1983. *Ökonomisches Kapital, kulturelles Kapital, soziales Kapital*. In: KRECKEL, Reinhard, Hrsg., *Soziale Ungleichheiten*, S. 183–198.

GERHARTZ-REITER, Sabine, 2017. *Erklärungsmuster für Bildungsaufstieg und Bildungsausstieg. Wie Bildungskarrieren gelingen*. Wiesbaden: Springer VS.

HOUSE, James S., 1981. *Work stress and social support*. Reading, Massachusetts: Addison-Wesley.

LENT, Robert W.; Steven D. BROWN, und Gail HACKETT, 2002. *Social Cognitive Career Theory*. In: BROWN, Duane, Hrsg. *Career choice and development*. 4. Auflage. San Francisco: Jossey-Bass, S. 255–311.

NEUENSCHWANDER, Markus P., Michelle GERBER und Nicole FRANK, 2012. *Schule und Beruf. Wege in die Erwerbstätigkeit*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

WITZEL, Andreas, 1982. *Verfahren der qualitativen Sozialforschung. Überblick und Alternativen*. Frankfurt am Main: Campus Verlag.

## Projektinformationen //

Das beschriebene Forschungsvorhaben ist Bestandteil des Promotionsverfahrens von Magdalena Bienek und entsteht im Rahmen einer Beschäftigung als wissenschaftliche Mitarbeiterin am NRW-Zentrum für Talentförderung der Westfälischen Hochschule. Das Promotionsverfahren findet an der Fakultät für Bildungswissenschaften der Universität Duisburg-Essen statt und wird betreut von Frau Prof. Dr. Carolin Rotter.



**Magdalena Bienek,  
M.A.**

NRW-Zentrum für  
Talentförderung  
Tel.: +49 209 947 638  
153  
magdalena.bienek@  
w-hs.de

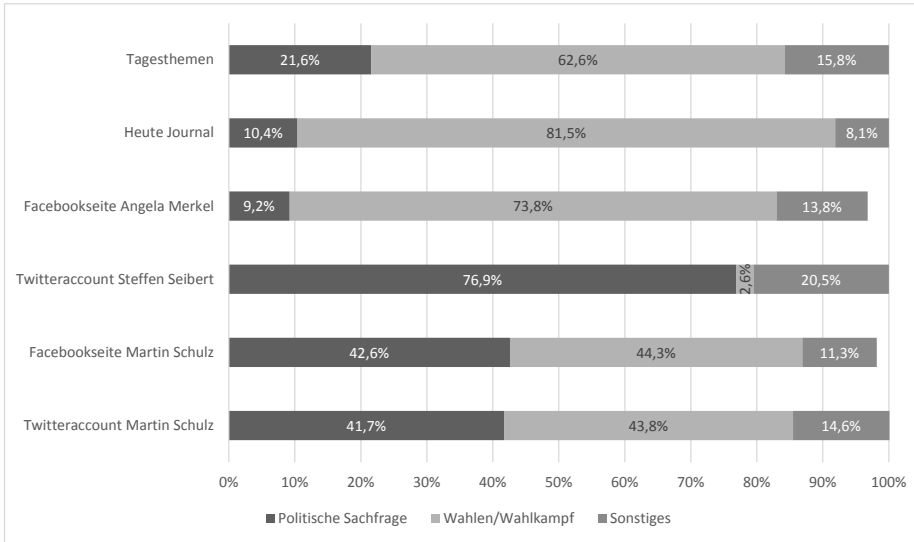


Abb. 1:  
**Anteil politische Sachfragen und Wahlkampf als zentrale Themen der Beiträge in den Kanälen** (fehlend: keine Zuordnung möglich) / © Degen (2018)



Abb. 2:  
**Facebook-Post von Angela Merkel vom 31. August 2017** / Screenshot Facebook

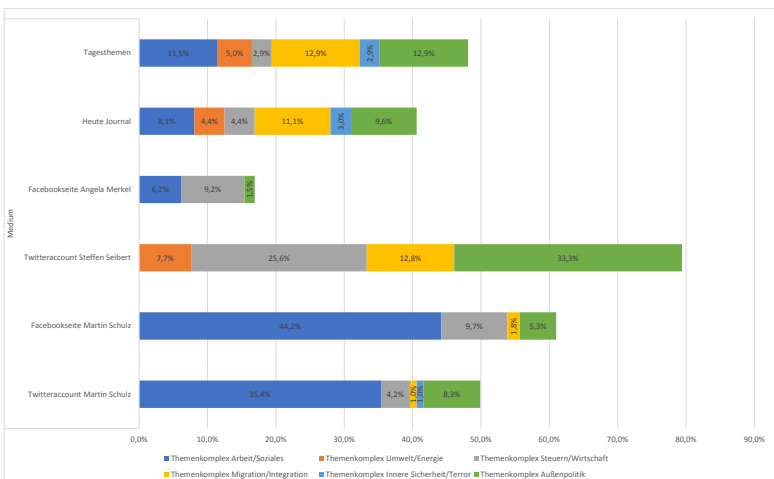


Abb. 3:  
**Anteil der Themen in den untersuchten Kanälen** (fehlend: Sonstige, kein Thema) / © Degen (2018)



# Parallele Welten – Die Kanzlerkandidaten und ihre Botschaften in sozialen Netzwerken und Fernsehnachrichten

Soziale Netzwerke dienen politischen Kandidaten dazu, Bürgerinnen und Bürger ungefiltert mit ihren Botschaften zu erreichen (vgl. Bieber 2011, S. 73). Während des Wahlkampfs spielt die TV-Berichterstattung allerdings noch immer eine wichtige Rolle (vgl. Schulz und Zeh 2010, S. 313-314). So nutzen 69 Prozent der Deutschen das Fernsehen als Hauptquelle zur Information über den Wahlkampf (vgl. Paasch-Colberg 2016, S. 183). Ziel dieser Erhebung war es, die Wechselwirkungen zwischen sozialen Medien und Fernsehen in der Wahlkampfberichterstattung zur Bundestagswahl 2017 zu untersuchen. Die Analyse ist vergleichend angelegt und untersuchte die Inhalte, welche die Kanzlerkandidaten über ihre eigenen Kanäle auf Facebook und Twitter publizierten sowie die Inhalte, die in den beiden relevantesten TV-Nachrichtenmagazinen Deutschlands über die Kandidaten verbreitet wurden. Hierzu wurde eine quantitative Inhaltsanalyse nach Früh (2011) durchgeführt.

## Keine Thematisierungsmacht

Martin Schulz nutzt die sozialen Netzwerke beinahe gleichermaßen, um politische Sachfragen und Themen rund um die Wahl und den damit einhergehenden Wahlkampf zu thematisieren. Steffen Seibert adressiert auf Twitter in zwei Drittel aller Beiträge politische Sachfragen, die Wahlen spielen fast keine Rolle. Angela Merkel setzt ihren „Wohlfühlwahlkampf“ fort. Der Gegner spielt keine Rolle, politische Sachfragen allerdings ebenso wenig (s. Abb. 1). Termine werden angekündigt, außerdem wird über Veranstaltungen informiert. Für die Kanzlerin dienen soziale Netzwerke somit vor allem der unkomplizierten Konfliktvermeidung (s. Abb. 2).

Auffällig ist, dass das Bemühen von Martin Schulz, mit Hilfe der sozialen Netzwerke politische Sachfragen zu behandeln und womöglich auch in den medialen Diskurs zu integrieren, keinerlei Einfluss auf die TV-Berichterstattung hat. Beim „heute journal“ (81,5%) und auch bei den „tagesthemen“ (62,6%) liegt der thematische Fokus auf dem Wahlkampf und den Wahlen. Politische Sachfragen bleiben in der Berichterstattung eine Randnotiz. Im Fernsehen gilt also die Maxime: Personen und Performance vor Inhalten.

Bei der Frage nach der Themenauswahl muss demzufolge die Fokussierung des Fernsehens auf die Performance der Kandidaten berücksichtigt werden. Martin Schulz konzentrierte sich in den sozialen Netzwerken stark auf sein Kernthema Gerechtigkeit, das sich vor allem im Themenkomplex Arbeit und Soziales wiederfand (s. Abb. 3).

In den TV-Nachrichtenmagazinen ist hingegen kein Hauptthema zu identifizieren. Angela Merkel verfügt selten über ein klares Hauptthema, während Steffen Seiberts Fokus als Regierungssprecher auf der Steuer- und Außenpolitik liegt. Auch dieser nähere Blick auf die thematische Ausrichtung der einzelnen Kanäle macht deutlich, dass Angela Merkels Wahlkampf beinahe ohne Inhalte auskommt, während Martin Schulz erfolglos versucht, mit seinem inhaltlichen Kernthema Akzente zu setzen. In den TV-Nachrichtenmagazinen wird in einem viel geringeren Maße über Arbeit und Soziales berichtet. Schulz schafft es somit nicht, mit Hilfe der sozialen Netzwerke sein Kernthema in den Nachrichtenmagazinen zu platzieren.

## Kaum Wechselwirkungen

Die Ergebnisse der Inhaltsanalyse zeigen deutliche Unterschiede zwischen der TV-Berichterstattung und der Eigendarstellung der Kanzlerkandidaten in den sozialen Netzwerken während des Bundestagswahlkampfs 2017. Für die Nachrichtenmagazine lässt sich eine sehr personalisierte Berichterstattung über die Kanzlerkandidaten nachweisen. In den sozialen Netzwerken dagegen agieren die Kandidaten sehr unterschiedlich. Übereinstimmungen zwischen Selbstdarstellung in Social Media und journalistischer Aufbereitung sind kaum erkennbar – weder bei Themenauswahl, Bewertung von Personen und Zusammenhängen oder dem Umgang mit politischen Sachthemen. Bezugspunkte sind insgesamt spärlich, gegenseitige Übernahmen von Inhalten bleiben nahezu aus. Die beiden medialen Welten existieren im Wesentlichen parallel zueinander.

## Aktuelle Publikation zum Thema //

DEGEN, M., 2019. Parallele Welten – Die Kanzlerkandidaten und ihre Botschaften in sozialen Netzwerken und Fernsehnachrichten. In: KORTE, K.-R. und J. SCHOOF, 2019. *Die Bundestagswahl 2017. Analysen der Wahl-, Parteien-, Kommunikations- und Regierungsforschung*. Wiesbaden: Springer VS.

## Quellen //

BIEBER, Christoph, 2011. Der Online-Wahlkampf im Superwahljahr 2009. In: *Das Internet im Wahlkampf. Analysen zur Bundestagswahl 2009*, Hrsg. SCHWEITZER, Eva Johanna und Steffen ALBRECHT, S. 69-95. Wiesbaden: Springer VS.

PAASCH-COLBERG, Sünje, 2016. *Die Bedeutung politischer Themen im Wahlkampf. Mediale Thematisierungswirkungen im Bundestagswahlkampf 2009*. Wiesbaden: Springer VS.

SCHULZ, Winfried und R. ZEH, 2010. Die Protagonisten in der Fernseharena. Merkel und Steinmeier in der Berichterstattung über den Wahlkampf 2009. In: *Die Massenmedien im Wahlkampf. Das Wahljahr 2009*, Hrsg. HOLTZ-BACHA, Christina, S. 313-338. Wiesbaden: Springer VS.



**Prof. Dr. Matthias Degen**  
Institut für Journalismus  
und Public Relations  
Tel.: +49 209 9596-680  
matthias.degen@  
w-hs.de

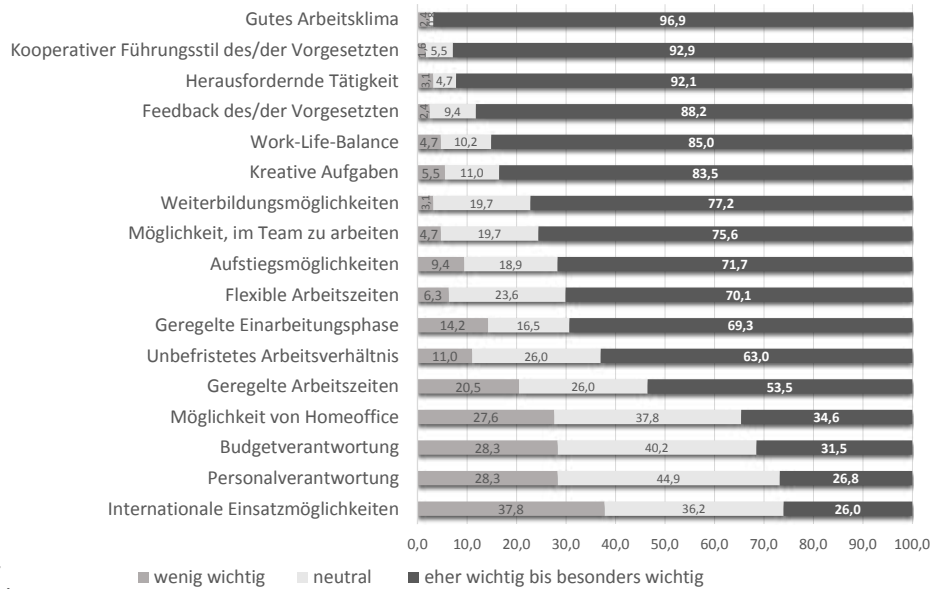


Abb. 1:  
**Bedeutsamkeit einzelner Stellenmerkmale**  
„Wie wichtig sind Ihnen folgende Merkmale einer Stelle?“

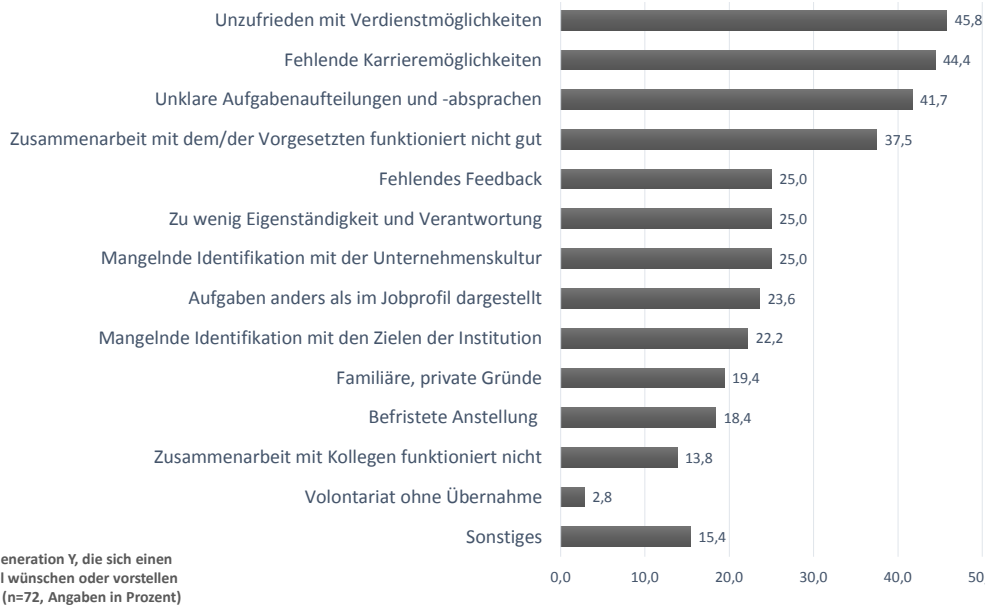


Abb. 2:  
**Gründe für Wechselbereitschaft**  
„Aus welchen Gründen suchen Sie nach einem neuen Arbeitgeber/ können Sie sich einen Wechsel vorstellen?“ (Mehrfachnennungen sind möglich.)

#### Aktuelle Publikationen zum Thema //

FROHNE, J., M. GRÜNTNER und M. WEYERMANN, 2018. Berufseinstieg der Generation Y: Was Kulturinstitutionen wissen sollten. In: LOOCK, F., M. RIESCH-KERST, G. RÖCKRATH, und O. SCHEYTT. *Handbuch Kulturmanagement. Recht, Politik und Praxis*, Nr. 63. Berlin: DUZ Verlags- und Medienhaus GmbH.

FROHNE, J. und J. EIKENBUSCH, 2016. Demographischer Wandel im Kultursektor. In: LOOCK, F.; M. RIESCH-KERST, G. RÖCKRATH, und O. SCHEYTT, Hrsg. *Handbuch Kulturmanagement. Recht, Politik und Praxis*, Nr. 50. Berlin: DUZ Verlags- und Medienhaus GmbH.

FROHNE, J und S. MÜLLER, 2015. Weiterbildungs- und Qualifizierungsbedarf von Kulturmanagern in Deutschland. Personalentwicklung im Kultursektor. In: ARETZ, W und C. DRIES, Hrsg. *Zukunft denken – Gegenwart gestalten. Beiträge zur Wirtschaftspsychologie des 21. Jahrhunderts*. Lengerich: Pabst Science Publishers.

#### Quelle //

VERHOEVEN, Tim, 2016. *Candidate Experience*. Wiesbaden: Springer Gabler.

# Candidate Experience und Berufseinstieg der Generation Y: Was Kulturinstitutionen wissen sollten

Im Bereich der qualifizierten Verwaltung (Personal, Marketing, Controlling) wird der Fach- und Führungskräfte-mangel in vielen Branchen spürbar und Arbeitgeber merken: Es klafft eine Lücke zwischen ihren Erwartungen und denen der Berufseinsteigerinnen und -einsteiger. Um diese Lücke zu schließen, wurde eine Studie über die „Candidate Experience“ in einem besonders attraktivem Arbeitsmarkt, dem Kultursektor, durchgeführt und Handlungsempfehlungen für Arbeitgeberinnen und Arbeitgeber abgeleitet.

## Unterschiedliche Erwartungen an die Berufstätigkeit bei Generation Y

Viele Studien zeigen, dass die „Generation Y“, die zwischen 1980 und 2000 Geborenen, sich in manchen Wertvorstellungen von ihren Vorgängergenerationen unterscheiden. So legen sie am Arbeitsplatz mehr Wert auf persönliche und verbindliche Beziehungen, eine angenehme und kollegiale Arbeitsatmosphäre sowie regelmäßiges und informelles Feedback. Gleichzeitig ist die Generation Y international, wenig hierarchiegläubig und schneller wechselwillig. Diese veränderten Erwartungen stellen Arbeitgeber vor einige Herausforderungen.

## Studie zur Candidate Experience im Kultursektor

Die sogenannte **Candidate Experience** ist ein vergleichsweise junger Begriff in der Personaldebatte (Verhoeven, 2016: 8) und untersucht die Erfahrungen, die Bewerberinnen und Bewerber im Verlauf des Bewerbungs- und Einarbeitungsprozesses mit dem potentiellen Arbeitgeber machen.

Die Studie wurde mit einer Projektgruppe aus Studierenden des Masterprogramms „Kommunikationsmanagement“ der Westfälischen Hochschule im Sommersemester 2018 durchgeführt. An der quantitativen Hauptstudie nahmen 252 Personen teil, von denen 158 als Berufseinsteiger (max. 5 Jahre Arbeitserfahrung) der Generation Y zugerechnet werden konnten. Im Folgenden werden einige Ergebnisse exemplarisch dargestellt.

## Erfahrungen in der Einarbeitungsphase

Lediglich 56 % der Berufseinsteigerinnen und -einsteiger waren mit der Einarbeitungsphase zufrieden. Nur zwei Dritteln (62 %) wurden am Anfang die anderen Mitarbeiter vorgestellt und nur für 58 % gab es einen Rundgang oder eine Führung, um das Haus kennenzulernen. Einen eingerichteten Arbeitsplatz fanden am ersten Tag sogar nur ein Drittel (31 %) vor. Jeder zweite (50 %) bemängelte, dass keine Zielvereinbarung mit ihr oder ihm geschlossen wurde und über ein Viertel der Teilnehmer erhielt kein Feedback über erste Arbeitsergebnisse. Nicht zuletzt hatten über 38 % der Befragten keinen anderen Ansprechpartner oder Mentoren als ihren Arbeitgeber.



**Prof. Dr. Julia Frohne**  
Institut für Journalismus  
und Public Relations  
Tel.: +49 209 9596-881  
julia.frohne@w-hs.de

## Hohe Werte für Unternehmenskultur und Teamgeist, geringe für Führungsverantwortung

Für alle Befragten (97 %) spielt ein gutes Arbeitsklima eine wichtige Rolle. Damit einher geht auch eine Erwartungshaltung an den Vorgesetzten, fast 93 % legen Wert auf einen kooperativen Führungsstil. Der autokratische Chef, der willkürlich und ohne Erklärung Entscheidungen trifft und diese

nicht diskutiert, ist nicht mehr gefragt. Eine inhaltliche Weiterentwicklung ist den jungen Berufstätigen dagegen sehr wichtig, für 92 % stellen herausfordernde Tätigkeiten wichtige Stellenmerkmale dar. Die klassische hierarchische Karriere mit der Übernahme von Führungsverantwortung spielt dagegen eine untergeordnete Rolle. So zeigten sich die Befragten mehrheitlich wenig interessiert an den Themen Personal- und Budgetverantwortung.

## Gründe für Wechselbereitschaft

Mehr als die Hälfte (54 %) der Befragten ist grundsätzlich wechselbereit. Dabei sind 32 % aktuell auf der Suche nach einem neuen Arbeitgeber, weitere 22 % suchen nicht aktiv, können sich einen Wechsel aber vorstellen.

Besonders wichtig sind eine Reihe von Gründen, die sich auf den konkreten Arbeitgeber beziehen. Fast die Hälfte der Berufseinsteigerinnen/Berufseinsteiger (46 %) gibt Unzufriedenheit mit den Verdienstmöglichkeiten als entscheidenden Grund an, fast gleichauf gefolgt von fehlenden Karriere-möglichkeiten. Zudem bemängeln 25 %, dass sie zu wenig Eigenständigkeit und Verantwortung hätten. Weitere wichtige Gründe liegen in der Führungskultur, unklaren Absprachen oder Aufgabenverteilungen und für mehr als jeden dritten Befragten ist die problematische Zusammenarbeit mit dem oder der Vorgesetzten der Grund für die Suche.

Neben den hier genannten Themen wurden auch noch weitere Bereiche, wie die Ausgestaltung der Stellenanzeige (Job Description) oder Präferenzen bei der Arbeitgeberwahl erfragt.

## Handlungsempfehlungen für Arbeitgeberinnen und Arbeitgeber

Die vorliegende Studie bestätigt Ergebnisse, die eine veränderte Werthaltung gegenüber Arbeit zeigen: Die klassische Karriere mit Personal- und Budgetverantwortung stellt für viele kein wichtiges Berufsziel mehr dar. Es zeigt sich eine Hinwendung zu Karrieremustern, die sich mit privaten Interessen und Verpflichtungen vereinbaren lassen. Der Stellenwert von Arbeit schlägt sich in der Möglichkeit zur persönlichen Weiterentwicklung und in der Sinnhaftigkeit der Tätigkeit nieder. Die Studie sensibilisiert Arbeitgeber für diesen Wertewandel und gibt Handlungsempfehlungen für die Einarbeitungsphase neuer Mitarbeitender, die Beseitigung von Lohnungleichheiten, die Unterstützung von finanzieller Unabhängigkeit sowie Möglichkeiten zur aktiven Unterstützung einer Jobsuche aufgrund von befristeten Verträgen.



Abb. 1:

**Formen der urbanen Produktion**

Urbane Produktion gliedert sich im vorliegenden Forschungsverständnis in urbane Industrie, urbane Manufaktur und Reparatur sowie urbane Landwirtschaft. Die Manufakturen wiederum lassen sich anhand ihrer Erzeugnisse und Produktionsformen in Techbetriebe, Handwerksbetriebe und Lebensmittelbetriebe unterteilen, wobei die Grenzen in vielen Fällen fließend sind. (Darstellung: IAT)

**Projektlogo**

Abb. 2:

**„LutherLAB“ –****Festival der urbanen Produktion 2017**

2017 wurde die entwidmete Lutherkirche in Bochum-Langendreer für fünf Wochen in eine offene Werkstatt mit buntem Programm zum Thema „Urbane Produktion“ umgewandelt. Hierfür wurden die Bänke ausgelagert und Werkstatt-Elemente im Kirchenraum platziert. In Folge des Festivals gründete sich der Verein „LutherLAB e.V.“, in dem sich Bürgerinnen und Bürger für die Nachnutzung der vom Verfall bedrohten Kirche engagieren ([www.lutherlab.de](http://www.lutherlab.de)). (Foto: IAT)

**Forschungsverbund**

Hochschule Bochum  
Bochum University  
of Applied Sciences

**Forschungsförderung**

# Urbane Produktion.Ruhr – Urbane Produktion als Stadtstrategie

Nachdem die funktionale Trennung von Wohnen, Arbeit und Freizeit lange Jahre den Status Quo der Stadtplanung einnahm, bekannten sich die EU-Mitgliedstaaten in der Leipzig-Charta 2007 zur Nutzungsmischung und zur Stadt der kurzen Wege. Gleichzeitig bieten Digitalisierung und neue Fertigungsverfahren die Chance auf eine Stärkung der regionalen Wirtschaft durch eine umfeldverträgliche Remanufakturierung- und industrialisierung der Städte. Insbesondere strukturschwache Stadtteile können durch Ansiedlung von Manufakturen in Leerständen profitieren. Das Forschungsprojekt „Urbane Produktion.Ruhr“ (2016 – 2019) untersucht die Zukunftsfähigkeit und Wirkung der Herstellung von Gütern in städtischen Gebieten am Beispiel zweier Bochumer Stadtquartiere. Ziel ist es, Potenziale und Hemmnisse für die Etablierung urbaner Produktion zu identifizieren und auf deren Basis einen Maßnahmenkatalog für Bochum zu entwickeln.

## Vorgehen

In deutschlandweiten und internationalen Fallstudien werden durch Recherche und Experteninterviews verschiedene Unternehmensformen, städtische Förderkonzepte und Clusterstrukturen urbaner Produktion identifiziert. Weiter erfassen quantitative Unternehmensbefragungen die aktuelle Situation und Bedarfe von Produktionsunternehmen. Auf lokaler Ebene werden in zwei Bochumer Stadtteilen Reallabore durchgeführt, um so die Etablierung urbaner Produktion in strukturschwachen Räumen zu testen. Eine entwidmete Kirche in Werne/Langendreer-Alter Bahnhof ([www.lutherlab.de](http://www.lutherlab.de)) und ein Ladenlokal in Wattenscheid ([www.watcraft.de](http://www.watcraft.de)) dienen dafür temporär als offene Werkstätten. Hier werden Produktions-Workshops, Veranstaltungen und Netzwerktreffen zum Thema „Urbane Produktion“ angeboten und durch ein Forschungskonzept (Leerstandserhebung, Ortsbegehung, Akteurs-Analyse, Befragung der Teilnehmenden, Befragung der Unternehmen, Diskussionen) vorbereitet und begleitet.



**Dr. Stefan Gärtner**  
Institut Arbeit und  
Technik  
Tel. +49 209 1707-164  
[gaertner@iat.eu](mailto:gaertner@iat.eu)



**Kerstin Meyer, M. Sc.**  
Institut Arbeit und  
Technik  
Tel. +49 209 1707-113  
[meyer@iat.eu](mailto:meyer@iat.eu)



**Sophia Schambelon,  
M. A.**  
Institut Arbeit und  
Technik  
Tel. +49 209 1707-113  
[schambelon@iat.eu](mailto:schambelon@iat.eu)

## Maßnahmen zur Stärkung urbaner Produktion

Ende 2019 soll der Maßnahmenkatalog in Form eines Handbuchs veröffentlicht werden. Bisher wurden folgende Empfehlungen erarbeitet:

**Metaebene (überregional):** Da bislang nur wenig Bewusstsein für die Potenziale urbaner Produktion bei Politik, städtischen Akteuren und Zivilgesellschaft vorhanden ist, können Vorträge, Förderprogramme, Kampagnen oder Handwerksmessen das Thema in die Öffentlichkeit tragen. Weiter sind politische Entscheidungen, z. B. für produktionsfreundliche Gebietskategorien, zu forcieren.

**Makroebene (Stadt):** Zur Förderung urbaner Produktion ist eine gesamtstädtische Strategie sowie ein sektorenübergreifendes Commitment zwischen Stadtplanung, Wirtschaftsförderung, Unternehmen und Zivilgesellschaft zu empfehlen. Neben einer kontinuierlichen Leerstandserhebung und -vermittlung kann ein integriertes Flächennutzungskonzept (Beispiel Wien: Fachkonzept „Produktive Stadt“) Produktionsbetriebe im Stadtgebiet vor Flächendruck und Verdrängung schützen.

**Mesoebene (Quartier):** Stadtteilagenturen können urbane Produzentinnen/Produzenten durch Flächenmanagement, Vermittlung und Stadtteiffonds unterstützen.

Lokale Unternehmenszusammenschlüsse (z. B. Werbegemeinschaften, Genossenschaften o. ä.), Unternehmensengagement im Stadtteil und die Beteiligung der Zivilgesellschaft (z. B. in Form von Stadtteiffesten) tragen zu einer Identifikation und Netzwerkbildung bei (Beispiel Wuppertal: Ölberg).

**Mikroebene (Immobilie):** In Kooperation mit den Eigentümerinnen und Eigentümern ermöglichen Zwischennutzungen die Attraktivität der Immobilie zu steigern bzw. diese sichtbar zu machen sowie neue Unternehmenskonzepte zu testen, die potenziell in einer Verstetigung münden können. Weiter dienen offene Werkstätten als Inkubationsräume, in denen Nutzende neue Produkte ohne finanziellen Druck entwickeln und mit anderen Produzentinnen/Produzenten kooperieren können.

## Fazit

Die Bedingungen zur Etablierung urbaner Produktion sind je nach Standort unterschiedlich. Zur Stärkung endogener Potenziale müssen deshalb stets die lokalen Voraussetzungen berücksichtigt werden. In strukturschwachen Quartieren kann es anfangs notwendig sein, die Selbstwirksamkeit der Bewohnerinnen und Bewohner und ansässigen Unternehmen zu stützen, da dort wenig wirtschaftliche Eigendynamik vorherrscht. Das Projekt zeigt durch den entstandenen Verein in Werne/Langendreer-Alter Bahnhof, dass eine solche Aktivierung möglich ist. Weiter ist eine vertrauensbildende Zusammenarbeit zwischen den beteiligten Akteursgruppen (städtische Akteure, Zivilgesellschaft, Unternehmen, Anwohnende, Immobilieneigentümerinnen und -eigentümer) notwendig, da diese unterschiedliche und teils konträre Interessen vertreten.

Welche Wirkung die reintegrierte urbane Produktion auf Wirtschaft und Quartiersentwicklung hat, kann nur schwer vorausgesagt werden, da unkontrollierbare Randbedingungen vorherrschen und die Effekte bisher schwer messbar sind. Dies gilt ebenfalls für die Reallabore und den Maßnahmenkatalog, deren Einflüsse nur langfristig evaluiert werden können und deshalb über die Projektlaufzeit hinaus beobachtet bleiben sollten.

**Projektinformationen //**  
[www.urbaneproduktion.ruhr](http://www.urbaneproduktion.ruhr)

**Aktuelle Publikation //**  
SCHONLAU, M., K. MEYER und A. LINDNER, 2019. *Erfolgsfaktoren und Hemmnisse zur Realisierung Urbaner Produktion in Reallaboren*. Real Corp 2019 Proceedings/Tagungsband 2-4 April. Wien.

**Quellen //**

Autorengruppe Bildungsberichterstattung, 2012. *Bildung in Deutschland 2012. Ein indikatorengestützter Bericht mit einer Analyse zur kulturellen Bildung im Lebenslauf*. Bielefeld: W. Bertelsmann Verlag.

BOHNSACK, Ralf (2014): *Rekonstruktive Sozialforschung. Einführung in qualitative Methoden*. 9. Auflage. Opladen: Verlag Barbara Budrich (UTB Erziehungswissenschaft, Sozialwissenschaft).

BRÜGGEMANN, Tim und Sylvia RAHN, 2013. Zur Einführung: Der Übergang Schule-Beruf als gesellschaftliche Herausforderung – Entwicklung, rechtliche Verankerung und pädagogischer Auftrag der Berufsorientierung. In: Tim BRÜGGEMANN und Sylvia RAHN, Hrsg. *Berufsorientierung. Ein Lehr- und Arbeitsbuch*. Münster: Waxmann (Waxmann Studium), S. 11-20.

DRESSEL, Kathrin, 2012. *Berufsberaterinnen und Berufsberater der Bundesagentur für Arbeit und ihre Rolle als institutionelle Gatekeeper am Übergang in betriebliche Ausbildung*. München: Verlag Dr. Hut (Sozialwissenschaften).

DRIESEL-LANGE, Katja und Ernst HANY, 2005. Berufsorientierung am Ende des Gymnasiums: Die Qual der Wahl. In: Bärbel KRACKE und Ernst HANY, Hrsg. *Schriften zur Berufsorientierungsforschung* (Heft 1). Erfurt: Universität Erfurt.

GEISSLER, Rainer, 2014. *Die Sozialstruktur Deutschlands*. 7. Auflage. Wiesbaden: Springer VS.

KOTTMANN, Marcus, 2019. Professionalisierung am Übergang Schule-Hochschule als strategisches Programm (am Beispiel der Westfälischen Hochschule). In: Cornelia DRIESEN und Angela ITTEL, Hrsg. *Der Übergang in die Hochschule. Strategien, Organisationsstrukturen und Best Practices an deutschen Hochschulen*. Münster: Waxmann, S. 199-211.

KRACKE, Nancy, Daniel BUCK und Elke MIDDENDORFF, 2018. Beteiligung an Hochschulbildung. Chancen(un)gleichheit in Deutschland. In: *DZHW Brief 03*, S. 1-8, zuletzt geprüft am 18.09.2018.

NRW-Zentrum für Talentförderung, 2018. *Teilhabe organisieren, Potenziale entfalten, Talente fördern*. Gelsenkirchen: Selbstverlag NRW-Zentrum für Talentförderung.

NRW-Zentrum für Talentförderung, 2019. *Talentscouting Grundverständnis. Aufsuchend, leistungsorientiert und langfristig*. Online verfügbar unter <https://nrw-talentzentrum.de/talentscouting/grundverstaendnis/>, zuletzt aktualisiert 2019, zuletzt geprüft am 15.01.2019.

SCHNEBEL, Stefanie, 2007. *Professionell beraten. Beratungskompetenz in der Schule*. Weinheim: Beltz (Beltz Pädagogik).

SOTZEK, Julia, Doris WITTEK, Anna RAUSCHENBERG, Ute HERICKS und Manuela KELLER-SCHNEIDER, 2017. Spannungsverhältnisse im Berufseinstieg von Lehrpersonen. Empirische Befunde einer rekonstruktiven Studie zu Habitus und Normen aus Perspektive der Dokumentarischen Methode. In: *Zeitschrift für Qualitative Forschung* (2), S. 315-333.

VESTER, Michael, 2013. Die selektive Bildungsexpansion. Die ständische Regulierung der Bildungschancen in Deutschland. In: Peter A. BERGER und Heike KAHLERT, Hrsg. *Institutionalisierte Ungleichheiten. Wie das Bildungswesen Chancen blockiert*. 3. Auflage. Weinheim: Beltz-Juventa (Bildungssoziologische Beiträge), S. 3970.

Vodafone Stiftung Deutschland, 2017. *Zehn Punkte für bessere Bildungschancen*. Unter Mitarbeit von Johanna BÖRSCH-SUPAN und Sebastian GALLANDER. Düsseldorf.

# Wie beraten Talentscouts Schülerinnen und Schüler aus Risikolagen?

## Eine qualitativ-rekonstruktive Untersuchung zur Beratungspraxis der NRW-Talentscouts

Seit der Bildungsexpansion in den 1960er Jahren, durch welche immer mehr junge Menschen einen mittleren beziehungsweise einen höheren Bildungsabschluss erwerben (Geißler 2014, S. 334), werden die damit einhergehenden Auswirkungen auf den bevölkerungsgruppenspezifischen Erwerb von Bildungsabschlüssen in einer Reihe wissenschaftlicher Ausarbeitungen untersucht. Diesen nach liegt eine selektive Bildungsexpansion (Vester 2013) vor, die insbesondere zu einer Benachteiligung von Jugendlichen aus einer sozialen, finanziellen und/oder der Risikolage eines bildungsfernen Elternhauses geführt hat (Autorengruppe Bildungsberichterstattung 2012, S. 26–27).

Trotz vorhandener Beratungsangebote am Übergang zur Sekundarstufe II, wie bspw. durch Lehrkräfte, Beraterinnen und Berater der Bundesagentur für Arbeit oder auch Studienberaterinnen und -berater von Hochschulen und insgesamt steigenden Studierendenzahlen, hat sich an den herkunftsbedingten Unterschieden beim Zugang zu den Hochschulen kaum etwas geändert. So nehmen derzeit von 100 Akademikerkindern 79 % ein Studium auf, während sich nur 27 % der Kinder aus Nicht-Akademikerfamilien für ein Studium entscheiden (Kracke et al. 2018, S. 4). Zudem weisen Studien zu Berufsverläufen von Jugendlichen darauf hin, dass viele in ihrem Prozess der Studien- oder Berufsfindung unsicher sind, wobei Jugendliche aus Nicht-Akademikerfamilien in höherem Maße zusätzlichen Beratungsbedarf artikulieren (Vodafone Stiftung Deutschland 2017, S. 31). Hier setzt das Talentscouting an. Im Rahmen dieses Programms beraten derzeit 70 Talentscouts von 17 Hochschulen aus ganz Nordrhein-Westfalen an über 360 Berufskollegs, Gesamtschulen und Gymnasien über 15 000 Jugendliche (NRW-Zentrum für Talentförderung 2019). Ein Großteil dieser Schülerinnen und Schüler, welche aus Nicht-Akademikerfamilien stammen, erzielen trotz teilweise schwieriger Rahmenbedingungen gute Leistungen in ihrem Lebenskontext (Kottmann 2019, S. 206). Entsprechend wird durch das Programm insbesondere die vorangehend dargestellte Gruppe der Jugendlichen, die vergleichsweise selten ein Studium aufnimmt, erreicht (NRW-Zentrum für Talentförderung 2018).

Erste Äußerungen von teilnehmenden Schülerinnen und Schülern deuten darauf hin, dass die Talentscouts positive Entwicklungen in deren Bildungsbiografien angestoßen haben könnten (NRW-Zentrum für Talentförderung 2018). Da bislang noch keine Forschungsarbeiten zu den Tätigkeiten von Talentscouts vorliegen, lautet die Forschungsfrage: Wie beraten die Talentscouts die Jugendlichen? Angesichts dieser Forschungslücke soll die konkrete Beratungspraxis in den Fokus der Untersuchung gestellt werden. Die Ergebnisse der Forschung können dabei nicht nur für die Talentscouts selbst von Interesse sein, um bspw. Ansatzpunkte der Professionalisierung abzuleiten, sondern auch Impulse für andere Beraterinnen und Berater im Bereich der Studien- und Berufsorientierung liefern, die mit Jugendlichen aus Risikolagen arbeiten.



**Jana Krüger, M.A.**  
NRW-Zentrum für  
Talentförderung  
Tel.: + 49 209 947 638  
155  
jana.krueger@w-hs.de

### Forschungen zur Beratung am Übergang zur Sekundarstufe II

In einschlägigen Studien wird die Relevanz der individuellen Beratung von Schülerinnen und Schülern in der Phase der Studien- und Berufsorientierung hervorgehoben (Brüggemann und Rahn 2013, S. 12). Für diese Untersuchung scheint, unter anderem auch aufgrund bislang noch ausstehender Forschungsergebnisse zu den Talentscouts,

der Zugang zum Forschungsfeld über Studien zu anderen am Übergang der Sekundarstufe II professionell und übergreifend beratenden Akteuren geeignet.

Die wissenschaftliche Auseinandersetzung mit deren Beratungsangeboten erfolgt allerdings vorwiegend in Form von Evaluationen der Rahmenbedingungen ihrer Tätigkeit oder mit Fokussierung auf ihr Fachwissen, was in der Forschung auch als expliziter Wissensbestand bezeichnet wird (Dressel 2012, S. 82; Driesel-Lange und Hany 2005, S. 17; Schnebel 2007, S. 25). So liegt nur eine vergleichsweise geringe Anzahl von Untersuchungen vor, in denen die Beratungspraxis der Akteure erforscht wird. Dies weist auf eine entsprechende Forschungslücke hin, welche das oben dargelegte Forschungsinteresse zusätzlich stärkt.

### Methodisches Vorgehen

Einen Zugang zur Beratungspraxis kann durch Rückgriff auf die handlungsleitenden Orientierungen, welche über ein qualitatives Forschungsdesign rekonstruiert werden, erhalten werden. Demnach soll die Beratungspraxis der Talentscouts hinsichtlich der Erfahrungen, die dieser zugrunde liegen, qualitativ untersucht werden. Da diese in Gruppendiskussionen aktualisiert werden, eignet sich diese Methode zur Erforschung ihrer Beratungspraxis (Bohnsack 2014, S. 109). Entsprechend sollen Gruppendiskussionen mit durchschnittlich fünf Talentscouts durchgeführt werden, welche mittels der dokumentarischen Methode nach Bohnsack (2014) ausgewertet werden.

In der Auswertung stehen insbesondere die erzählenden und beschreibenden Abschnitte der Gruppendiskussion im Fokus, da dort die Struktur der Handlungspraxis der Talentscouts dokumentiert ist (Sotzek et al. 2017, S. 321). Diese Wissensbestände stehen in einem Spannungsverhältnis zu den kommunikativen Wissensbeständen, welche auf Normen basieren und insbesondere in argumentativen Äußerungen enthalten sind. Zur Erforschung der handlungsleitenden Orientierungen werden diese daher forschungspraktisch von den kommunikativen Wissensbeständen abgetrennt. Entsprechend werden dann die habituellen Orientierungen der Talentscouts, die ihre Beratungspraxis bedingen, rekonstruiert.

## Die „ökonomische Analyse des Rechts“ als interpretatives, konvergenzforcierendes Leitmotiv der Europäischen Grundfrei- heiten

Prof. Dr. Mike Wienbracke

### I. Einführung

Neben der Förderung des Friedens und der in Art. 2 EUV aufgezählten Werte benennt Art. 3 Abs. 1 EUV das – v.a. ökonomische<sup>1</sup> – Wohlergehen ihrer Völker als weiteres<sup>2</sup> Ziel der EU, welches in Art. 3 Abs. 3 UAbs. 1 S. 2 EUV näher konkretisiert wird.<sup>3</sup> Danach wirkt die EU insbesondere auf die nachhaltige Entwicklung Europas auf der Grundlage eines ausgewogenen Wirtschaftswachstums und von Preisstabilität sowie auf eine in hohem Maße wettbewerbsfähige soziale Marktwirtschaft (vgl. auch Art. 119 Abs. 1 AEUV), die auf Vollbeschäftigung und sozialen Fortschritt abzielt, hin.

Zu diesem Zweck errichtet die EU nach Art. 3 Abs. 3 UAbs. 1 S. 1 EUV einen Binnenmarkt. Darunter ist nicht nur gem. Art. 26 Abs. 2 AEUV ein Raum ohne Binnengrenzen zu verstehen, in dem der freie Verkehr von Waren, Personen, Dienstleistungen und Kapital gemäß den Bestimmungen der Verträge, d.h. des EUV und des AEUV (Art. 1 Abs. 2 AEUV), gewährleistet ist, sondern zudem ein System, das den Wettbewerb generell vor Verfälschungen schützt, siehe Art. 51 EUV i.V.m. Protokoll Nr. 27 über den Binnenmarkt und den Wettbewerb<sup>4</sup>; vgl. auch Art. 3 Abs. 1 lit. b) AEUV.

Dieser Binnenmarktphilosophie wiederum liegt das letztlich auf *Adam Smith*<sup>5</sup> und *David Ricardo*<sup>6</sup> rückführbare Bestreben einer möglichst effizienten Allokation wirtschaftlicher Ressourcen zugrunde,<sup>7</sup> vgl. auch Art. 120 S. 2 AEUV. Die Produktionsfaktoren „Arbeit“,

<sup>1</sup> *Ruffert*, in: Calliess/Ruffert, EUV/AEUV, 5. Auflage 2016, Art. 3 EUV Rn. 21.

<sup>2</sup> Zu den Friedenseffekten, die von einer ökonomischen Verflechtung mit Wohlstandseffekten für das Verhältnis zwischen den Mitgliedstaaten in der Politikwissenschaft angenommen werden, siehe *Müller-Graff*, in: von der Groeben/Schwarze/Hatje, Europäisches Unionsrecht, 7. Auflage 2015, Art. 34 AEUV Rn. 4 m.w.N. Der Binnenmarkt ist letztlich daher sowohl Integrationsziel als auch -mittel, siehe *Ruffert*, in: Calliess/Ruffert, EUV/AEUV, 5. Auflage 2016, Art. 3 EUV Rn. 22.

<sup>3</sup> *Becker*, in: Schwarze, EU-Kommentar, 3. Auflage 2012, Art. 3 EUV Rn. 3 f.

<sup>4</sup> ABl. EU C 115 vom 9.5.2008, S. 309.

<sup>5</sup> *Smith*, An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations, 1776.

<sup>6</sup> *Ricardo*, On the Principles of Political Economy and Taxation, 1817.

<sup>7</sup> *Epiney*, in: Bieber/Epiney/Haag/Kotzur, Die Europäische Union, 12. Auflage 2016, § 10 Rn. 1; *Franck/Purnhagen*, in: Mathis: Law and Economics in Europe, 2014, S. 329 (330 f.); *Frenz*, Handbuch



# „Ökonomische Analyse des Rechts“

## als interpretatives, konvergenzforcierendes Leitmotiv der Europäischen Grundfreiheiten

Neben der Förderung des Friedens und der in Art. 2 EUV genannten Werte benennt Art. 3 Abs. 1 EUV als weiteres Ziel der EU das – v.a. ökonomische – Wohlergehen ihrer Völker. Zu diesem Zweck hat sie nach Art. 3 Abs. 3 UAbs. 1 S. 1 EUV bekanntlich einen Binnenmarkt zu errichten. Darunter ist nicht nur gem. Art. 26 Abs. 2 AEUV ein Raum ohne Binnengrenzen zu verstehen, in dem der freie Verkehr von Waren, Personen, Dienstleistungen und Kapital gemäß den Bestimmungen der Verträge, d.h. des EUV und des AEUV (Art. 1 Abs. 2 AEUV), gewährleistet ist, sondern zudem ein System, das den Wettbewerb generell vor Verfälschungen schützt, siehe Art. 51 EUV i.V.m. Protokoll Nr. 27 über den Binnenmarkt und den Wettbewerb.

Dieser sog. Binnenmarktphilosophie liegt das auf *Adam Smith* und *David Ricardo* rückführbare Bestreben einer möglichst effizienten Allokation wirtschaftlicher Ressourcen zugrunde. Basierend auf dem Prinzip des komparativen Kostenvorteils sollen Wohlfahrtseffekte erzielt werden.

Als Instrumente zur Herstellung eines derartigen *level playing field* benennt Art. 26 Abs. 1 AEUV den Erlass der hierfür erforderlichen Maßnahmen durch die EU nach Maßgabe der einschlägigen Bestimmungen der Verträge. Soweit es an derartigem Sekundärrecht jedoch fehlt, kommt insbesondere den Europäischen Grundfreiheiten als eine Art Mindestharmonisierung die Aufgabe zu, im Wege der sog. negativen Integration ungerechtfertigte Hindernisse für den EU-binnengrenzüberschreitenden Wirtschaftsverkehr im Einzelfall zu beseitigen. Die diesbezüglichen Vorschriften der Art. 28 ff. AEUV gewährleisten den transnationalen Marktzugang gerade auch im Interesse der gesamtwirtschaftlichen Effizienz.

### Ökonomischer Telos

Diese ökonomische Binnenmarktzielsetzung drängt richtigerweise nachgerade zu einer „wirtschaftlichen Betrachtungsweise“ im Rahmen der teleologischen Auslegung der Grundfreiheiten als primärrechtlich designierten Binnenmarktverwirklichungsinstrumenten. Genauer: Die Art. 28 ff. AEUV sind auf der Schutzbereichs-, der Eingriffs- und partiell der Schranken-Schranken-Ebene extensiv dahingehend zu interpretieren, dass mit ihrer Hilfe namentlich die von der Kommission in ihrem Weißbuch zur Vollendung des Binnenmarktes identifizierten materiellen, technischen und steuerlichen Schranken zwischen den Einzelmärkten der Mitgliedstaaten möglichst beseitigt werden. Verstärkt wird das Gewicht dieses Ansatzes noch dadurch, dass der teleologischen Interpretation im Kontext des EU-Rechts *per se* eine gesteigerte Bedeutung zukommt sowie durch den *topos des effet utile*.

### Juristisch eingehegte Interdisziplinarität

Hingegen ist *de lege lata* dem Rechtsanwender eine „ökonomische Interpretation“ der Art. 28 ff. AEUV m.E. insoweit verwehrt, als die jeweils gerade außerökonomische Zwecke verfolgenden Bereichsausnahmegesetze und geschriebenen Rechtfertigungsgründe in Rede stehen. M.a.W.: Das Streben nach ökonomisch effizienter Ressourcenallokation und damit einhergehend einer demgemäßen Auslegung der Grundfreiheitsvorschriften findet in Art. 3 EUV und Art. 26 Abs. 2, Art. 28 ff. AEUV zwar seine juristisch-normative Grundlage; zugleich aber limitieren diese Bestimmungen – wie fernerhin die normhierarchisch jeweils gleichrangigen Vorschriften des EUV (Art. 1 Abs. 2 S. 2 AEUV), der EU-GrCh (Art. 6 Abs. 1 UAbs. 1 Hs. 2 EUV) und die allgemeinen Rechtsgrundsätze des EU-Rechts (vgl. Art. 340 Abs. 2 AEUV) – diese Öffnung der Rechtswissenschaft für die von den verschiedenen ökonomischen Schulen entwickelten Lösungsansätze.

### Fazit

Ist damit in Bezug auf die Europäischen Grundfreiheiten zugleich die Frage beantwortet, ob wirtschaftliche Argumente nicht im Gegenteil einzig *de lege ferenda* dem Gesetzgeber zustehen bzw. im Sinne der positiven ökonomischen Analyse des Rechts von exklusiv deskriptiv-analytischem Nutzen sind, so vermag die diesseits befürwortete Ansicht nicht nur bisherige Judikate des EuGH im Bereich der Grundfreiheiten vermeintlich „besser“ und in womöglich akzeptanzsteigernder Weise zu „erklären“ – etwa deren Extension von ihrer Ursprungsdimension als bloßen Diskriminierungs- hin zu umfassenden Beschränkungsverboten. Vielmehr verstärkt die uniforme Binnenmarktzielsetzung der Grundfreiheiten deren Konvergenz und streitet darüber hinaus zugunsten einer unmittelbaren horizontalen (Dritt-)Wirkung sämtlicher Grundfreiheiten im Verhältnis Privater untereinander.

### Aktuelle Publikation zum Thema //

WIENBRACKE, M. Die „ökonomische Analyse des Rechts“ als interpretatives, konvergenzforcierendes Leitmotiv der Europäischen Grundfreiheiten. In: *ReWir* Nr. 45/2018.



Prof. Dr. iur. Mike  
Wienbracke, LL. M.  
(Edinburgh)

Tel.: +49 2361 915-434  
mike.wienbracke@  
w-hs.de

## MARG-Sensor

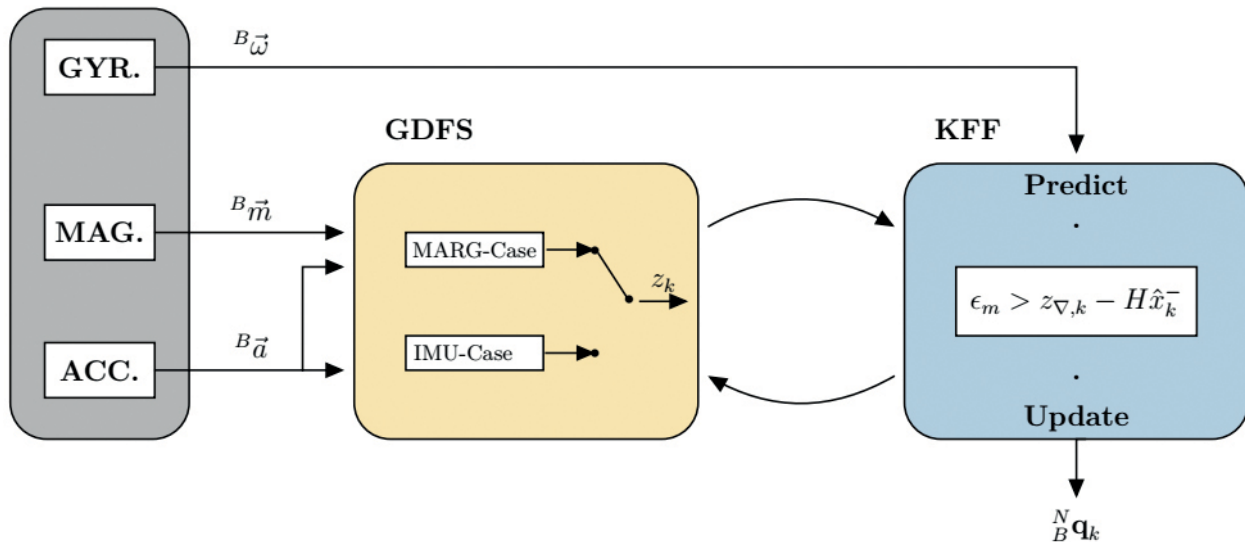


Abb. 1:

Schematische Darstellung einer Sensordatenfusion für kurzzeitige Kompensation von Magnetfeldstörungen, wobei GDFS für Gradient Descent Filter Stage steht und KFF für Kalman Filter Framework. Eine Magnetfeldstörung wird durch einen Schwellwert indiziert und an den GDFS kommuniziert. Dieser schaltet zwischen MARG- (keine Störung) und IMU-Modus (Magnetfeldstörung) zur kurzzeitigen Kompensation um.

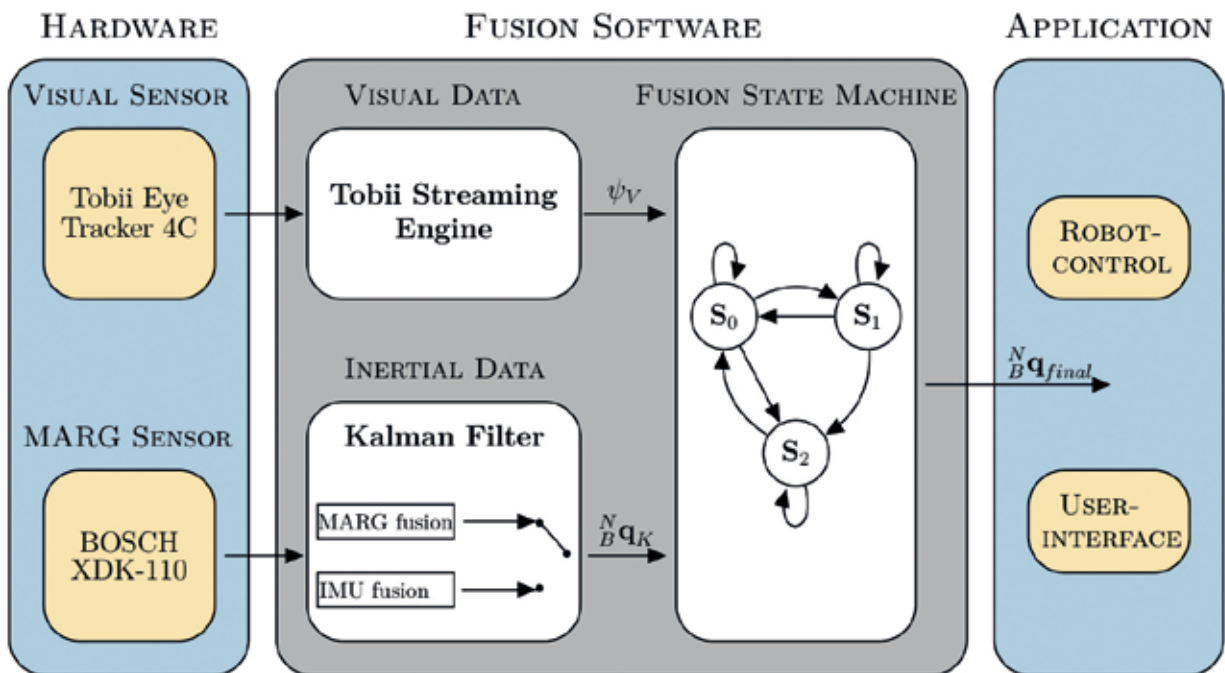


Abb. 2:

Schematische Darstellung eines Filters zur robusten Berechnung von Kopforientierungen mittels Multisensordatenfusion. Das Filter nutzt dabei den Ansatz aus Abb.1 zur Berechnung einer Orientierung mittels MARG-Sensoren als auch ein stationäres Videotracking-System. Ein endlicher Zustandsautomat fusioniert die Datenströme, abhängig von Art und Auftreten magnetischer Störquellen.

## Projektinformationen //

Dieses Forschungsprojekt wird durch das BMBF gefördert. Die Projektlaufzeit beträgt 4 Jahre, 7/2017-7/2021. Das Forschungsprojekt „MIA - Mensch Roboter Interaktion im Arbeitsleben Bewegungseingeschränkter Personen“ ist eine BMBF-Fördermaßnahme im Rahmen der Förderlinie „IngenieurNachwuchs – Kooperative Promotion“ im Aktionsfeld „Innovative Dienstleistungen für Zukunftsmärkte“.

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

# MIA – Robuste Sensorsysteme für die Mensch-Roboter Interaktion

Die Interaktion und Kollaboration zwischen Menschen und Maschine gewinnt innerhalb des Kontextes Industrie 4.0 immer mehr an Bedeutung. An Arbeitsplätzen, an denen eine direkte Interaktion zwischen Menschen und Roboter besteht, benötigt der Mensch robuste und sichere Eingabe- bzw. Kommunikationsmodalitäten, um mit einem Roboter zu kommunizieren oder diesen anzuweisen einer Tätigkeit nachzukommen. Die Hände eines Menschen sind innerhalb solcher Arbeitsplätze häufig belegt. Dadurch sind Modalitäten zur Interaktion gefragt, welche ohne händische Betätigung bzw. Beteiligung genutzt werden können.

## Forschungsziel

Als Teil des BMBF-Projekts „MIA“ werden in der Arbeitsgruppe „Sensortechnik und Aktorik“ innovative Sensorsysteme sowie Methoden und Algorithmen entwickelt, die eine robuste Berechnung von Steuergrößen für die Mensch-Roboter Interaktion ermöglichen. Hierbei liegt der Fokus insbesondere auf der robusten Ermittlung von Kopfbewegungen im 3D-Raum als Kommunikationsmodalität bzw. Eingabemodalität zur Steuerung robotischer Systeme. Zu diesem Zweck werden vor allem Magnetic, Angular Rate and Gravity-, kurz MARG-Sensoren genutzt.

## Sensortechnologie und Datenfusion

Eine der vielversprechendsten Technologien im Bereich der Orientierungsermittlung stellen MARG-Sensoren dar. Diese in MEMS-Technologie hergestellten Sensoren bieten bei minimaler Größe eine hochintegrierte und abgeschlossene Lösung zur Erfassung von Bewegung im dreidimensionalen Raum. Dabei besteht diese Art von Sensor aus zwei unterschiedlichen Typen von Inertialsensoren, einem 3-Achsen-Beschleunigungssensor und einem 3-Achsen-Drehratensensor. Außerdem befindet sich in einem MARG-Sensor ein 3-Achsen-Magnetfeldsensor. Ein Drehratensensor wird auf einen Körper montiert und misst die Winkelgeschwindigkeit bzw. Drehrate des Körpers bei einer Rotation. Durch Integration dieser ergibt sich eine relative Orientierungsänderung, d. h. der Drehwinkel. Drehratensensoren unterliegen aufgrund von sogenannten DC-Offset-Schwankungen einer Drift. Innerhalb eines Integrationsprozesses wird diese aufsummiert, wodurch die relative Orientierungsänderung einen Fehler erhält und über die Zeit anwächst. Zur Korrektur dieses Offsets werden der Beschleunigungssensor sowie ein Magnetfeldsensor eingesetzt. Diese Sensoren liefern eine absolute Orientierung des Körpers bezüglich der Erdbeschleunigung sowie des geomagnetischen Nordpols. Die absolute Orientierung wird genutzt, um den Offset des Drehratensensors in allen drei Achsen zu kompensieren.



**Lukas Wöhle, M.Sc.**  
Tel.: +49 209 9596-380  
lukas.woehle@w-hs.de



**Prof. Dr. Marion Gebhard**  
Westfälisches Institut für Gesundheit  
Tel.: +49 209 9596-378  
marion.gebhard@w-hs.de

Beschleunigungssensoren erfassen neben der Erdbeschleunigung auch lineare Beschleunigungen. Bei schnellen Bewegungen kann also die gemessene Richtung der Erdbeschleunigung verfälscht sein. Unterliegt der MARG-Sensor magnetischen Störfeldern, welche nicht in die Richtung des magnetischen Nordpols zeigen, wird die Orientierungslösung stark verfälscht.

Zur Lösung dieser Problematik werden Methoden der Sensor- sowie Multisensordatenfusion erforscht und entwickelt, die eine robuste Kopfsteuerung ermöglichen. Unter anderem kann eine kurzzeitige Kompensation (vgl. Abb.1) mittels Abschaltens der Magnetfelddaten erfolgen, sobald eine magnetische Störung registriert wird. Dadurch werden lediglich die beiden Inertialsensoren, der Drehraten- sowie Beschleunigungssensor, genutzt (IMU-Modus). Falls die Magnetfeldstörung vernachlässigbar klein wird, werden die Magnetfelddaten wieder hinzugezogen. Es erfolgt also ein Wechsel in den sogenannten MARG-Modus. Dieser Ansatz liefert jedoch nur eine kurzzeitige Kompensation, da mit fortschreitender Dauer der Störung, die Orientierungslösung des IMU-Modus durch den Drehraten-Offset in einer Achse wieder verfälscht wird. Neben diesem Ansatz ist es ebenfalls möglich weitere Sensoren einzusetzen, welche die fehlende Referenz des Magnetfeldes auffangen sowie den Offset korrigieren können, u.a. durch den Einsatz eines videobasierten Kopftracking-Systems (vgl. Abb. 2). Die erforschten Ansätze zur Steigerung der Robustheit der Eingabemodalitäten sollen genutzt werden, um eine adaptive und robuste Mensch-Roboter Interaktion zu gewährleisten. Aufgrund der Adaptivität bzgl. der Umweltbedingungen ist die Interaktion prinzipiell überall einsetzbar.

## Aktuelle Publikation //

[1] WÖHLE L. and M. GEBHARD, 2018. A Robust Quaternion based Kalman Filter Using a Gradient Descent Algorithm for Orientation Measurement. In: *IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC)*.

[2] WÖHLE L., S. MILLER, J. GERKEN and M. GEBHARD, 2018. A Robust Interface for Head Motion based Control of a Robot Arm using MARG and Visual Sensors. In: *IEEE International Symposium on Medical Measurements and Applications (MeMeA)*.



Abb.1:  
**SMI Eye Tracking Glasses 2W**  
 Hinter dem getönten Glas befinden sich jeweils sechs Infrarot-LEDs pro Auge. Die beiden Augenkameras befinden sich in der Verdickung am unteren Rand der Brille. Die Umgebungskamera sitzt auf dem vorderen Steg der Brille.



Abb.2:  
 Der FSM-9 ist ein MARG-Sensor der Firma Hillcrest. Dieser fusioniert die Daten eines Beschleunigungs-, Drehraten- und eines Magnetfeldsensors mithilfe eines integrierten Mikroprozessors.

#### Projektinformationen //

Dieses Verbundprojekt „MobilLe – Physische Mensch-Roboter-Interaktion für ein selbstbestimmtes Leben“ (Förderkennzeichen: 16SV7866K) wird durch das BMBF gefördert. Die Projektlaufzeit beträgt drei Jahre, 07/2017 - 06/2020. Weitere Informationen zum Projekt unter: <https://www.technik-zum-menschen-bringen.de/projekte/mobile>

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

# MobLe – Multimodale Sensorsysteme zur Steuerung eines komplexen Robotersystems

Menschen, die aufgrund einer Krankheit oder eines Unfalls vom Hals abwärts gelähmt sind, sind bei der Verrichtung von alltäglichen Dingen, wie zum Beispiel Essen oder Trinken, auf Unterstützung angewiesen. Dies wird durch entsprechend ausgebildete Personen, den persönlichen Assistenten, gewährleistet. Gerade deswegen ist bei bewegungseingeschränkten Menschen der Wunsch, auch einmal ein paar Stunden eigenständig ohne Assistenten zu verbringen, sehr groß.

Im Rahmen des BMBF-Verbundprojekts *MobLe* werden innovative Steuerungsmodalitäten untersucht und umgesetzt. Die Arbeitsgruppe „Sensortechnik und Aktorik“ erforscht die Modalitäten zur Steuerung von Roboterarmen mit Greifern über Augen- und Kopfbewegungen. Das Anwendungsszenario befasst sich mit der Unterstützung beim Trinken. Der Roboterarm greift eine Flasche, füllt ein Glas mit Wasser und reicht das Glas bis in den Kopfbewegungsbereich des Nutzers. In unvorhersehbaren Situationen, wie z. B. einem fehlerhaften Einschenkvorgang greift der Nutzer ein und korrigiert den Vorgang.

## Funktionsweise Sensortechnologien

Zur Messung der Augenbewegung werden Elektrookulographie, kurz EOG sowie videobasierte Verfahren untersucht. In der EOG wird der beim Auge natürlich vorkommende elektrische Dipol ausgenutzt und mithilfe von Elektroden in der Nähe des Auges gemessen. Die auftretende Spannung ist proportional zum Drehwinkel des Auges. Videobasierte Eye-Tracker erfassen die Position der Pupille mithilfe einer Kamera und berechnen daraus den Blickwinkel.

Um Kopfbewegungen zu messen, werden mikromechanische Bewegungssensoren, die sogenannten Magnetic, Angular Rate and Gravity, kurz MARG-Sensoren eingesetzt. Mittels Sensorfusion der Daten von Beschleunigungs-, Drehraten- und Magnetfeldsensoren wird die Orientierung des Kopfes ermittelt. Durch den Beschleunigungs- und Magnetfeldsensor ist die Ebene senkrecht zur Gravitation sowie der magnetische Nordpol definiert. Dadurch besitzt der MARG-Sensor als abgeschlossenes System ein Referenzsystem und ist nicht auf aufwendige Installation von z. B. Markern in der Umgebung angewiesen. Zur Driftproblematik des Referenzsystems wird hier auf den Beitrag „MIA – Robuste Sensorsysteme für die Mensch-Technik Interaktion“ verwiesen.

Eine andere Möglichkeit der Erfassung der Kopfbewegung ist mittels Kameras, die im Infrarot-Bereich (IR-Bereich) arbeiten, gegeben. Dabei wird die Orientierung anhand bestimmter Landmarken im Gesicht, z. B. Lippen oder Augen, welche mittels optischer Bildverarbeitung erkannt und verfolgt werden, berechnet.

## Sensortechnologien und Ergebnisse

Zur Erfassung der Augen- und Kopfbewegungen wurden Tests mit kommerziell erhältlichen Systemen durchgeführt. Für das Eye-Tracking wurde die Brille ETG 2W der Firma SMI, sowie der stationäre Tracker 4C der Firma Tobii eingesetzt. Es wurde eine EOG-Brille der Firma JINS MEME getestet, sowie Elektroden und Verstärker der Firma G-Tec zur Messung der Augapfel-Bewegung benutzt. Die Kopfbewegungen wurden mit einem MARG-Sensor der Firma Hillcrest bzw. Bosch getestet.

Bei den Eye-Tracking- und EOG-Modalitäten verfolgt der Proband einen Punkt auf einem Bildschirm mit den Augen. Für die Messung zur Kopfbewegungserfassung mit MARG-Sensoren und IR-Kameras wurden genau definierte Bewegungen, Rotationen und Translationen des Kopfs, ausgeführt. Die Daten wurden jeweils mit den Vorgaben bzw. Referenzmessungen verglichen. Bei den Tests wurden die Störgrößen Sonnen- und Raumlicht und Magnetfelder eingebracht.

Die Auswertung der Tests hat ergeben, dass die Eye-Tracking-Brillen funktional und dabei sehr robust gegenüber äußeren Einflüssen, wie Magnetfeldern und Licht, sind. Aufgrund der hohen Abtastfrequenz können auch schnelle Augenbewegungen wie Sakkaden erfasst werden. Außerdem wurde gezeigt, dass es möglich und komfortabel ist, Gesten mithilfe der Augen auszuführen.

Bei der EOG-Brille konnte, aufgrund der mangelhaften Signalübertragung und Auflösung des Verstärkers, die Augenbewegung nicht erkannt werden. Die Messung mit einem konventionellen EOG ist besser geeignet. Der hier benutzte Verstärker ist hinsichtlich Größe und Preis im Rahmen der Spezifikationen nicht akzeptabel. MARG-Sensoren sind klein, leicht und günstig. Der Test hat gezeigt, dass die Auflösung der Kopfbewegungen sehr hoch ist. Der Sensor ist außerdem ein in sich geschlossenes System. Das IR-basierte Verfahren konnte nicht benutzt werden, während der Nutzer eine Brille trug. Außerdem funktioniert die Erfassung ab einem gewissen Drehwinkel nicht mehr, da der Algorithmus die Landmarken im Gesicht verliert und die Kopfposition nicht mehr berechnen kann.

Ergebnis aus den bisherigen Studien in *MobLe* ist neben der Spezifikation des Anwendungsszenarios zur Unterstützung beim Trinken, die Nutzung von MARG-Sensoren, Eyetracker-Brille und EOG zur Steuerung mit dem Kopf und den Augen. Als Nächstes wird ein Demonstrator entworfen, realisiert und getestet.



**Jeroen Schäfer, M. Sc.**  
Tel.: +49 209 9596-382  
jeroen.schaefer@  
w-hs.de



**Prof. Dr.  
Marion Gebhard**  
Westfälisches Institut  
für Gesundheit  
Tel.: +49 209 9596-378  
marion.gebhard@  
w-hs.de

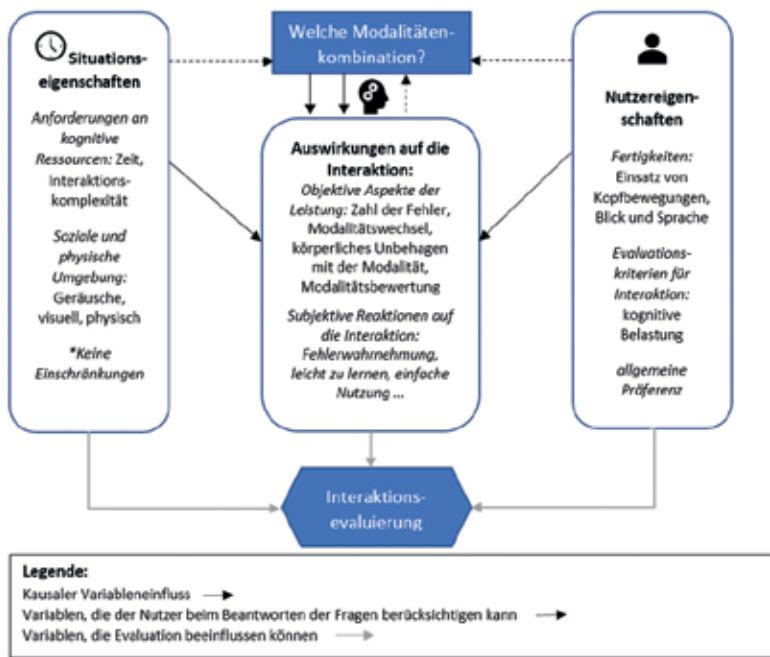


Abb. 1:  
Die im Experiment eingesetzten Variablen und ihre Beziehungen, die bei der Auswertung der Modalitätsauswahl berücksichtigt werden. Basierend auf dem Modell von Jameson & Kristensson [5].

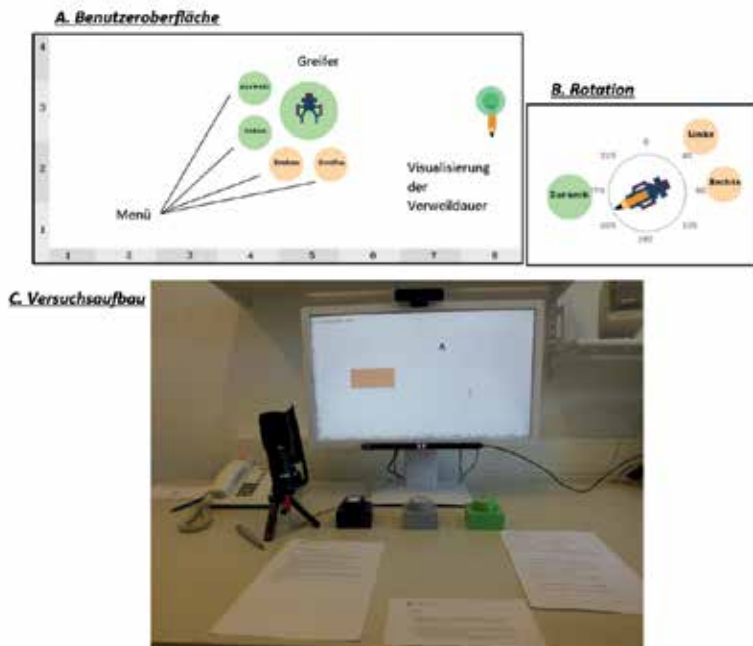


Abb. 2:

**A. Benutzeroberfläche:** Menü um den Greifer herum und Visualisierung der Verweildauer.  
**B. Rotation:** Interaktionsmöglichkeiten während der Rotation des Greifers, mit Optionen für das Rotieren.  
**C. Versuchsaufbau:** Drei verschiedenfarbige Taster für die jeweilige Modalität werden am unteren Rand des Bildschirms platziert. Das Mikrofon ist auf einer Seite des Bildschirms. In dieser Form wurde den Teilnehmern das Experiment präsentiert.

#### Quellen //

- [1] OVIATT, S, 1997. *Multimodal interactive maps: Designing for human performance*. Human-computer interaction. Vol. 12, no. 1, pp. 93-129.
- [2] MONSELL, S. and J. DRIVER, Eds., 2000. *Control of cognitive processes: Attention and performance XVIII*. Cambridge, Mass., London: MIT Press.
- [3] S. ZHAI, C. MORIMOTO, and S. IHDE, 1999. Manual and gaze input cascaded (MAGIC) pointing. In CHI 99: *The CHI is the limit, human factors in computing systems* : CHI 99 Conference proceedings / editors Marian G. WILLIAMS et al. Associate editor Steven PEMBERTON, Pittsburgh, Pennsylvania, United States, pp. 246-253.
- [4] CORBALLIS, M. C., 2003. From Hand to Mouth: The Gestural Origins of Language. In: M. H. CHRISTIANSEN and S. KIRBY, Eds. *Language Evolution*. Oxford University Press, pp. 201-218.
- [5] JAMESON, A. and P. O. KRISTENSSON, 2017. Understanding and supporting modality choices. In: S. OVIATT et al., Eds. *The Handbook of Multimodal-Multisensor Interfaces: Foundations, User Modeling and Common Modality Combinations - Volume 1*. ACM, pp. 201-238.

#### Projektinformationen //

Diese Forschungsarbeit ist Teil des Projekts MIA – „Mensch-Roboter Interaktion im Arbeitsleben bewegungseingeschränkter Personen“. MIA wird unter der BMBF-Fördermaßnahme im Rahmen der Förderlinie „IngenieurNachwuchs – Kooperative Promotion“ unter dem Aktionsfeld „Innovative Dienstleistungen für Zukunftsmärkte“ gefördert.



# Der Faktor Mensch bei der Wahl von Interaktionsmodalitäten

Die Menschen interagieren mit ihrer Umgebung multimodal [1], deshalb müssen diese natürlichen Interaktionsmuster auch bei der Interaktion mit Technologie unterstützt werden. Die Erforschung multimodaler Interaktionsformen hat seit den 1990er-Jahren eine rapide Entwicklung genommen, indem verschiedenste Kombinationen aus Modalitäten, wie Sprache, Blick, Hand und Bewegungen des Körpers, untersucht wurden [2–4].

Ein Teil der Forschung konzentrierte sich auf den Vergleich von Effektivität und Effizienz unterschiedlicher Interaktionsmodalitäten in digitalen Umgebungen. Es ist jedoch nur wenig darüber bekannt, wie sich ein Nutzer in einer Umgebung verhält, in der er die freie Wahl aus einer Reihe von Modalitäten hat. In dieser Forschungsarbeit betrachten wir die Faktoren, welche die Wahl der Eingabe-Modalität beeinflussen. Hierzu wurde eine Studie durchgeführt, welche die Modalitätsauswahl in einer Interaktionsumgebung, die ohne den Einsatz der Hände auskommt, untersucht.



**Stephanie Arévalo**  
Tel. +49 209 9596-751  
stephanie.arevalo@w-hs.de



**Stanislaw Miller**  
Tel. +49 209 9596-736  
stanislaw.miller@w-hs.de



**Martha Janka**  
Tel. +49 209 9596-735  
martha.janka@w-hs.de



**Prof. Dr. Jens Gerken**  
Tel. +49 209 9596-739  
jens.gerken@w-hs.de

## Versuchsaufbau und Evaluation

Das Experiment wurde mit dem Ziel gestaltet, das Verhalten von Nutzern bei der Modalitätsauswahl unter sich ändernden Umgebungsbedingungen besser verstehen zu können. Beim Nutzungsszenario haben wir uns für die Systemsteuerung in einer industriellen Arbeitsplatzumgebung entschieden, bei der ein Nutzer ein ferngesteuertes System bedient, etwa ein Robotersystem in der Produktion. Bei solchen Arbeitsplatzsituationen ändern sich in der Regel die Umgebungsbedingungen häufig, da sich verschiedene Ablenkungen (visuell, akustisch) oder die Komplexitätsgrade der Aufgabe auf die Ausführung der Aufgabe auswirken können. Das Experiment legte den Schwerpunkt auf die Beweggründe, die der Wahl einer Modalität ohne Einsatz der Hände (Blicke, Kopfbewegungen, Sprache) zugrunde liegen, wenn eine Benutzungsschnittstelle unter sechs verschiedenen Bedingungen (Geräusche, Zeitdruck, Interaktionskomplexität, visuelle Ablenkung, körperliche Einschränkungen, keine) gesteuert wird. Jede Einschränkung hatte das Ziel, den Einsatz einer bestimmten Modalität zu behindern.

Die Überlegungen zum Experiment gründeten auf einem Modell, das von Jameson & Kristensson [5] beschrieben wurde. Es arbeitet mit drei Gruppen von Variablen, die einen Einfluss auf die Wahl der Modalität haben: die Eigenschaften der Situation, die von den Änderungen in der Umgebung vorgegeben werden; die Auswirkungen auf die Interaktion, die von der Erfahrung mit dem Einsatz einer Modalität bei der Durchführung einer Aufgabe bestimmt werden und die Eigenschaften des Nutzers, die durch seine individuellen Fertigkeiten und sein Leistungsvermögen bedingt werden.

Im Laufe des Experiments lernten die Teilnehmer in einer Trainingsphase, wie

sie jede der Modalitäten einzeln einsetzen können. Diese Aufgabe bestand aus: einen Gegenstand auswählen, bewegen und rotieren. Ziel der Trainingsphase war, die Teilnehmer mit dem Einsatz einer jeden Modalität und den Interaktionen zur Erfüllung der Aufgabe vertraut zu machen. Dann wechselten die Teilnehmer zu der tatsächlichen Aufgabe, wo sie frei eine Modalität oder eine Kombination von Modalitäten wählen mussten, mit der bzw. mit denen sie die Aufgabe effektiv unter den gegebenen Bedingungen durchführen konnten. Den Teilnehmern war mitgeteilt worden, dass sie die Modalitäten frei nach ihren Vorlieben jederzeit während des Experiments ändern oder kombinieren können.

## Ergebnisse

Nach der Erhebung der Daten aus dem Experiment wurden dessen Ergebnisse in Beziehung zum Jameson & Kristensson-Modell ausgewertet (siehe Abb. 1). Dabei stellte sich heraus, dass die Eigenschaften eines Nutzers einen größeren Einfluss auf die Modalitätswahl haben als die Situationseigenschaften (die Experimentbedingungen). Die Nutzeigenschaften, die sich in den Ergebnissen zeigen, waren unter anderem: persönliche Vorlieben, Fertigkeiten und Leistungsvermögen. Insbesondere bestimmen die Fertigkeiten und das Leistungsvermögen den Grad der Beherrschung einer Modalität, was sich wiederum auf die Art und Weise auswirkt, wie ein Nutzer eine Modalität auswählt. Auch die „Auswirkungen auf die Interaktion“, wie etwa die Erfahrung (Schnelligkeit, Erfolgsquote und Fehler), spielen eine wichtige Rolle. Sie bestimmen, wie eine Modalität wahrgenommen und letztlich bewertet wird.

Die interessanteste Erkenntnis in diesem Experiment betrifft die Art und Weise, wie zwischen Modalitäten gewechselt wird. Bei etwa dem gleichen Prozentsatz der Versuche wechselten die Nutzer unter veränderten Bedingungen entweder überhaupt nicht die Modalität oder mehrere Male. In der zweiten Gruppe, den „Modalitätswechslern“ gab es drei Verhaltensmuster: eine Gruppe, die versuchte, die beste Modalitätenkombination zu finden, also eine „Kombinationsstrategie“; eine Gruppe mit Einmal-Wechslern, die eine „Eine-Modalität-Strategie“ einsetzte und die „fehlerorientierten Wechsler“, die eine andere Modalität wählten, wenn sie mit ihrer vorher frei gewählten Modalität auf Probleme stießen.

Anhand dieser Ergebnisse ist es wichtig, die Nutzer bei einer multimodalen Schnittstelle bei der richtigen Wahl zu unterstützen. Ohne diese Unterstützung besteht die Gefahr, dass Nutzer bei einer (suboptimalen) Modalität bleiben, anstatt eine Modalität zu wählen, die unter den jeweils gegebenen Bedingungen besser funktioniert.

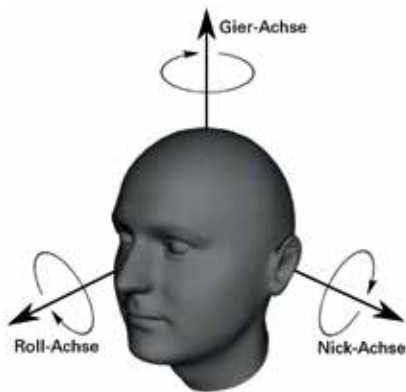


Abb.1:  
**Bewegungsachsen des menschlichen Kopfes**

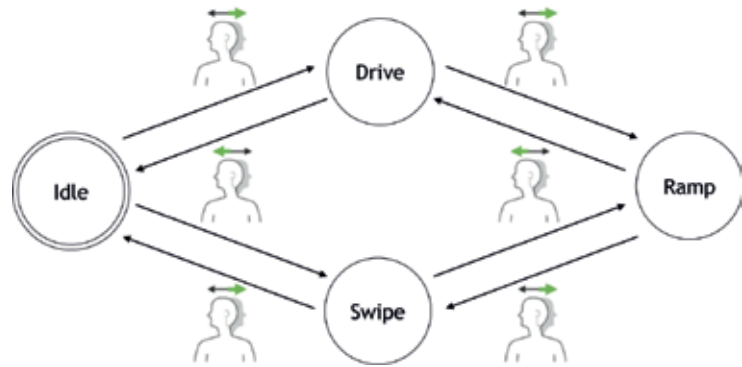


Abb. 2:  
Die Modi sind in einem geschlossenen Ring angeordnet und können durch Kopfbewegungen entlang der Gier-Achse in beide Richtungen umgeschaltet werden.



Abb. 3:  
**SwipeBuddy im Fahrmodus**  
Der Benutzer steuert den Roboter mittels Kopfbewegungen. Die weißen Frontscheinwerfer sind eingeschaltet und der Raupenantrieb leuchtet grün.

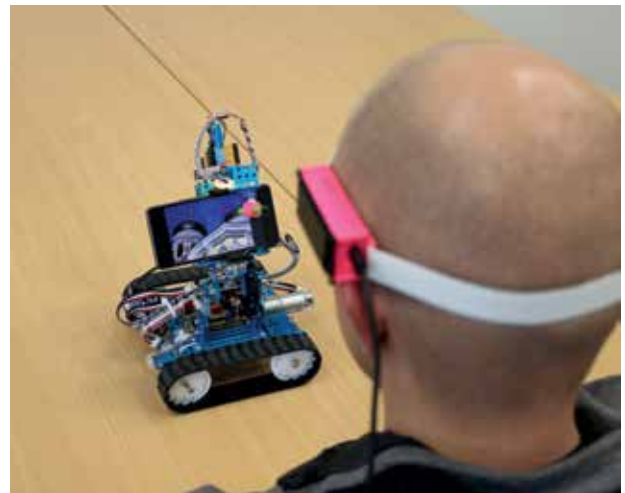


Abb. 4:  
**SwipeBuddy im Wischmodus**  
Der Wischarm mit dem Eingabestift wird gelb beleuchtet. Der Benutzer kann abhängig von der Kopfbewegung vor und zurück blättern.

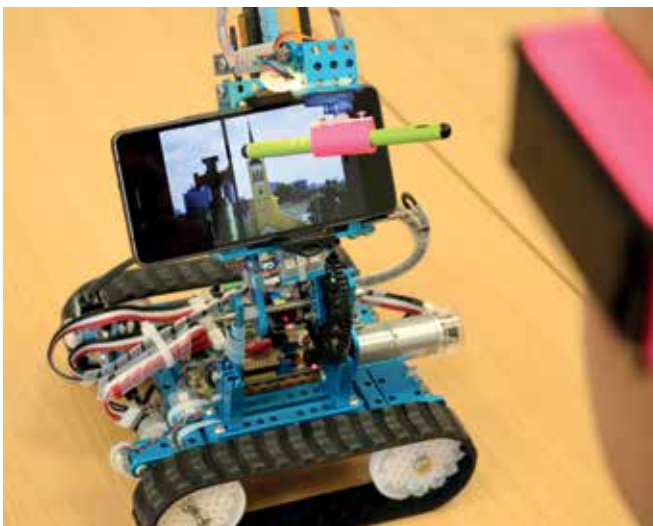


Abb. 5:  
Während des Wischvorgangs werden keine weiteren Eingaben des Benutzers ausgeführt. Nach dem Wischvorgang kehrt der Wischarm in seine Ausgangslage zurück und das System erwartet neue Eingaben.

#### Projektinformationen //

Weitere Informationen zu unserer Forschung finden Sie unter:  
<https://hci.w-hs.de>

Diese Forschungsarbeit entstand im Rahmen der Arbeiten am Verbundprojekt „MobilLe – Physische Mensch-Roboter-Interaktion für ein selbstbestimmtes Leben“ (Förderkennzeichen: 16SV7866K), welches über 3 Jahre durch das BMBF gefördert wird.



[https://youtu.be/EZ5YSRRO\\_2o](https://youtu.be/EZ5YSRRO_2o)





# SwipeBuddy – Ein ferngesteuerter Roboter zur handfreien Bedienung von Tablets und E-Book-Readern

Mobile Geräte, wie Smartphones, Tablets oder E-Book-Reader sind die zentrale Computerplattform, mit der wir im täglichen Leben mit Freunden kommunizieren, Filme schauen oder Bücher lesen. Für Menschen mit schweren körperlichen Behinderungen wie Tetraplegikern, die ihre Hände nicht zum Bedienen solcher Geräte benutzen können, sind diese Geräte kaum verwendbar. Um diese Herausforderung zu bewältigen, stellen wir *SwipeBuddy* vor: Einen ferngesteuerten Roboter, der den Benutzern eine Bedienung ohne Hände ermöglicht. Das mobile Gerät wird auf dem Roboter montiert und kann vom Benutzer durch Kopfbewegungen und -gesten ferngesteuert werden. Seine Hauptaufgaben bestehen darin, a) das digitale Gerät (z. B. Amazon Kindle) zu halten, b) einen Interaktionsmechanismus bereitzustellen, mit dem das Gerät die Seiten umblättert, und c) sich flexibel bewegen zu können, so dass hierzu parallel weitere Aktivitäten, wie z. B. Essen stattfinden können. Die Berührungseingabe wird mit einem steuerbaren Eingabestift durchgeführt. Zusätzlich kann der Benutzer die Position und Orientierung des mobilen Geräts steuern.

## Der Prototyp

Der Prototyp von *SwipeBuddy* ist in Abb. 3 dargestellt. Für eine hohe Manövrierfähigkeit, u.a. für das Drehen um seine eigene Achse, nutzt *SwipeBuddy* ein Raupenfahrwerk. Die Aufnahme für ein mobiles Anzeigegerät befindet sich an einem kippbaren Rampenarm, welchen der Benutzer für einen angenehmen Blickwinkel auf das Gerät verändern kann. Der Wischmechanismus besteht aus einem Eingabestift für kapazitive Berührungsanzeigen und einem motorisierten Arm, der den Anpressdruck für Wischen und Scrollen bereitstellt.



**Max Pascher, M.Sc.**

Arbeitsgruppe Mensch-Computer Interaktion  
Tel. +49 209 9596-811  
max.pascher@w-hs.de



**Prof. Dr. Jens Gerken**

Arbeitsgruppe Mensch-Computer Interaktion  
Tel. +49 209 9596-739  
jens.gerken@w-hs.de

## Das Interaktionsdesign

Das Interaktionskonzept besteht aus der Auswertung von Kopfbewegungen und -gesten. Hierzu nutzen wir einen MARG-Sensor (Magnetic, Angular Rate and Gravity), der an einem Kopfband angebracht ist. Dieses Sensorsystem besteht aus einem MARG-Sensor, einem Mikrocontroller und einem WLAN-Modul zur Kommunikation mit dem Roboter und wurde von der Arbeitsgruppe von Prof. Dr. Gebhard (Fachbereich Elektrotechnik und angewandte Naturwissenschaften) entwickelt. Die Orientierungsdaten werden auf die Aktuatoren des Roboters abgebildet, um die definierten Aufgaben zu erfüllen. In diesem Zusammenhang verwenden wir den MARG-Sensor, um Kopfbewegungen entlang der Roll-, Nick- und Gier-Achse des Kopfes zu erkennen (siehe Abb. 1). Hierbei kann der jeweilige Bewegungsfreiheitsgrad an den Roboter kalibriert werden. Bei unserem Interaktionsdesign kann der Benutzer zwischen verschiedenen Modi wechseln, um den Roboter zu navigieren, den

Neigungswinkel der Rampe und somit des elektronischen Geräts zu ändern und eine Wischaktion nach links oder nach rechts auszuführen (vor- und zurückzublättern). Darüber hinaus ist ein Leerlaufmodus verfügbar, um alle Interaktionen zu pausieren oder das Sensor-Kopfband auf- oder absetzen zu können. Der Benutzer wechselt zwischen den Modi, wie in Abb. 2 gezeigt, durch Ausführen einer Kopfbewegung entlang der Gier-Achse. Bewegungen in der Roll- und Nick-Achse werden je nach Modus zum Fahren, Lenken, Wischen und Kippen der Rampe genutzt.

Es wurden 25 RGB-LEDs installiert, die dem Benutzer visuelles Feedback über den aktuell ausgewählten Modus geben. Zusätzlich zeigen sie im Fahrmodus farblich an, wo vorne und hinten ist und ermöglichen dadurch eine intuitive Steuerung.

### • Fahren

*SwipeBuddy* folgt hier einer Auto-Metapher. Weiße Scheinwerfer und rote Rückleuchten sind eingeschaltet und der Raupenantrieb leuchtet grün (siehe Abb. 3). Ein leichtes Bewegen in der Roll-Achse, die zum Lenken verwendet wird, ändert die grüne Beleuchtung des Raupenantriebs in ein gelbes Blinklicht, um eine Änderung der Fahrtrichtung auf der jeweiligen Seite anzuzeigen.

### • Kippen

Die Kippplattform ist beleuchtet.

### • Wischen

Der Wischarm ist beleuchtet (siehe Abb. 4 und Abb. 5).

### • Leerlauf

Drei LEDs an der Rückseite von *SwipeBuddy* blinken in blau.

## Diskussion

Mit dem *SwipeBuddy* präsentieren wir Menschen mit schweren körperlichen Behinderungen ein Software- und Geräte-unabhängiges Roboterassistenzsystem. Es zielt nicht darauf ab, menschliche Assistenten zu ersetzen, sondern unterstützt sie bei ganz bestimmten Aufgaben, bei denen sich Benutzer möglicherweise nicht wohl dabei fühlen, ständig um Hilfe zu bitten. Das Interaktionsdesign basiert auf Kopfbewegungen und -gesten und ermöglicht die individuelle Anpassung an die spezifische Bewegungsfreiheit des Benutzers. Während sich unser Szenario auf Menschen konzentriert, die körperliche Einschränkungen in ihren Händen haben, könnte *SwipeBuddy* auch Personen unterstützen, deren Hände derzeit an andere Aktivitäten gebunden sind, z. B. in einem industriellen Kontext (Industrie 4.0), in dem ein Bediener möglicherweise seine Hände benötigt, um eine Maschinenschnittstelle zu bedienen und gleichzeitig ein digitales Handbuch lesen muss.



Abb. 1:

Die Bottroper Entsorgung und Stadtreinigung AöR fungiert als strategischer Projektpartner.



Abb. 2:

„Find it – Use it“ ist ein EFRE-gefördertes Projekt. EFRE ist der Europäische Fond für regionale Entwicklung, der das Ziel hat ein intelligentes, nachhaltiges und integratives Wachstum in der EU zu fördern.



Abb. 3:

Das innovative Sammelsystem sah vor, dass alle Abfallfraktionen (Restabfall, Leichtverpackungen, Papier/Pappe, Speisereste, Elektrokleingeräte und Textilien) sortiert in verschiedenfarbigen Säcken in einer Tonne gesammelt wurden. Die Bürgerinnen und Bürger konnten bei Bedarf eine Tonnenleerung digital anfordern. Die Leerung erfolgte bei rechtzeitiger Anforderung am nächsten Werktag.



Abb. 4:

#### App-Oberfläche „Find IT – Use it“

Neben den klassischen Methoden Telefon und E-Mail konnten Behälterleerungen und Sackbestellungen sowie eine persönliche Beratung über eine App und *WhatsApp* angefordert werden.

# Das Forschungsprojekt „Find it – Use it“

Für die Rohstoffversorgung der Bundesrepublik und das Recycling sind sortenreine Abfallströme erforderlich. Maßgeblich werden diese von einer funktionierenden Schnittstelle zwischen dem Sammelsystem und den Bürgern beeinflusst. Die sortenreine Trennung ist häufig unzureichend, weshalb es bei der Behandlung der Abfälle zu Problemen kommt. Das EFRE.NRW-Forschungsprojekt „Find it – Use it“ soll dazu beitragen, die Sortenreinheit und die Erfassungsmengen der bürgernahen Sammelsysteme nachhaltig zu steigern und damit eine wichtige Grundlage für die Kreislaufführung von Sekundärrohstoffen zu schaffen.

Das Zentrum für Recyclingtechnik der Westfälischen Hochschule führt das Forschungsprojekt in enger und strategischer Zusammenarbeit mit der Bottroper Entsorgung und Stadtreinigung AöR von 2016 bis 2019 in der Stadt Bottrop durch. Gefördert wird das Projekt vom Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE.NRW) mit einer Summe von rund 550.000 Euro. Mit Hilfe von Bürgerbefragungen und Abfallanalysen werden Sammelsysteme und digitale Möglichkeiten der Bürgerintegration weiterentwickelt und in den Verwertungsprozess integriert.

## Pilotphase

Im Rahmen einer dreimonatigen Pilotphase von April bis Juni 2018 wurde unter Einbindung von 600 Haushalten und 952 Einwohnern in den drei raumstrukturtypischen Versuchsgebieten „Urban“, „Suburban“ und „Ländlich“ eine Sack-im-Behälter-Abfallsammlung (siehe Abbildung 3) mit einer bedarfsgerechten Abfallabholung im Realbetrieb getestet. Während des Pilotversuchs wurde die statische Abfuhr nach dem Abfuhrkalender in den Versuchsgebieten ausgesetzt und durch eine dynamische Abholung ersetzt.

Die Bestellung der Behälterleerung erfolgte seitens der Bürger über WhatsApp, App (siehe Abbildung 4), E-Mail und Telefon. Es wurde somit eine bestehende Kommunikationsstruktur genutzt, die auch als Rückkanal für die Verbreitung von Nachrichten und Informationen gegenüber dem Kunden diente. Die eingehenden Bestellungen von *WhatsApp*, E-Mail und App wurden von einer entwickelten Software automatisch ausgewertet und zusammen mit Telefonnachrichten eines Anrufbeantworters zu einer Abfuhrliste bereitgestellt. Die Abfuhrliste wurde dem Entsorgungsunternehmen übermittelt, das daraus eine Route für die Behälterleerung generierte.

## Auswertung Pilotversuch (Auszug)

Die Auswertung des Projekts, speziell des Pilotversuchs und der im Nachgang durchgeführten Bürgerbefragung, wird zurzeit vorgenommen.

Die ersten Ergebnisse des Vergleichs zwischen den statischen und dynamischen Behälterleerungen zeigen, dass große Einsparpotenziale für den Entsorgungsbetrieb möglich sind.

Die Siedlungsabfallanalyse während der Pilotphase im Juni 2018 zeigt eine Erhöhung des Behälterfüllgrads und eine Reduzierung der Fehlwurfanteile. Über einen Speiserestesack aus biologisch abbaubaren Materialien wurden zusätzliche Speiserestemengen von hoher Sortenreinheit generiert.

Schon im Vorfeld des Pilotversuchs wurden erarbeitete Ansätze speziell in Richtung Digitalisierung als innovativ und marktfähig eingestuft. Mit der Gründung der *circular infinity GmbH* als Spin-Off der Westfälischen Hochschule kann so das Know-how über die Projektlaufzeit hinaus weiterentwickelt und vermarktet werden.

## Aktuelle Publikationen in Fachzeitschriften //

ALTHOFF, T., S. SADOWSKI und R. HOLZHAUER. Integration von Umfeldfaktoren bei der Festlegung von Versuchsgebieten in der Siedlungsabfallwirtschaft. In: *Müll und Abfall: Fachzeitschrift für Abfall- und Ressourcenwirtschaft* 49 (2017) 10, S. 489-540.

ALTHOFF, T., R. HOLZHAUER, U. WOLTERS und C. SUSSMANN. Identifikation von Potenzialen der stofflichen Verwertung am Beispiel der Stadt Bottrop. In: *Müll und Abfall: Fachzeitschrift für Abfall- und Ressourcenwirtschaft* 50 (2018) 02, S. 53-100.

ALTHOFF, T., S. SADOWSKI, R. HOLZHAUER und K. KORTMANN. Perspektiven der vertiefenden Bürgerintegration in Abfallwirtschaftsprozesse. In: *Müll und Abfall. Fachzeitschrift für Abfall- und Ressourcenwirtschaft* 50 (2018) 03, S. 101-156.

## Aktuelle Publikationen im Tagungsband //

ALTHOFF, T. und R. HOLZHAUER. Bürgerintegration in den Sammel- und Verwertungsprozess. In: BOCKREIS, A., M. FAULSTICH, S. FLAMME, M. KRANERT, M. MOCKER, M. NELLES, P. QUICKER, G. RETTENBERGER und V. S. ROTTER, Hrsg. *8. Wissenschaftskongress Abfall- und Ressourcenwirtschaft*. Am 15. und 16. März 2017 an der Universität für Bodenkultur (BOKU) Wien: Tagungsband. Innsbruck 2018.

ALTHOFF, T. und R. HOLZHAUER. Digitale Bürgerintegration in die Sammel- und Verwertungsprozesse der Abfallwirtschaft. In: POMBERGER, R., J. ADAM, A. ALDRIAN, A. CURTIS, K. FRIEDRICH, L. KRANZINGER, B. KÜPPERS, K. E. LORBER, S. MÖLLNITZ, S. NEUHOLD, T. NIGL, K. PFANDL, B. RUTRECHT, R. SARC, T. SATTLER, T. SCHWARZ, P. SEDLAZECK, S. VICZEK, D. VOLLPRECHT, T. WEISSENBACH und M. WELLACHER, Hrsg. *Recy & DepoTech 2018. Vorträge-Konferenzband*. Leoben 2018.



**Tobias Althoff, M. Sc.**  
Tel.: +49 209 9596-296  
tobias.althoff@w-hs.de



**Prof. Dr.-Ing. Ralf Holzhauser**  
Tel.: +49 209 9596-163  
ralf.holzhauser@w-hs.de

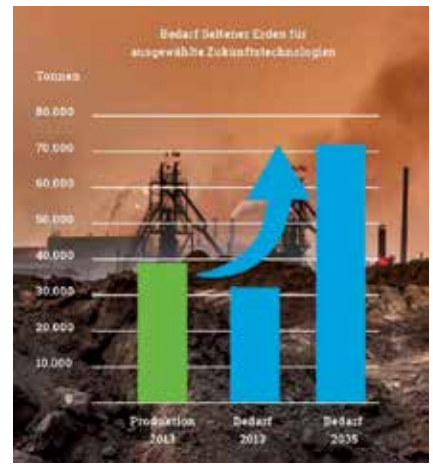
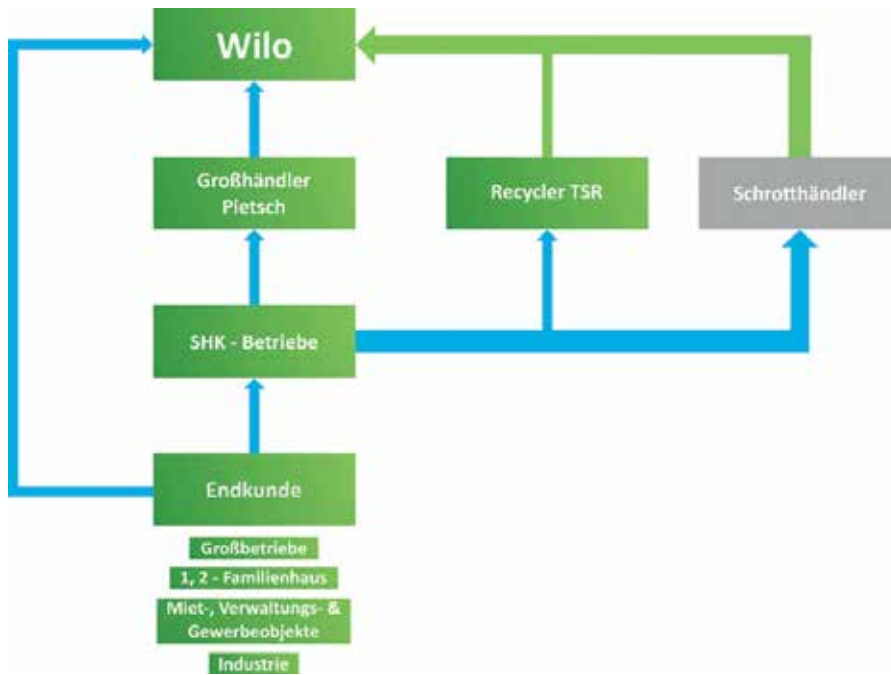


Abb. 2: **Bedarf Seltener Erden für Zukunftstechnologien**

Abb. 1:

**Soll-Zustand des Verwertungswegs einer Hocheffizienzpumpe**

Von den verschiedenen Endkunden gelangen die Altpumpen bislang innerhalb der Garantie direkt oder über die Vertriebskette zu Wilo zurück. Ziel ist, auch Nicht-Garantie-Pumpen zu erfassen und auch diejenigen zurückzuführen, die von den SHK-Betrieben bei Recyclern oder Schrotthändlern abgegeben werden.

(Wilo SE: Hersteller von Pumpensystemen mit Konzernsitz in Dortmund. wilo@wilo.com)

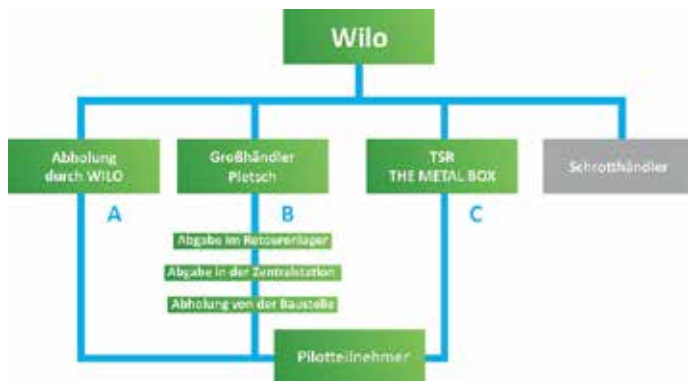


Abb. 3:

**Rückführungswege in der Pilotphase**

Es werden den Pilotteilnehmern drei verschiedene Rückführungswege angeboten. A) Abholung durch Wilo, B) Rückführung über Großhändler Pietsch, C) THE METAL BOX von TSR. Zusätzlich führt ein ausgewählter Metallgroßhandel Altpumpen zurück.

Abb. 4

**Logos des Fördermittelgebers und der Projektpartner**



# Projekt HeizKreis – Rückholung und Weiter- verwendung Seltener- Erden-Magnete – Kreislaufschließung bei Heizungspumpen

## Seltene Erden – Rohstoff mit besonderem Wert

Seltene Erden (SE) zählen zu den begehrtesten Rohstoffen der Welt und werden überwiegend in China abgebaut. Dies führt zu einer Abhängigkeit von China, die 2011 mit einem Exportstopp und einer drastischen Preissteigerung ihren Höhepunkt erreichte und die Dominanz Chinas verdeutlichte [1]. Die Gewinnung und Aufbereitung sind mit widrigen Arbeitsbedingungen und umweltschädigenden Prozessen verbunden. Neben der Gefahr für das Grundwasser besteht das permanente Risiko, dass Radioaktivität austritt, da viele Seltene Erden radioaktive Substanzen enthalten.

Heutige Technologien setzen auf den Einsatz von SE, beispielsweise in Windparkanlagen, Smartphones oder Heizungspumpen [2]. 19 % der SE gehen in die Produktion von Magneten. Diese sind in Form von Neodym-Eisen-Bor (NdFeB-Magnete) in den Rotoren der Hocheffizienzpumpen verbaut und geben dieser erst ihren Namen [3]. Zurzeit gibt es allerdings keine industriellen Rückgewinnungswege der SE-Magnete. Sie landen zusammen mit dem Stahlschrott im Stahlrecycling und sind damit für immer verloren [4].



**Lukas Harbarth, M. Sc.**  
Tel.: +49 209 9596-271  
lukas.harbarth@w-hs.de



**Dipl. Wirt.-Ing.  
Lutz Baberg, B. Eng.**  
Tel.: +49 209 9596-175  
lutz.baberg@w-hs.de



**Prof. Dr.-Ing.  
Ralf Holzhauser**  
Tel.: +49 209 9596-163  
ralf.holzhauser@w-hs.de

## Das Projekt „HeizKreis“

Mit dem Forschungsprojekt „HeizKreis“ fördert die Deutsche Bundesstiftung Umwelt ein Projekt zur Konzeption und Erprobung der zirkulären Wertschöpfungskette von Hocheffizienzpumpen zwischen Herstellern, Großhändlern, Fachhandwerkern und Recyclingbetrieben. Das Projekt zielt auf einen branchenweiten Lösungsansatz, der eine ressourcenschonende Kreislaufschließung von der Rückholung bis zur Wiederverwendung/-verwertung der NdFeB-Magnete und anderer Pumpenteile zulässt.

Für den Erfolg des Projekts ist es entscheidend, dass jedes Glied der Vertriebskette in dem Projektteam vertreten ist. Daher sitzen neben der Westfälischen Hochschule als wissenschaftliche Begleitung und Projektkoordinator und WILO SE als Pumpenhersteller, mit der TSR Recycling GmbH ein Recyclingunternehmen, mit Kurt Pietsch GmbH & Co. KG ein Großhändler und mit Th. H. Heidemann GmbH & Co. KG und Vollmer GmbH & Co. KG auch zwei Betriebe der Sanitär-, Heizung- und Klima-Branche (SHK) am Projektstisch. Darüber hinaus ist mit Agentur Winter ein Marketing-Unternehmen miteinbezogen, welches als Experte in Sachen Kommunikations- und Motivationsstrategien, gerade in der SHK-Branche, vertreten ist.

## Pilotphase

Seit September 2018 werden die Rückführungswege in einer groß angelegten Pilotphase erprobt. Zur Teilnahme an der Pilotphase haben sich 179 Betriebe bereit erklärt, die von den Vertriebs-Teams von Wilo, TSR und Pietsch über das Vorhaben und die Projektidee aufgeklärt worden sind. Unter den Teilnehmenden finden sich sowohl kleine und große Betriebe der SHK-Branche, als auch Industrieunternehmen und Metallgroßhändler. Bis Anfang März diesen Jahres sammeln die Pilotteilnehmer Altpumpen und führen diese über die angebotenen Rückführungswege (siehe Abbildung 3) zurück. Danach folgt die statistische Auswertung der Pilotphase mit Hinblick auf die Ausarbeitung eines deutschlandweiten Branchenmodells.

## Quellen //

[1] B1.2 *Geologie der mineralischen Rohstoffe*. Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), 2014c. Hannover.

[2] DERA (2016). *Rohstoffe für Zukunftstechnologien*. Berlin: Deutsche Rohstoffagentur (DERA) in der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR).

[3] *Rohstoffsteckbrief, Seltene Erden*: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover, November 2013.

[4] Kienbaum/ EPEA (2016). *Potenzialanalyse einer zirkulären Wertschöpfung im Land Nordrhein-Westfalen*. Düsseldorf, Hamburg, Berlin: Kienbaum Management Consultants GmbH / EPEA Internationale Umweltforschung.

## Öffentliche Auftritte/Vorstellung des Projekts //

- Graduierteninstitut NRW, Fachgruppe Ressourcen, Thema „Wasser“, Gelsenkirchen, 06.12.2017
- ERFA Kreis, Hamburg, 14.04.2018
- Nachhaltig.digital, Bonn, 15.05.2018
- Landtag NRW, Forschung 21, Düsseldorf, 05.06.2018
- Interview mit SHK-TV, 08.08.2018. Ausgabe SHK-TV Nachrichten vom 15.08.2018
- Interview mit SHK TV, 31.08.2018. Ausgabe SHK-TV Reportage vom 04.09.2018
- Fraunhofer IML, Zukunftskongress Logistik 2018, Dortmund, 11.09.2018 – 12.09.2018
- Graduierteninstitut NRW, Fachgruppe Ressourcen, Thema „Kunststoffe und Nachhaltigkeit“, Leverkusen, 06.11.2018



Abb. 1:

**Zugscherprüfung**

Ein 500 g-Gewicht hängt mehr als 7 Stunden an dem neu entwickelten Klebstoff.



Abb. 3:

**Elastizität**

Der Klebstoff – in eine dicke Folie gegossen – zeigt eine große Elastizität und Transparenz, ein Indiz für seine fehlende Kristallisationsneigung.

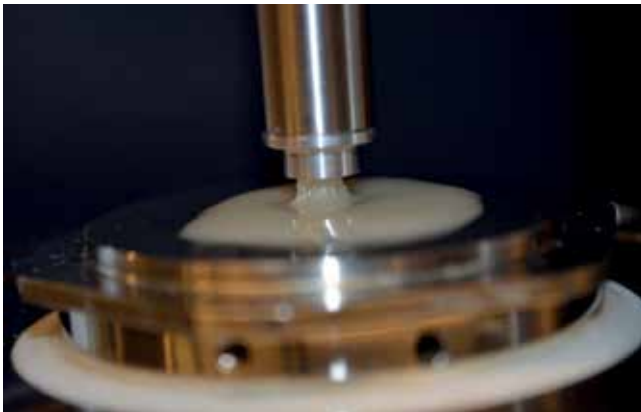


Abb. 2:

**Tacktest**

Die Klebrigkeit des Haftschmelzklebstoffs wird über die Kraft gemessen, die benötigt wird, einen Stempel von ihm abzuziehen.

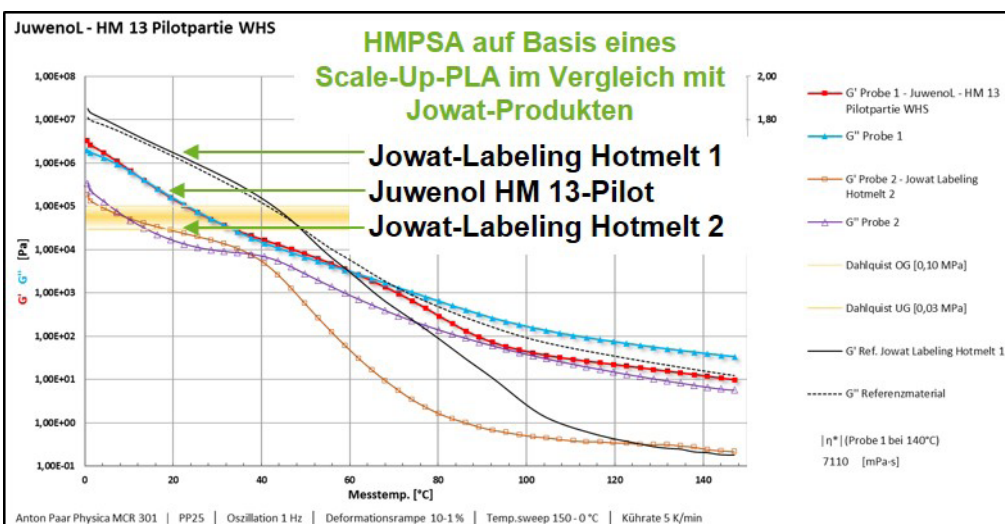


Abb. 4:

Die Kurven des neu entwickelten Klebstoffs (unser Name dafür: Juwenol HM 13) liegen bei der Prüfung (Dynamisch-Mechanische Thermoanalyse) zwischen den beiden industriellen Vergleichs-proben.

# Bio-Haftschnmelzklebstoffe – natürlich für's Etikett

Mit ca. 140 000 Tonnen pro Jahr ist Polymilchsäure (PLA) das einzige biobasierte Polymer, das derzeit in industriellen Großmengen zu einem wettbewerbsfähigen Preis aus Maisstärke produziert wird.<sup>1)</sup> Dieses Polymer stellt daher eine vielversprechende Alternative zu erdölbasierten Polymeren dar. Im Allgemeinen sind Polymilchsäuren halbkristallin, mit einem Schmelzbereich um 180°C. Diese Materialien sind normalerweise spröde und daher für dauerhaft klebrige Haftklebstoffe nicht geeignet.<sup>2),3),4)</sup>

## Entwicklung des Basispolymers

Um Polymere für diesen Klebstofftyp, den man gemeinhin auf Trägermaterialien wie Geweben (Pflaster), Folien (Klebeband) oder Papier findet, anwenden zu können, muss deren Kristallisationsneigung verringert oder sogar verhindert werden.

Einem Projektteam aus den Firmen Jowat, Henkel und Logotape sowie dem Fraunhofer-Institut UMSICHT und der Westfälischen Hochschule ist dies nun gelungen. Das Ziel, den ersten Haftschnmelzklebstoff auf der Basis von Polymilchsäure herzustellen, wurde erreicht. Es handelt sich um einen Klebstoff, der aus der Schmelze auf das Trägermaterial aufgetragen wird. Dabei kommt er ohne Lösemittel aus, basiert zu mindestens 70% auf nachwachsenden Rohstoffen und kann auch noch, im Vergleich zu herkömmlichen Klebstoffen, bei niedrigeren Temperaturen verarbeitet werden. Insgesamt ist es gelungen, einen ressourcenschonenden, umweltfreundlichen Klebstoff zu entwickeln.<sup>5)</sup>

Das Basispolymer wurde dabei vom Fraunhofer UMSICHT in Oberhausen, zusammen mit der Westfälischen Hochschule, optimiert und zum Patent angemeldet.<sup>6)</sup> Durch den Einbau von Bestandteilen mit langen Seitenketten in die Polymerkette ist es gelungen, die Kristallisationsneigung des Polymeren zu verhindern.

## Formulierung der Klebstoffrezepturen

An der Westfälischen Hochschule wurden dann die Klebstoffrezepturen entwickelt und optimiert. Dabei kamen Weichmacher, Tackifier und Stabilisatoren zum Einsatz. Die Optimierung wurde mit Hilfe von statistischer Versuchsplanung verkürzt, so dass innerhalb des Projekts über 100 Polymere untersucht und zu mehreren hundert Rezepturen formuliert werden konnten. Eine wichtige Aufgabe bestand darin, den Klebstoff so stabil einzustellen, dass er sowohl den Verarbeitungs- als auch den Anwendungsbedingungen gerecht wird. Dazu musste seine Temperaturbeständigkeit in der Schmelze und seine Feuchtigkeitsbeständigkeit verbessert werden. Dies gelang mit einem optimierten Additivpaket.

Bei den Industriepartnern wurden sowohl die Rohstoffpolymere als auch die fertigen Rezepturen anwendungstechnischen Prüfungen unterzogen. Dabei zeigte sich, dass die Klebstoffe dem Anwendungsspektrum von Etiketten besonders gut gerecht werden, mit weiterem Ausbaupotenzial beispielsweise für Klebebänder (Abb. 1).

## Verarbeitungstests und Ergebnisse

Nachdem diese Hürden genommen waren, musste der Klebstoff noch einen Verarbeitungstest bestehen. Hierzu wurden drei ausgewählte Basispolymere bei einem Lohnhersteller in 50kg-Mengen synthetisiert. Daraus fertigte die Firma Jowat in Technikumsmengen Klebstoffe. Bei der Firma Henkel wurden diese dann unter industriellen Bedingungen auf Trägerfolie aufgebracht und somit zum fertigen Klebeband konfektioniert.

Im Vergleich zu erdölbasierten Haftschnmelzklebstoffen basieren die neu entwickelten Formulierungen weitestgehend auf natürlichen Rohstoffen, verzichten auf den Einsatz von Lösemitteln und benötigen weniger Energie bei der Verarbeitung. Sie zeigen eine gute Anfangshaftung (Abb. 2), sind sehr elastisch (Abb. 3) und besonders gut für Etiketten geeignet, wie ein Vergleich mit kommerziellen Produkten der Firma Jowat zeigt (Abb. 4).

## Quellen und Patent //

- 1) *PlasticsNewsEurope* 45/8, 30 (2018)
- 2) ENDRES, H.-J. und A. SIEBERT-RATHS. *Technische Biopolymere*. Hanser-Verlag, München, 2009.
- 3) <https://omnexus.specialchem.com/selecti-onguide/poly lactide-pla-bioplactic>, (Zugriff, 08.01.2019).
- 4) WITZKE, D. R. *Introduction to properties, engineering and prospects of polylactide polymers*. Dissertation 1997, Michigan State University, Lansing, MI, pp. 123, 301–310.
- 5) G. HABENICHT. *Kleben: Grundlagen, Technologien, Anwendungen*. 5. erweiterte und aktualisierte Auflage. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2006, 191.
- 6) Fraunhofer UMSICHT, WH, DE 102013205110 / Novamelt, DE102013205144 / Jowat SE, DE102013004909



**Prof. Dr. Klaus-Uwe Koch**  
Tel.: +49 2361 915-456  
klaus-uwe.koch@w-hs.de



Abb. 1: Optimierungsergebnis mit anonymisierten Unternehmensdaten eines Automobilzulieferers  
© H. Passinger

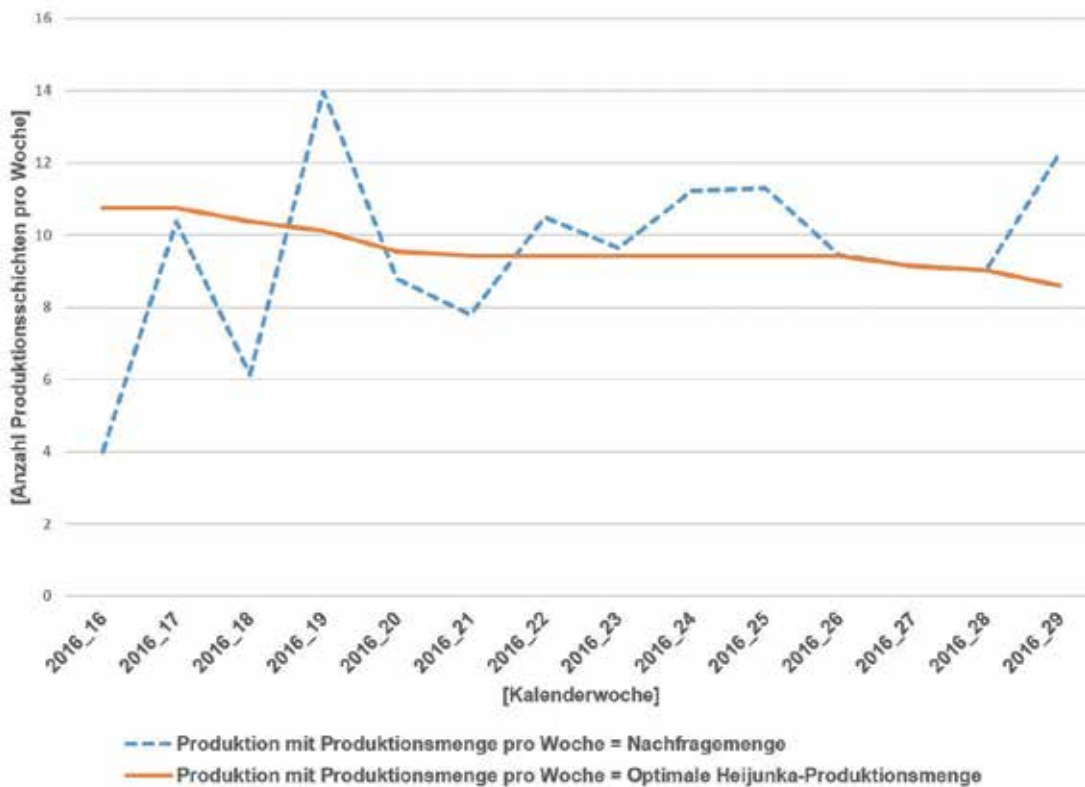


Abb. 2: Glättungseffekt für die Produktionskapazität  
© H. Passinger



# Ausgleich von Nachfrageschwankungen mit dem Heijunka-Modell

Aus dem beruflichen und privaten Umfeld sind jedem mengenmäßige Nachfrageschwankungen bei Produkten bekannt. So wird zum Beispiel in der einen Woche eine große Menge eines Produktes nachgefragt und in der nächsten Woche deutlich weniger und umgekehrt. Solche Nachfrageschwankungen finden sich typischerweise in den logistischen Ketten der Automobilindustrie. Die Nachfrageschwankungen schaukeln sich sogar immer mehr auf, je weiter man an den Anfang einer logistischen Kette gelangt. Dieser Effekt ist auch als „Bull-Whip-Effekt“ bekannt.

Negative Konsequenzen von Nachfrageschwankungen sind Materialengpässe, schwankende Auslastung der Produktionskapazitäten sowie hohe Stillstand-, Lagerhaltungs- und Rüstkosten. Eine geglättete Produktion kann diese Probleme mildern. Glätten bedeutet, dass über einen längeren Zeitraum hinweg in jeder Produktionsperiode immer die gleiche Menge produziert wird und dabei die physischen Materialbestände auf einem niedrigen Niveau gehalten werden und die schwankenden Bedarfe auf der Nachfrageseite pünktlich bedient werden. Die Idee der Produktionsglättung kommt aus der japanischen Automobilindustrie und ist unter dem Begriff „HEIJUNKA“ bekannt.

## Produktionsmengen glätten

Eine Herausforderung bei der Glättung der Produktion besteht darin, die erforderliche möglichst gleichbleibende Produktionsmenge pro Periode und Produkt zu bestimmen. Dazu wurde ein MS-Excel/VBA-gestütztes Werkzeug namens „HEIJUNKA-OPTI“ unter Einbindung eines generalisierten reduzierten Gradienten-Verfahrens (GRG-Verfahren) aus dem Bereich des Operations-Research entwickelt.

Dabei findet pro Produkt eine Optimierung statt, die die Produktversorgung auf der Kundenseite sicherstellt und das bei möglichst niedrigen physischen Beständen. Ein Fallbeispiel für eine solche Optimierung ist auf Basis von anonymisierten Unternehmensdaten eines Automobilzulieferunternehmens in Abbildung 1 dargestellt.

Die blaue Kurve in Abbildung 1 stellt die wöchentlichen Kundenbedarfe dar. Erkennbar ist, dass diese Bedarfe von Woche zu Woche stark schwanken. Hier setzt HEIJUNKA-OPTI an und berechnet über mehrere Wochen hinweg gleiche beziehungsweise annähernd gleiche Produktionsmengen (orange Kurve) mit den Randbedingungen einer 100%igen Lieferfähigkeit (grüne Kurve ist immer grösser Null-Bestand) und gleichzeitig möglichst geringer Lagerbestände.

Nachfolgende Erkenntnisse und Empfehlungen basieren auf einer HEIJUNKA-OPTI-Anwendung mit anonymisierten Unternehmensdaten eines Automobilzulieferers.

## Klassifizierung von heijunkafähigen Produkten

Geeignet für die Optimierung (heijunkafähig) sind solche Produkte, die regelmäßig und in größeren Mengen nachgefragt werden. Andere Produkte werden aus wirtschaftlichen Gründen über mehrere Perioden zusammengefasst und in einem Los produziert. Das sind z. B. Produkte, die nur sporadisch auftreten bzw. Produktionszeiten pro Wochenbedarf aufweisen, die im Bereich der Rüstzeit liegen. Die Loszusammenfassung kann hierbei über klassische wirtschaftliche Losgrößenverfahren erfolgen.

## Optimierung mit multiplen Heijunka-Produktionsmengen

Eine Optimierung mit nur einer optimalen Heijunka-Produktionsmenge zeigt bei einigen Produkten den Effekt, dass sich nach einigen Perioden Lagerbestände aufbauen. Ursache dafür sind zu Beginn des Optimierungszeitraums sporadisch auftretende und außergewöhnlich hohe Bedarfe, zu deren Deckung dann auch hohe Heijunka-Produktionsmengen errechnet werden. Diese hohen Produktionsmengen führen in späteren Perioden, wenn sich die Nachfrage wieder beruhigt hat, zu einem Bestandsaufbau. Um diesem Effekt entgegenzuwirken, empfiehlt es sich, die Berechnung mit multiplen Heijunka-Produktionsmengen durchzuführen. Praktisch bedeutet das, dass im Verlauf der Bedarfsperioden die Heijunka-Produktionsmenge sukzessive reduziert wird, wie in Abbildung 1 beispielhaft dargestellt.

## Erkennbarer Glättungseffekt für die Produktionskapazität

Für 14 Produktionswochen (Kalenderwoche 16/2016 bis 29/2016) wurde für eine Produktionsanlage und für 18 (heijunkafähige Produkte) von 86 Produkten optimale Produktionsmengen und daraus die Anzahl benötigter Produktionsschichten pro Woche berechnet.

In dem Zeitraum schwankt die Anzahl notwendiger Produktionsschichten zwischen ca. 4 und 14, wenn die Nachfragemenge pro Woche produziert wird (blau gestrichelte Kurve in Abbildung 2). Das heißt, die wöchentliche Produktionsmenge pro Produkt und pro Woche entspricht der Nachfragemenge pro Woche.

Produziert man hingegen mit optimalen Heijunka-Produktionsmengen ist lediglich eine Schwankung zwischen ca. 9 und 11 Schichten erkennbar (orange Kurve in Abbildung 2).



**Prof. Dr.-Ing.  
Henrik Passinger**  
Tel.: +49 2361 915-407  
henrik.passinger@  
w-hs.de



Abb. 1:  
**Prüfstand zum  
Test der Sturm-  
federn nach EN  
14437 an der  
Hochschule**

Zu sehen sind mehrere Pfannen auf einem Dachgerüst, die mechanisch belastet werden. Die Auslenkung wird mit einem Messlaser gemessen.

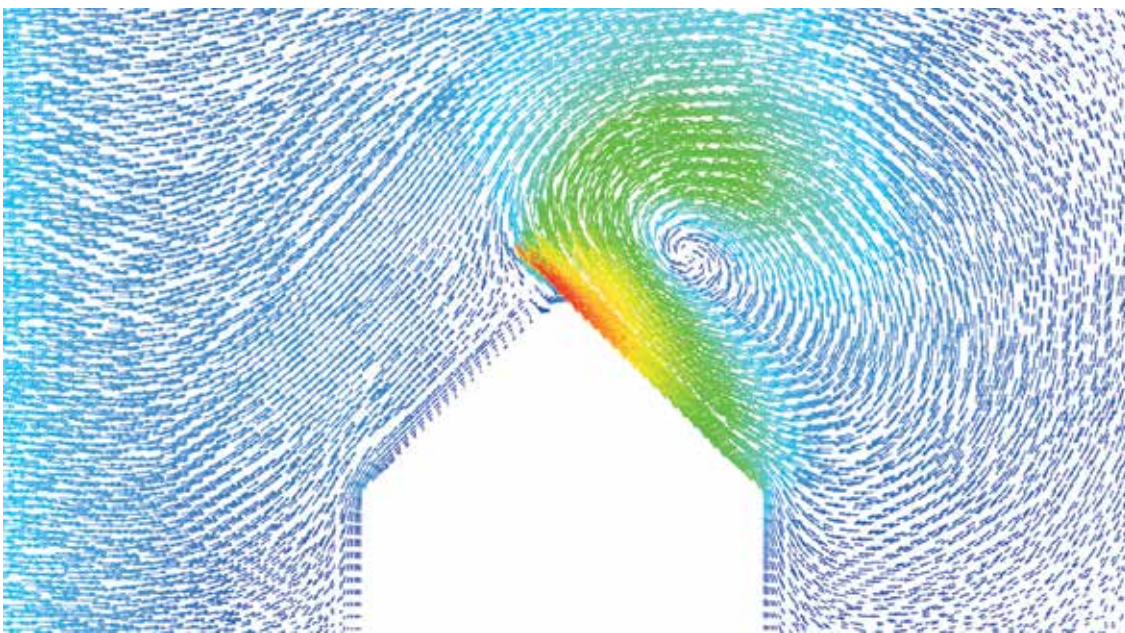


Abb. 1:  
**Mittels CFD (Com-  
putational Fluid  
Dynamics) berech-  
nete Strömungs-  
verhältnisse an  
einem Satteldach**

Deutlich zu erkennen ist ein Wirbel an der Lee-Seite des Dachs, der als Windsog (Unterdruck) auf die Dachpfannen (nicht abgebildet) wirkt.

# Entwicklung einer Universalsturmfeder mit struktur- und strömungsmechanischen Simulationen

Stürme verursachen in Deutschland regelmäßig enorme Kosten. Bei Windgeschwindigkeiten von über 75 km/h können Äste von Bäumen brechen und Dachziegel vom Dachstuhl abgelöst werden. Stärkere Stürme können Bäume entwurzeln und ganze Dächer abdecken. Um die durch abhebbende Dachpfannen entstehenden Schäden zu minimieren, ist eine Sicherung der Pfannen gegen den Windsog vorgeschrieben.

Um die Dachpfannen am Dachstuhl zu befestigen, werden sog. Sturmklammern eingesetzt, die meist aus Draht gefertigt werden. Mit der Vielzahl an unterschiedlich geformten Dachpfannen geht allerdings eine große Bandbreite an Klammern einher, die meist nur für eine spezifische Dachpfanne geeignet sind.

## Sturmfedern

In dem durch die AiF<sup>1</sup> in einem ZIM<sup>2</sup>-Projekt geförderten kooperativen Forschungsprojekt mit der Firma „Lütfrink Technische Federn GmbH“ wird nun eine Sturmfeder auf der Basis einer Schenkelfeder entwickelt. Das Patentverfahren läuft bereits. Mit der innovativen Sturmfeder soll der Großteil der verschiedenen Dachpfannen gesichert werden können. Dies reduziert den Arbeits- und Organisationsaufwand beim Dachdecken erheblich.

Anders als bei den bisher gängigen Klammern mit einer verhältnismäßig steifen Befestigung sorgt die elastische Feder für einen gleichbleibenden Anpressdruck. Hierdurch werden die Pfannen beim Anheben verstärkt zurückgedrückt, was die Sicherheit bei Windlast erhöhen soll.

## Prüfstand

In einem vorausgehenden Projekt wurde am „Mechatronik Institut Bocholt (MIB)“ bereits ein mechanischer Prüfstand aufgebaut (siehe Abb. 1). Hiermit können die Sturmfedern auf ihre Tauglichkeit nach Norm geprüft werden. Die Messungen zeigen, dass die Sturmfedern geeignet sind, um Dachpfannen gegen Windsog zu sichern und die Vorgaben aus der Norm zu erfüllen.

## Simulationen

In dem aktuell laufenden Projekt wird die Entwicklung der Sturmfeder mit dem Einsatz von Simulationssoftware am MIB nun weitergeführt. Dabei wird ein Finite-Elemente-Modell aufgebaut, das das strukturmechanische Verhalten der Feder im Kontakt mit der Pfanne beschreibt. Dabei muss das Vorspannen der Feder und der Reibkontakt zwischen Feder- und Pfannenoberfläche berücksichtigt werden. Dies führt zu einer stark nichtlinearen und nicht glatten Problemstellung. Das damit einhergehende schlechte Konvergenzverhalten und der hohe Berechnungsaufwand stellen hier eine Herausforderung dar.

Zusätzlich wird das strömungsmechanische Verhalten bei Sturm durch Computational Fluid Dynamics (CFD) simuliert (siehe Abb. 2). Hierfür wird ein Modell aufgebaut, mit dem der Einfluss verschiedener Dachpfannen, Dachformen und Windrichtungen abgebildet werden kann. Für die Validierung der Strömungssimulation sind dafür Versuche mit einem skalierten Modell eines Dachs im Windkanal der TU Hamburg vorgesehen.

Auf der Grundlage der Berechnungen wird ein Entwicklungs-Tool programmiert, mit dem der Einfluss relevanter Parameter auf das Verhalten approximiert werden kann. Auf diesem Wege kann die optimale Gestaltung der Sturmfeder bestimmt werden.

## Ausblick

Um das Verhalten der Sturmfedern bei Windlast noch realitätsnäher modellieren zu können, sind Berechnungen mit Fluid-Struktur-Kopplungen nötig. Hier ist der Aufbau eines Modells in Planung, das die Wechselwirkungen zwischen Luftströmungen, Dachpfanne und Sturmfeder simulieren kann.

<sup>1</sup>AiF – Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen

<sup>2</sup>ZIM – Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand



**Jan Hauke  
Harmening, M. Eng.**  
Tel.: +49 2871 2155-433  
jan.harmening@  
w-hs.de



**Prof. Dr. Franz-Josef  
Peitzmann**  
Tel.: +49 2871 2155-916  
franz-josef.peitzmann@  
w-hs.de

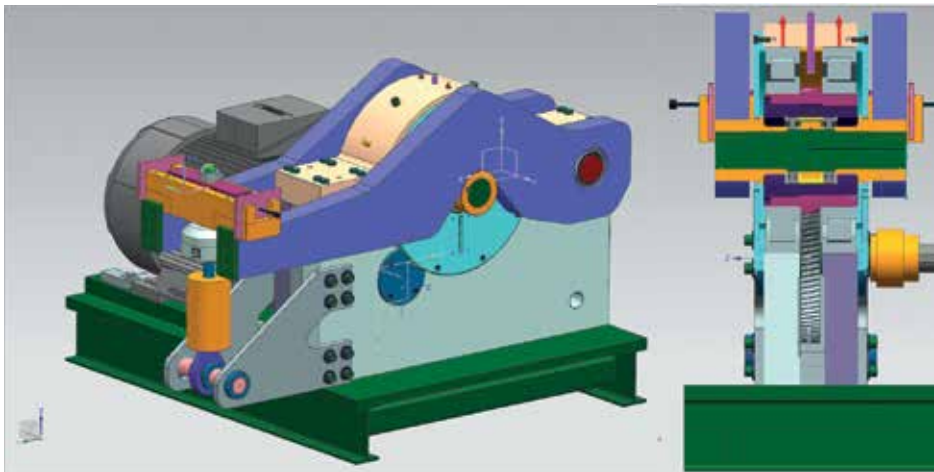


Abb.1:

### Schematischer Aufbau des Wälzgerprüfstands

Die zu prüfenden Wälzlager werden über einen hydraulischen Zylinder belastet. Der elektrische Antriebsmotor stellt die gewünschte Drehzahl ein. Die Steuerung des Prüfstands und die Regelung der konstanten Belastung übernimmt ein *CompacRIO*-System von National Instruments.

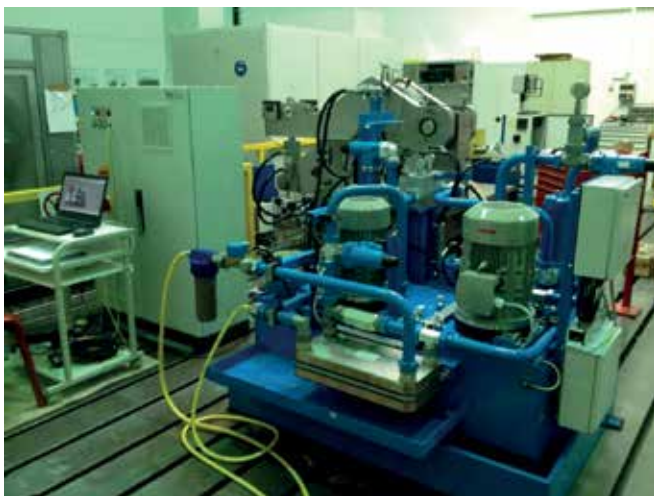


Abb.2:

**Aufbau des Prüfstands mit Schmier- und Kühlölwanne im Vordergrund**



Abb.3:

**Motorseite**



Abb.4:

**Belastungshebel und -zylinder**

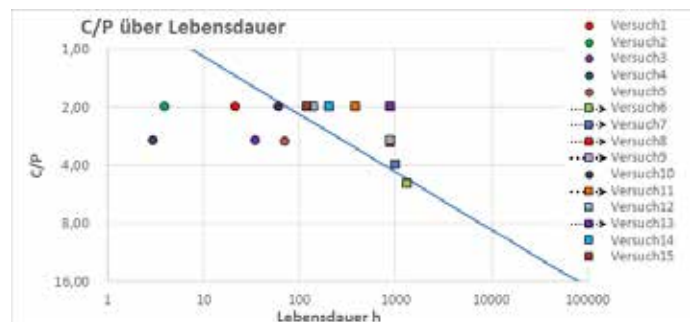


Abb. 5:

### Gesamtauswertung der Versuche

Die blaue Linie beschreibt die zu erwartende Lebensdauer in Abhängigkeit vom C/P-Verhältnis (Dynamische Tragzahl C/ Äquivalente Belastung P)

# Tragfähigkeitsgrenzen von Wälzlagern mit drehendem Außenring

Die Tragfähigkeit bzw. Lebensdauer von Wälzlagern hängt von der Wahrscheinlichkeit ab, wie viele Lastwechsel das mit Fehlstellen behaftete und belastete Materialvolumen erträgt. Sie ist eine statistische Größe und basiert im Wesentlichen auf experimentell ermittelten Werten.

Die Grundlage der Lebensdauerberechnung geht auf Arbeiten von Lundberg und Palmgren aus den vierziger und fünfziger Jahren zurück. Die Autoren entwickelten die Lebensdauerformeln auf der Annahme, dass sich in der Regel der Innenring des Wälzlagers dreht. Diese Annahme gilt nicht für den Einsatz eines Wälzlagers als Planetenradlager in Planetengetrieben. Bei Planetenradlagern dreht sich der äußere Ring des Wälzlagers, der sich im Planetenzahnrad befindet, während der Innenring auf einem Bolzen fest gelagert wird. Ziel des Forschungsprojekts ist es, den Einsatzfall „drehender Außenring“ genauer zu untersuchen. Dazu dienen theoretische Betrachtungen und Versuche.

## Grundlagen

Die Arbeiten von Lundberg und Palmgren wurden 1962 als internationale Empfehlung in der DIN ISO 281 genormt. Die DIN ISO 281 beschreibt die Tragfähigkeits- und Lebensdauerberechnung von Wälzlagern unter verschiedenen Betriebsbedingungen wie Belastung, Drehzahl, Schmierung oder Umweltbedingungen. Nicht erfasst wird hierbei die Art und Weise, wie die Laufflächen von Außen- und Innenring belastet werden, das heißt, ob die Belastung als Punktlast am Innenring oder am Außenring angreift. Die DIN 26281 geht

einen Schritt weiter und stellt Gleichungen für die Berechnung der Tragzahlen und Lebensdauer bei drehendem Innen- oder Außenring bereit. Die ISO TR 1281-1 liefert eine Herleitung der Formeln. Allerdings weist man darauf hin, dass der Unterschied in der dynamischen äquivalenten Belastung nur 2 % beträgt und vernachlässigbar ist.

Mit Blick auf Felderfahrungen muss diese Einschätzung kritisch gesehen werden, zumal für den Fall „drehende Außenringe“ keine Versuche mit systematischer Analyse der Wirkmechanismen bekannt sind.

Verbesserte Bearbeitungsverfahren und höhere Stahlqualitäten in den letzten Jahren lassen die tatsächliche Lebensdauer gegenüber der rechnerischen steigen. Die Verbesserungen werden empirisch berücksichtigt. Zunächst hat man die dynamischen Tragzahlen stufenweise angehoben und später „Lebensdauer-Beiwerte“ eingeführt, um die Erlebenswahrscheinlichkeit, die Werkstoffreinheit und die Betriebsbedingungen rechnerisch zu erfassen.

Die Forschung im Bereich der Wälzlager ist noch lange nicht beendet. Es wird auch heute noch an den Lagern experimentiert und neue Berechnungsmodelle werden entwickelt.

Da heute die gesamten Einflüsse in der dynamischen Tragzahl  $C_r$  zusammengefasst sind, ist der Einfluss des inneren Lastkollektivs und des beanspruchten Volumens nicht mehr nachvollziehbar.

## Aktueller Stand des Projekts

Im Rahmen des Projekts wurde durch Herleitung der genauen Berechnungsgleichungen Transparenz erzeugt. Die Tragzahlen, Überlebenswahrscheinlichkeiten und/oder Lebensdauern für den Kontakt Wälzkörper/Innenring, Wälzkörper/Außenring und gesamtes Lager können nun getrennt berechnet werden. Die Lebensdauerberechnung erfolgt damit unabhängig von der Tragzahl  $C_r$ . Ebenso lassen die Formeln eine getrennte Berechnung der Lebensdauer für die beiden Fälle „drehender Innenring“ und „drehender Außenring“ zu.

Für die Berechnung der Wälzlagerlebensdauer wurde ein Berechnungstool entwickelt, das in Abhängigkeit von Lagerart, Profilierung der Wälzkörper, Lagerspiel und Kippung für jeden Wälzkörper über die Breite aller Hertzchen Größen, die Spannungen und die Einfederungen ermittelt und zur Verfügung stellt.

Zur Verifizierung der örtlichen Belastungen im Wälzkontakt „Wälzkörper/Innenring“ und „Wälzkörper/Außenring“ dienen zwei FEM<sup>1</sup>-Modelle. Das übergeordnete Makromodell dient zur Berechnung der Lastverteilung über die Wälzkörper in einem Zylinderrollenlager. Das zweite Modell berechnet ausgehend von den Lasten die örtliche Belastung im Wälzkontakt.

Damit die Wälzlager mit drehendem Außenring auf Lebensdauer getestet werden können, wurde ein Wälzlagerprüfstand entwickelt und gebaut (siehe Abbildung 1 bis 4). Hauptaugenmerk liegt darauf, die experimentell zu ermittelnden Exponenten  $c$ ,  $h$ , und  $e$ , gemäß der Formel von Lundberg und Palmgren  $\log \frac{1}{S} = \frac{\tau_0 \cdot C \cdot N^a \cdot l}{z_0^{b+1}}$ , durch Lebensdauerversuche für den Fall „drehender Außenringe“ zu bestimmen. In dieser Gleichung sind  $S$  die Überlebenswahrscheinlichkeit,  $\tau_0$  eine Belastungsgröße,  $N$  die Lastwechselzahl und  $a$ ,  $l$ ,  $z_0$  Geometriegrößen.

Die Abbildung 5 fasst die Gesamtauswertung der bereits durchgeführten Versuche zusammen. Bei den mit Pfeilen markierten Versuchen zeigen die geprüften Lager keine sichtbaren Schäden (die sogenannten Durchläufer). Diese Versuche wurden nach einer mehrfachen Lebensdauer aus Zeitgründen abgebrochen. Weitere Versuche sind bis Ende September 2019 geplant. Anschließend erfolgt eine statistische Auswertung der Versuche.

FEM<sup>1</sup> - Finite-Elemente-Methode



**Irina Schäfer, M. Eng.**

Mechatronik Institut  
Bocholt  
Tel.: +49 2871 2155-952  
irina.schaefer@w-hs.de



**Dr. Alfred J. H. Schoo**

Mechatronik Institut  
Bocholt  
Tel.: +49 151 4251 6322  
alfred.schoo@w-hs.de



**Prof. Dr. Franz-Josef Peitzmann**

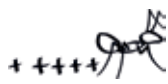
Mechatronik Institut  
Bocholt  
Tel.: +49 2871 2155-916  
franz-josef.peitzmann@w-hs.de

**Biologische Inspiration: Wüstenameise**

Sonnenkompass

Schrittintegration

Neigungsbestimmung



Beinkräfte

Heimvektor:  
Richtung & Entfernung



**Technische Problemstellung: Laufroboter**

Unwegsames Gelände

Keine Infrastruktur



Ressourcenschonende  
Implementierung



Störung von außerhalb

**Übertragen der Ameisennavigation auf Laufroboter**



**Forschung an der Westfälischen Hochschule in Kooperation mit der Universität Duisburg-Essen**

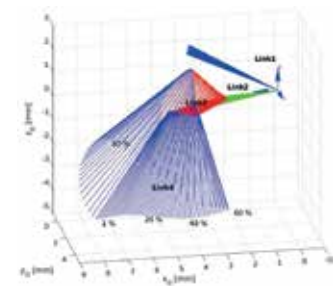
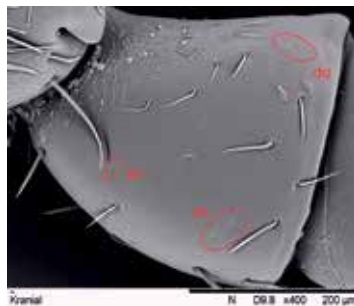


Abb. 1 (v. l. n. r.):

**Aufnahmen von Computertomographie, 3D-Rekonstruktion, Rasterelektronenmikroskopie**

Abb. 2:

**Matlab-Modell der Beinbewegung**

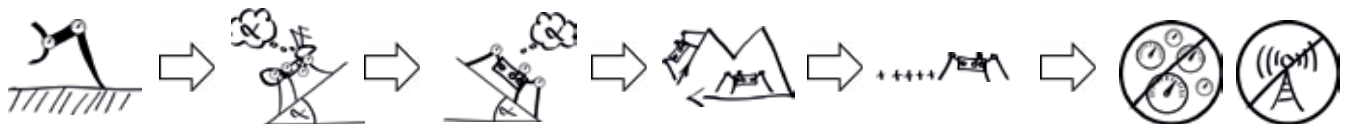


Abb. 3: Die Kraftsensoren liegen in der Nähe der Gelenke. Die Messung erlaubt der Ameise die Bestimmung der Neigung. Das Funktionsprinzip wird auf den Roboter übertragen und hierdurch ist die Positionsbestimmung im dreidimensionalen Raum möglich. Durch das Integrieren der Schritte sind keine zusätzlichen Sensoren oder externe Informationsquellen nötig.

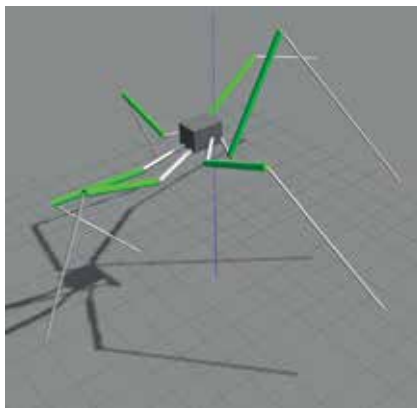


Abb. 4 (v. l. n. r.): **Robotisches Einzelbein, Mehrkörpersimulation, Roboterplattform**

# Orientierungssinn wie eine Ameise – ein bionisches Navigationssystem von der Inspiration bis zur Anwendung

Der bionische Entwicklungsprozess erlaubt es, Inspiration aus der Natur auf technische Herausforderungen zu übertragen und so innovative Lösungen zu entwickeln. Am Westfälischen Institut für Bionik erfährt dieses Prinzip Anwendung an der konkreten Problemstellung der Navigation von Laufrobotern. In Kooperation mit der Universität Duisburg-Essen (Prof. Dr.-Ing. Dieter Schramm, Lehrstuhl für Mechatronik) wird im Rahmen einer Doktorarbeit erforscht, welchen Beitrag die Wüstenameise leisten kann, damit Laufroboter in Zukunft schneller nach Hause finden.

Ziel der Arbeit ist die Entwicklung eines robusten Odometers, welches die Positionsbestimmung erlaubt. Dieses basiert auf den Erkenntnissen über die egozentrische Navigation der Wüstenameise *Cataglyphis fortis*, welche auch in widrigsten Umständen zuverlässig nach Hause zu ihrem Nest findet, wobei sie unabhängig von äußeren Informationsquellen agieren kann.

## Biologische Inspiration: Die Wüstenameise

Die Wüstenameise *Cataglyphis fortis* legt bei der Futtersuche Strecken zurück, die mehrere tausend Körperlängen übersteigen kann. Dennoch findet sie in sengender Mittagshitze und ohne sich in der kargen Umgebung an markanten Landmarken orientieren zu können zuverlässig zu ihrem Nest zurück.

Durch ausgefeilte Verhaltensstudien ist bekannt, dass die Tiere Kompassinformationen aus dem Sonnenstand extrahieren, wodurch sie ihre Richtung ermitteln können. Dazu integrieren sie jeden ihrer Schritte auf und wissen somit zu jedem Zeitpunkt ihre aktuelle Position, als einen Vektor aus Richtung und Entfernung zum Nestingang. Haben sie Futter gefunden, müssen sie diesem Vektor nur folgen, um nach Hause zu finden.

## Technische Anwendung: Laufroboter

Eine große Herausforderung für autonome Roboter ist die Navigation. Dies gilt insbesondere für Laufroboter, da diese vorwiegend in unwegsamem Gelände eingesetzt werden, wo keine externe Infrastruktur für die Positionsbestimmung vorhanden ist. Dies können beispielsweise Höhlenforschung, Unterwassereinsätze oder Weltraummissionen sein, in denen kein GPS-Signal empfangen werden kann und zusätzliche Infrastruktur unmöglich oder kostenintensiv aufzubauen wäre.

Überträgt man nun die Vorgehensweise der Wüstenameise auf den Roboter, so profitiert man mehrfach. Die Ameisenodometrie ist nicht nur unabhängig von externer Information, sondern zudem auch robust gegen Störungen von außerhalb, wegen des geringen Rechenaufwands schnell und dynamisch und erlaubt so ein Liveupdate der aktuellen Position.

Während die Entwicklung in zwei Dimensionen bereits erfolgversprechend ist, fehlt für die reale Anwendung ein wichtiger Schritt. Zwar ist bekannt, dass die Ameisen die Steigung des Untergrundes berücksichtigen. Jedoch ist die Frage wie genau dieser Mechanismus funktioniert Forschungsgegenstand der aktuellen Arbeit. Wenn diese Frage gelöst werden kann, so kann ein robustes, redundantes System zur Positionsbestimmung von Laufrobotern ohne zusätzliche Sensoren implementiert werden.

## Forschung

Die Bewegung der Beine (Kinematik) sowie ihre Form (Morphologie) werden an der Westfälischen Hochschule untersucht. Durch die bildgebenden Verfahren der Computertomographie und der Photogrammetrie kann die Form des Ameisenbeins bestimmt und zur Verfeinerung von Simulation und Robotertechnik eingesetzt werden. Hochauflösende Aufnahmen am Rasterelektronenmikroskop erlauben die Lokalisation der Kraftsensoren. Diese liegen mehrheitlich in der Nähe der Gelenke, so dass die ursprüngliche Hypothese der Kraftmessung verfeinert werden kann. Zu testen ist nun, ob die Messung der Drehmomente in den Gelenken oder den entsprechenden Servomotoren ausreichend ist, um die Steigung zu bestimmen. Der Bewegungsablauf wird in Hochgeschwindigkeits-Videoaufnahmen der Tiere nachverfolgt, digitalisiert und anschließend in die Simulation sowie auf den Roboter übertragen.

## Erprobung in der Anwendung

Das bionisch abstrahierte Funktionsprinzip der Ameisennavigation wird in einer Simulation und auf einer Roboterplattform getestet. Als erste Entwicklungsstufe wurde eine einbeinige Roboterplattform konstruiert. Die Verbindungsstücke wurden an der Westfälischen Hochschule am 3D-Drucker gefertigt. Sie sind über drei Servomotoren verbunden, welche die Bewegung an einer eigens konstruierten Schiene erlauben. Ein neigungsverstellbares Laufband ermöglicht die Messung bei verschiedenen Steigungen. So kann der Einfluss von Faktoren wie Beladung, Beingeometrie und Bewegungsablauf untersucht werden.

Die Messungen werden zur Validierung in einer Simulation gespiegelt. Zusätzlich erlaubt diese weitere Konfigurationen zu untersuchen, wie einen naturnahen Hexapod-Aufbau, welcher Schlüsse über die Ameise zulässt.

Die Untersuchungen werden durch Messungen an einer kommerziell erhältlichen Hexapod-Plattform vervollständigt, welche Feldversuche des implementierten Navigationssystems ermöglicht.

## Aktuelle Publikation //

SCHLÖGL, B., T. SEIDL, T. WÖHRL, T. BRUCKMANN und D. SCHRAMM, 2018. Odometrie bei Laufrobotern nach Vorbild der Entfernungs- und Steigungsmessung von Wüstenameisen *Cataglyphis spec.* In: *IFTtoMM, D-A-CH Konferenz*. doi:<https://doi.org/10.17185/dupublico/45300>



**Barbara Schlögl**  
Westfälisches Institut  
für Bionik  
Tel.: +49 2871 2155-  
967  
barbara.schloegl@  
w-hs.de



**Prof. Dr. Tobias Seidl**  
Westfälisches Institut  
für Bionik  
Tel.: +49 2871 2155-  
946  
tobias.seidl@w-hs.de

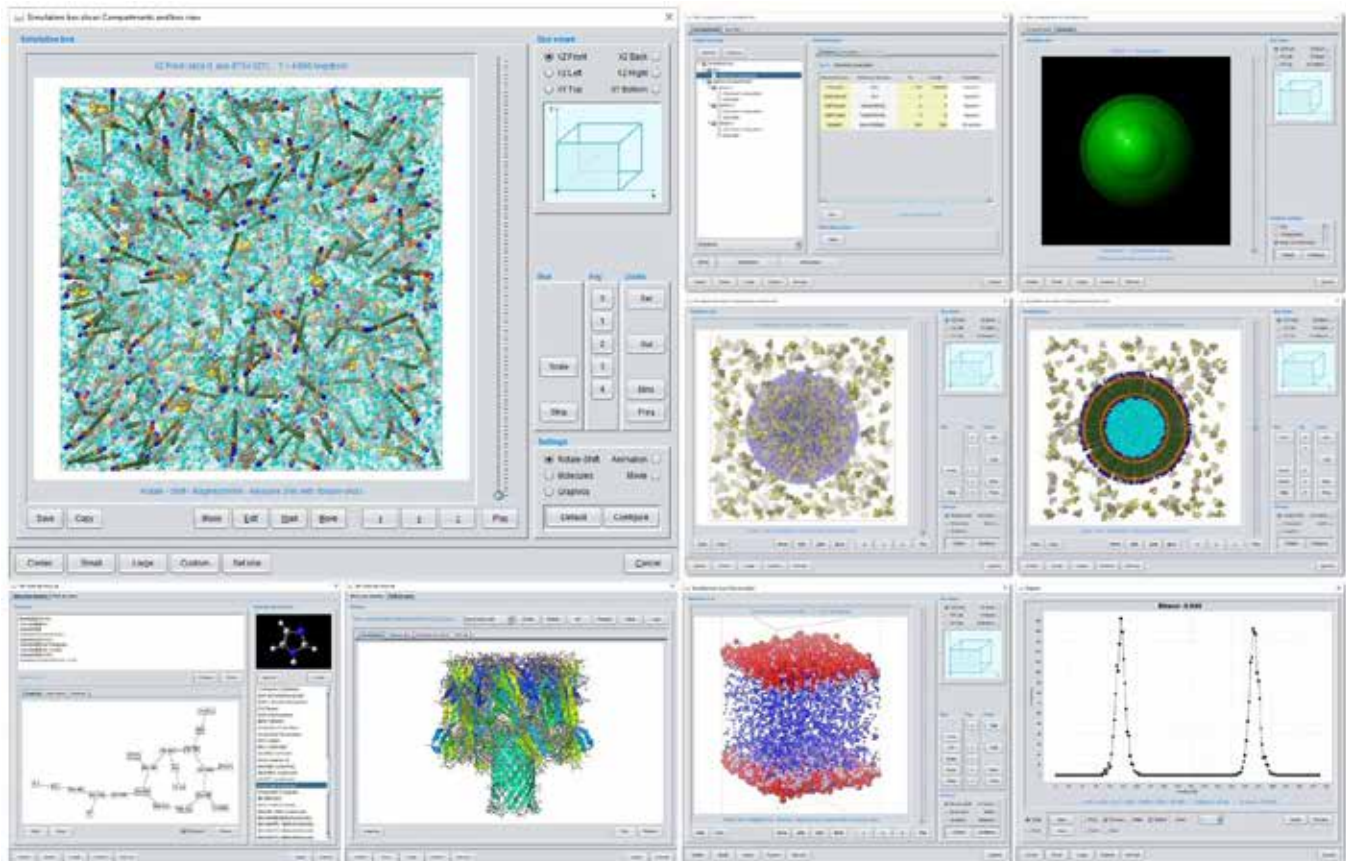
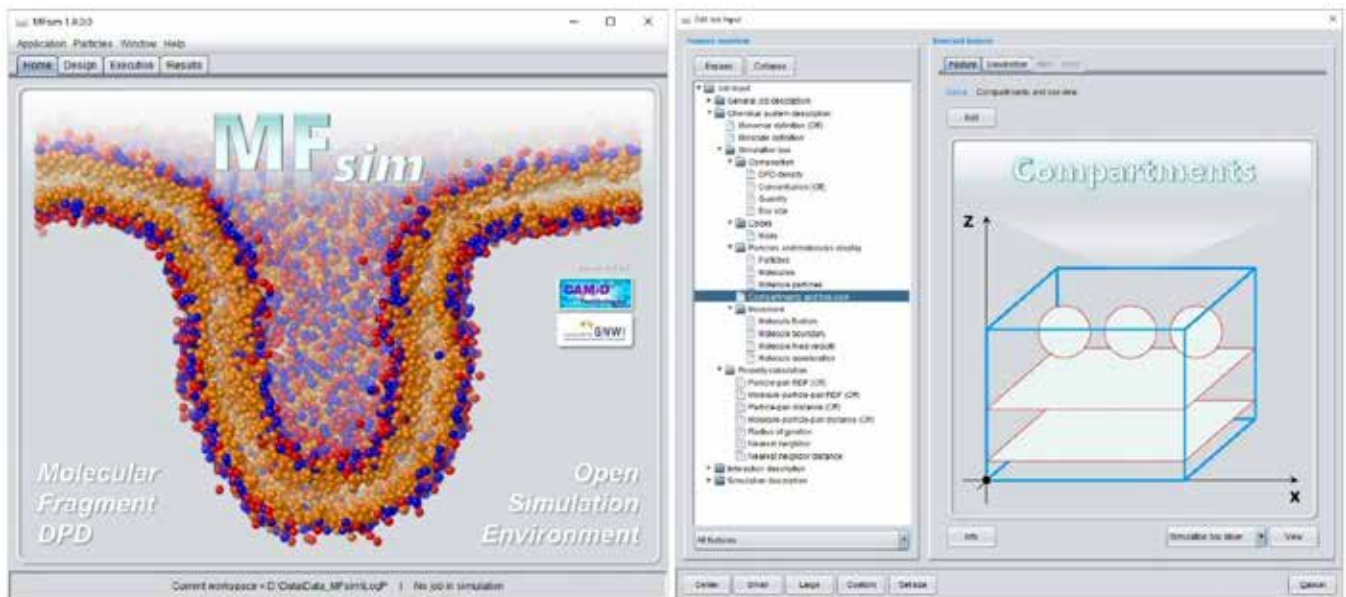


Abb. 1 und 2:

Screenshots der graphischen Benutzeroberfläche der neuen quelloffenen Applikation für die mesoskopische (bio)molekulare Simulation



# Mesoskopische Simulation

## großer (bio)molekularer Systeme

*Die grundlegenden physikalischen Gesetze für die ... gesamte Chemie sind damit vollständig bekannt* – mit diesen Worten charakterisierte der Nobelpreisträger Paul Dirac im Jahre 1929 die neue Quantentheorie, die auch das 21. Jahrhundert (nicht nur mit Digitalisierung und Industrie 4.0) in Atem halten wird. Aber schon für kleine chemische Moleküle sind die grundlegenden physikalischen Bewegungsgesetze viel zu kompliziert, so dass für praktische Berechnungen nur (zum Teil drastisch) vereinfachte Näherungen zum Einsatz kommen. Mesoskopische Näherungsverfahren dienen dem Verständnis der Bewegung großer molekularer Systeme mit Millionen von Atomen: Sie beschreiben die Dynamik der Nanowelt, die vielfältigen Materialeigenschaften als auch medizinisch bedeutsamen molekularbiologischen Vorgängen zugrunde liegt.



**Karina van den Broek,  
M.Sc.**

Kooperative Doktorandin



**Prof. Dr.  
Achim Zielesny**

Tel.: +49 2361 915-530  
achim.zielesny@  
w-hs.de

### Entwicklung einer computergestützten Applikation

Eine integrierte computergestützte Applikation für die (bio)molekulare mesoskopische Simulation wurde in den vergangenen Jahren im Rahmen eines Gemeinschaftsprojekts von CAM-D Technologies (Essen, Geschäftsführer Dr. Hubert Kuhn), der Anorganischen Chemie und dem Zentrum für Nanointegration an der Universität Duisburg-Essen (Prof. Dr. Matthias Epple) und der Westfälischen Hochschule entwickelt. Sie umfasst mehrere hunderttausend Zeilen Programmcode und wird quelloffen (*open source*) auf einer internationalen Softwareplattform sowie in der Fachliteratur publiziert. Für Wissenschaftler aus Industrie oder Hochschule stellt sie eine graphische Benutzeroberfläche zur Verfügung (siehe Abbildungen), die alle Aspekte einer Simulationsstudie unterstützt: So wird die Definition der molekularen Startgeometrie über Molekül-, Protein- oder Kompartiment-Editoren komfortabel ermöglicht, *state-of-the-art*-Algorithmen zur Integration der Bewegungsgleichungen nutzen moderne Mehrkern-Prozessoren in optimierter Weise, schließlich können für die Auswertung hochaufgelöste Simulationsanimationen sowie animierte Eigenschaftsdiagramme per Mausklick erstellt werden.

Bestandteile und Teilaspekte des umfangreichen Entwicklungsprojekts sind bereits in internationalen wissenschaftlichen Fachjournalen publiziert [1-4]. Nicht zuletzt haben zahlreiche besonders befähigte und engagierte Studierende im Projektrahmen ihre Bachelor-, Master- und Doktorarbeiten erfolgreich angefertigt – ein Umstand, der zeigt, dass anspruchsvolle Forschungs- und Entwicklungsprojekte die wissenschaftliche Lehre und Ausbildung in hervorragender Weise unterstützen.

### Aktuelle Publikationen //

[1] VAN DEN BROEK, K., M. DANIEL, M. EPPLÉ, H. KUHN, J. SCHAUB and A. ZIELESNY, 2018. SPI-CES: a particle-based molecular structure line notation and support library for mesoscopic simulation. In: *Journal of Cheminformatics*. 10:35. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1186/s13321-018-0294-7>

[2] VAN DEN BROEK, K., H. KUHN and A. ZIELESNY, 2018. Jdpd: an open Java simulation kernel for molecular fragment dissipative particle dynamics. In: *Journal of Cheminformatics*. 10:25. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1186/s13321-018-0278-7>

[3] TRUSZKOWSKI, A., K. VAN DEN BROEK, H. KUHN, A. ZIELESNY and M. EPPLÉ, 2015. Mesoscopic Simulation of Phospholipid Membranes, Peptides, and Proteins with Molecular Fragment Dynamics. In: *Journal of Chemical Information and Modeling*. 55(5), 983-997.

[4] TRUSZKOWSKI, A., M. DANIEL, H. KUHN, S. NEUMANN, C. STEINBECK, A. ZIELESNY and M. EPPLÉ, 2014. A molecular fragment cheminformatics roadmap for mesoscopic simulation. In: *Journal of Cheminformatics*. 6:45. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1186/s13321-014-0045-3>

### Projektinformation //

Karina van den Broek ist kooperative Doktorandin der Universität Duisburg-Essen und der Westfälischen Hochschule.

Tab.1: **Materialien, die in dieser Studie verwendet werden und ihre physikalischen Dichte-Werte und ihre relative Elektronendichten**

Die HU-Werte quantifiziert auf der CHU- und EHU-Skala und ihre Differenz (in %) sind dargestellt.

Material $x$	$\rho(x)$ [ $\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ ]	$\rho_e(x)$ ( $\rho_e(\text{H}_2\text{O}) = 3.343 \frac{1}{\text{cm}^3}$ )	CHU [HU]	EHU [HU]	$\Delta\text{HU}$ [%]
Aluminium (Al)	2.70	2.34	2132 $\pm$ 83	2039 $\pm$ 313	4.36
Titan (Ti)	4.50	3.73	3070 $\pm$ 0.65	6100 $\pm$ 503	98.70
Chrom (Cr)	7.14	5.94	3070 $\pm$ 0.77	7260 $\pm$ 737	136.48
Kupfer (Cu)	8.92	7.33	3071 $\pm$ 0.32	8584 $\pm$ 814	179.52

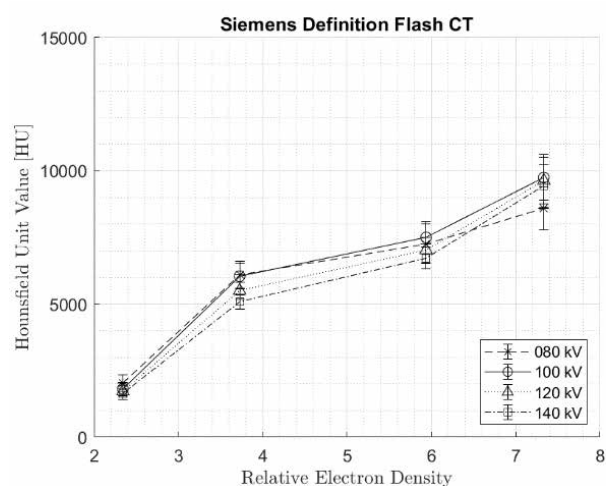


Abb.1:

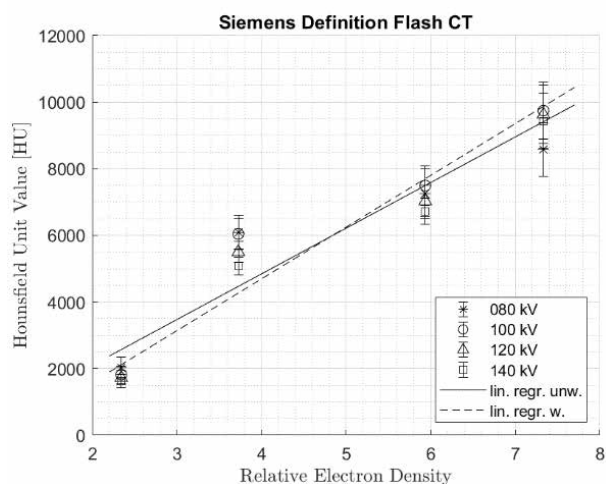
**Darstellung der Spannungsabhängigkeit der HU-Werte für alle Metallproben**

Abb.2:

**CT/HU-Kalibrierkurven** - eine gewichtete und ungewichtete lineare Regression, die unter Berücksichtigung der Spannungsabhängigkeit der HU-Werte berechnet wird.**Aktuelle Publikationen zum Thema //**

[1] GAUTER-FLECKENSTEIN, B., C.W. ISRAEL, M. DORENKAMP, J. DUNST, M. ROSER, R. SCHIMPF, V. STEIL, J. SCHAEFER, U. HOELLER, and F. WENZ, 2015. DEGRO/DGK guideline for radiotherapy in patients with cardiac implantable electronic devices. *Strahlentherapie Onkologie* vol.191, pp. 393–404.

[2] ZAREMBA, T, 2015. *Radiotherapy in Patients with Pacemakers and Implantable Cardioverter-Defibrillators*. PhD Thesis, Aalborg University.

[3] ESE Z., S. QAMHIYEH, J. KREUTNER, G. SCHAEFERS, D. ERNI and W. ZYLKA, Jan. 2019. The CT extended Hounsfield unit range for higher precision in radiotherapy treatment planning for patients with active implantable medical devices. *IFMBE Proc.*, Springer Nature, (DOI: 10.1007/978-981-10-9023-3\_111), vol. 68/3, pp.599-603.

[4] ESE Z., M. KRESSMANN, J. KREUTNER, G. SCHAEFERS, D. ERNI and W. ZYLKA, April 2018. Influence of conventional and extended CT-scale range on quantification of Hounsfield units of medical implants and metallic objects. *tm-Teschnisches Messen*, (DOI: 10.1515/teme-2017-0122), vol. 85, no. 5, pp. 343-350.

# Ein Beitrag zur Planung der Strahlentherapie für Patienten mit passiven und aktiven Implantaten

Die Zahl der Patienten mit implantierbaren Medizinprodukten, die eine Strahlentherapie aufgrund einer malignen Tumorerkrankung erhalten, steigt stetig [1,2]. Die Wechselwirkungen ionisierender Strahlung mit aktiven implantierbaren Medizinprodukten (AIMD) sind bisher nicht ausreichend erforscht. Es werden Fehlfunktionen von AIMDs während und nach einer Behandlung mit ionisierender Strahlung beobachtet. Fehlfunktionen können die Patientensicherheit massiv beeinträchtigen. Eine Strahlendosis- und Strahlenenergiebegrenzung für AIMDs konnte bisher nicht definiert werden. Viele Institutionen folgen den Richtlinien der Arbeitsgruppe Nr. 34 der American Association of Physicists (AAPM), die im Jahre 1994 publiziert wurden. Dieser 25 Jahre alte Bericht berücksichtigt nur Herzschrittmacher mit veralteter Technik. Ebenfalls haben sich über die Jahre die Strahlentherapieeinheiten und -techniken verändert. Folgende grundlegende Empfehlungen werden vom AAPM-Bericht ausgesprochen: (i) die Positionierung des Herzschrittmachers im Direktstrahl vermeiden und (ii) die Gesamtdosis für den Herzschrittmacher auf 2 Gy begrenzen. Fallberichte zeigen jedoch, dass auch unterhalb dieser Schwelle Fehlfunktionen auftreten können [2]. Allerdings ist es nach wie vor schwierig die Dosis am AIMD während der Bestrahlung zu erfassen. Zum einen, weil In-vivo-Messungen während der Strahlenexposition nicht möglich sind und zum anderen, weil die AIMDs meist außerhalb des Bestrahlungsfelds liegen und so dem Streustrahlungsfeld ausgesetzt sind. Trotz alledem verfahren die Kliniken nach ihren eigenen Erfahrungen oder richten sich nach dem veralteten AAPM-Bericht.

## Dosimetrisches Problem

In einer modernen Planungssoftware (TPS) in der Strahlentherapie ist bekannt, dass die Genauigkeit der Dosisberechnung mit zunehmendem Abstand von der Feldkante abnimmt. Die peripheren Dosen hängen von der Strahlenergie, der Feldgröße und dem Abstand vom Feldrand ab und werden in der Regel auf der Grundlage früherer Publikationen eingeschätzt. Die Dosisberechnung und Strahlmodellierung der TPS basiert auf gewebespezifischen Röntgen-Absorptionswerten, welche aus Daten der Computer-Tomographie (CT), gemessen in Hounsfield-Einheitenwerten (HU), gewonnen werden.

Die meisten CT-Scanner verwenden eine begrenzte, sogenannte konventionelle HU-Skala (CHU). Diese ermöglicht die Darstellung der unterschiedlichen Körpergewebe und sind eingeschränkt bei der Erfassung von Materialien mit einer höheren Atomdichte. So saturieren Implantat-Materialien insbesondere die Metalle bei dem CHU-Maximum. Darüber

hinaus verursachen hochdichte Materialien CT-Bildartefakte, die anatomische Strukturen als auch die Geometrie des Objekts selbst überlagern. Um eine genauere Dosisberechnung für die Strahlentherapieplanung zu erreichen, sollten die HU-Werte von Implantat-Materialien im CT möglichst präzise erfasst werden. Für aktive Implantate ist zu klären, bei welcher Strahlenenergie und Dosis die Wahrscheinlichkeit einer Fehlfunktion erhöht ist.

## Die erweiterte Hounsfield Unit Skala (EHU)

In der Computer-Tomographie wird die Hounsfield-Einheiten-Skala verwendet, um die Absorption von Röntgenstrahlen im Gewebe zu beschreiben und sie in einem Graustufenbild darzustellen. Der HU-Wert eines bestimmten Materials mit dem Röntgenabsorptionsgrad  $\mu$  basiert auf Wasser und wird wie folgt berechnet:

$$HU(\mu) = \left[ \frac{\mu}{\mu_{H_2O}} - 1 \right] 1000 \text{ HU.}$$

Diese Definition enthält zunächst keine Ober- und/oder Untergrenze für die HU-Skala. In der klinischen Praxis hat sich der Bereich von [-1024 HU; +3071 HU] mit einer Datenerfassung von 12-Bit (4096 Werte mit einer Auflösung von 1 HU) etabliert. Materialien mit hoher Atommasse bewirken jedoch eine noch stärkere Absorption, bis hin zur Gesamtabsorption. Eine erweiterte HU-Skala wurde analysiert, um eine mögliche Verbesserung für die Darstellung von Metallen zu erreichen [3, 4]. Die EHU-Skala der Siemens-CTs, die in dieser Studie verwendet wurden, reicht von [+10240 HU; +30710 HU] und verwendet ebenfalls 12-Bit. Um diesen HU-Wertebereich mit 12 Bit zu ermöglichen, wurde auf diesen Geräten eine Auflösung von 10 HU implementiert.

## Kalibrierung der EHU-Skala

Die in der Tabelle 1 dargestellten Metallproben (Durchmesser  $\phi = 20$  mm, Dicke  $D = 5$  mm, Reinheit  $P \geq 99.5\%$ ) wurden in dieser Studie verwendet. CT-Scans der Proben wurden mit einem Standard-CT-Protokoll durchgeführt. Die Bilder wurden jeweils auf der CHU- und EHU-Skala rekonstruiert (siehe Tab.1). Für die HU-Quantifizierung der Metalle wurde eine rechteckige „Region of Interest (ROI)“ der Größe  $11 \text{ px} \times 3 \text{ px}$  auf der Zentralschicht der Probe gewählt. Die HU-Werte wurden mit der Software Varian Eclipse™ und einem selbst entwickelten MATLAB-Algorithmus quantifiziert. Um den Einfluss der Röhrenspannung auf erweiterte HU-Werte zu analysieren, wurde die Röhrenenergie von 80 kV bis 140 kV in Schritten von 20 kV variiert (siehe Abb. 1). Eine CT-Kalibrierkurve wurde berechnet, indem eine lineare Regression, durch die bei verschiedenen kV-Energien bestimmten HU-Profilen, angepasst wurde (siehe Abb. 2).

## Fazit und Vision.

Die EHU-Reihe reproduziert HU-Werte von Materialien mit hoher Dichte besser und eignet sich daher für die Dosisberechnung in der Strahlentherapie. Der quantifizierte HU-Wert hängt jedoch stark von der gewählten ROI-Größe und -Position ab. Die HU-Werte zeigen auch eine Spannungsabhängigkeit. Je höher die Röhrenspannung, desto kleiner ist der HU-Wert für das spezifische Material. Die berechneten HU-Werte für das Metall könnten mit Einschränkungen verwendet werden, um die in der TPS verwendeten CT-Kalibrierungskurven zu erweitern und genauere Dosisberechnungen für Patienten mit metallischen Implantaten zu ermöglichen. Um eine genaue In-vivo-Dosisüberwachung von Implantaten zu ermöglichen, werden zurzeit weitere Untersuchungen durch In-vitro-Messungen und Monte-Carlo-Analysen durchgeführt.



**Zehra Ese, M.Sc.**  
Kooperative Doktorandin



**Prof. Dr. Waldemar Zylka**  
Tel.: +49 209 9596-579  
waldemar.zylka@w-hs.de

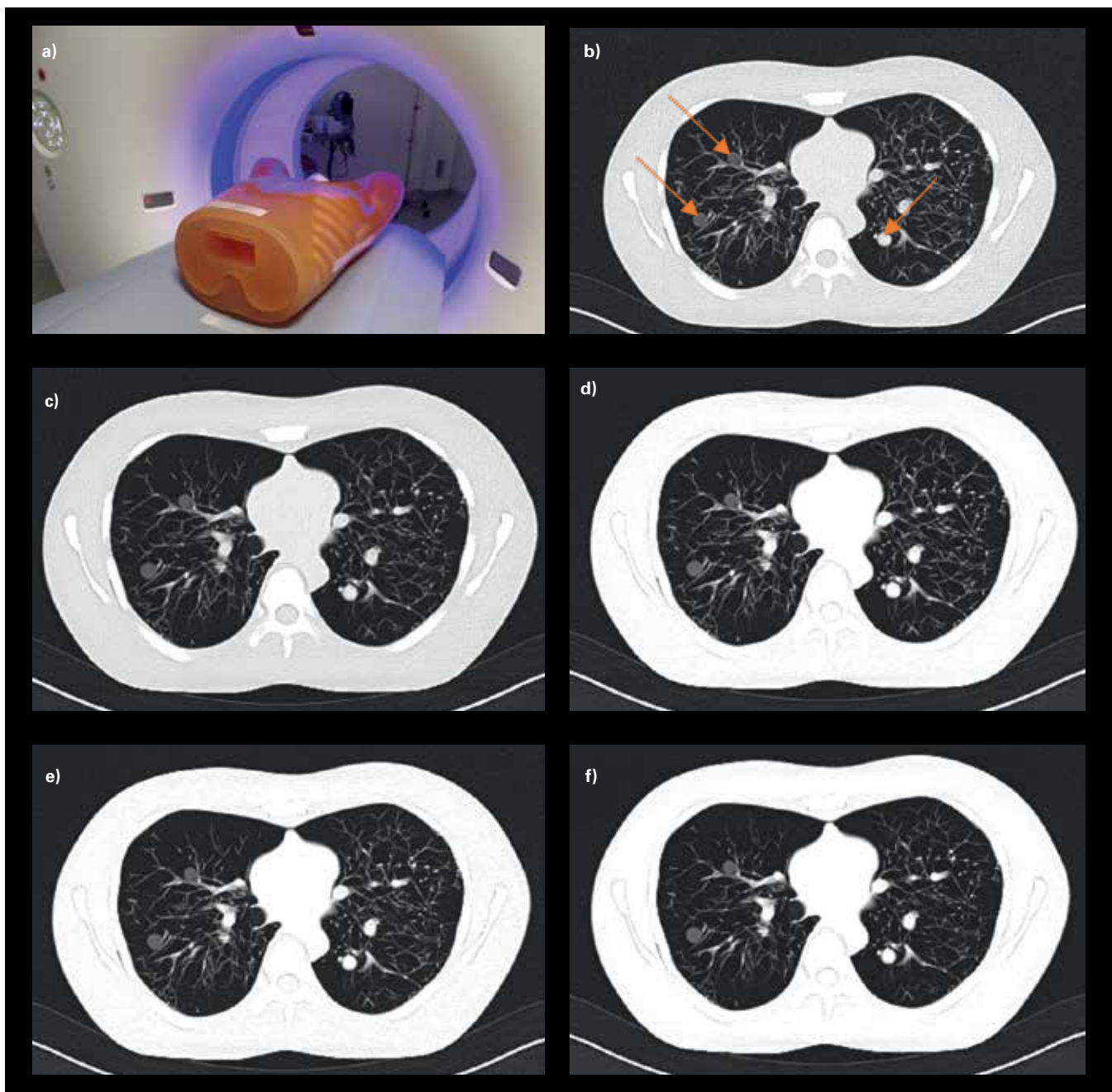


Abb. 1:

Die Aufnahmeposition des LUNGMAN-Phantoms innerhalb der CT-Gantry zeigt Bild a). Die Bilder b)-f) zeigen im Vergleich ein axiales Schnittbild der artifiziiellen Lungenstruktur mit Anschnitt der Lungenkrebsknotenmodelle. Die orangen Pfeile in b) zeigen auf die künstlichen Rundherde, zwei in der rechten Lunge und einen in der linken Lunge. Gemeinsame Parameter der CT-Bilder sind Schichtdicke/Kernel/FOV = 5/BL57/300. Aufnahmeprotokoll und Rekonstruktionsmethode sind in b) Standard (high-contrast)-Protokoll und FBP, c) Standard (high-contrast)-Protokoll und IR3 (mittlere Stärke des iterativen Algorithmus), d) low-dose-Protokoll und IR3, e) ultra-low-dose-Protokoll und IR3 und in f) ultra-low-dose und IR5 (höchste Stärke des Algorithmus), verwendet worden.

Die Detektion und Beurteilung von Lungenkrebsknoten muss immer vor dem Hintergrund der kumulativen Strahlendosis des Patienten diskutiert werden. Das Aufnahmeprotokoll für die Bilder b)-c) weist einen um -70,1% geminderten Volumen Computertomographie-Dosis-Index CTDIvol vor, in d) -73,5% und in e)-f) von -86,9% gegenüber dem durch das Bundesamt für Strahlenschutz, Deutschland, vorgegebenen Referenzwert für ein Standard-CT-Protokoll der Lunge.

#### Quellen und aktuelle Publikation zum Thema //

[1] ZENTRUM FÜR KREBSREGISTERDATEN IM ROBERT KOCH-INSTITUT, 2017. Verfügbar unter:

[https://www.krebsdaten.de/Krebs/DE/Content/Publikationen/Krebs\\_in\\_Deutschland/kid\\_2017/kid\\_2017\\_c33\\_c34\\_lunge.pdf](https://www.krebsdaten.de/Krebs/DE/Content/Publikationen/Krebs_in_Deutschland/kid_2017/kid_2017_c33_c34_lunge.pdf)

[2] Center for Statistical Sciences, Brown University, Providence, United States of America, 2011. The National Lung Screening Trial: Overview and Study Design. *Radiology J.* 258, 243-253.

[3] Siemens Healthineers GmbH, Erlangen, Deutschland.

[4] KÖNIG B., N. GUBERINA, H. KÜHL and W. ZYLKA, 2019. Design and first results of a phantom study on the suitability of iterative reconstruction for lung-cancer screening with low-dose computer tomography. *Current Directions in Biomedical Engineering* 5 (1).

# Signifikanz der iterativen Rekonstruktion für Lungenkrebs-Screening mit Low-Dose-Computer-Tomographie

Lungenkrebs ist die häufigste Krebstodesursache bei Männern und die zweithäufigste Krebstodesursache bei Frauen. Das Zentrum für Krebsregisterdaten prognostizierte für das Jahr 2018 in Deutschland 33 700 Neuerkrankungen bei Männern und 22 000 bei Frauen [1]. Die Einführung eines Lungenkrebs-Screenings mit sog. Low-Dose-Computertomographie (LDCT), d. h. einer systematischen Voruntersuchung mit Röntgen-CT niedriger Dosis bei der Risikogruppe starker Raucher in Deutschland, wird kontrovers diskutiert. Aus dem US-amerikanischen „Lung Cancer Screening Trial“ (NLST) im Jahr 2011 ergibt sich, dass durch das LDCT-Screeningverfahren das relative Risiko in der Risikogruppe an Lungenkrebs zu sterben um 20 % gesenkt werden könnte, was einer absoluten Risikoreduktion von 0,3 % entspricht [2]. Ein wichtiger Vorbehalt gegenüber Lungenkrebs-Screening ist neben falschpositiven Ergebnissen, Folgebehandlungen, Komplikationen, relevanten Kosten und psychischen Faktoren, die kumulative Strahlendosis, die der Patient erhält.

Eine erste Strategie zur Reduktion der Patientendosis ist die automatische Röhrenstrommodulation. Hierbei wird der Strom der Röntgenröhre in Abhängigkeit des Patientenhabitus gesenkt. Allerdings zeigt die LDCT bei Verwendung der etablierten gefilterten Rückprojektion (FBP) für die Bildrekonstruktion, eine erniedrigte Bildqualität und damit eine geringere diagnostische Performance des Radiologen. Die erst in den letzten Jahren entwickelten sog. iterativen Rekonstruktionsalgorithmen (IR) stellen eine Alternative zur FBP dar. Diese IR-Methoden können auch das Wissen über das Bildgebungssystem (Rauscheigenschaften, Bildeigenschaften, Geometrie, etc.) in den Rekonstruktionsprozess einbeziehen und erzeugen schon heute eine gegenüber FBP verbesserte Bildqualität bei verringerter Strahlendosis.



**Britta König, M. Sc.**  
Kooperative Doktorandin  
britta.koenig@  
stud.uni-due.de



**Prof. Dr. Waldemar Zylka**  
Tel.: +49 209 9596-579  
waldemar.zylka@  
w-hs.de

## Quo vadis?

Einer der neuesten IR-Algorithmen heißt „Advanced Modeled Iterative Reconstruction“ (ADMIRE) [3]. Zusätzlich zu seinem iterativen Lösungsansatz verwendet er sowohl das Wissen über die Zählstatistik der am Detektor einfallenden Photonen, Modelle der Geometrie des CT-Scanners, der Flying-Focal-Spot-Technik der Röhre, u. a., als auch einen mathematischen Ansatz zur Texturverbesserung, durch intelligentes Trennen von Objekt- und Rauschinformation. Dieses Wissen kann bei der Rekonstruktion „dosiert“ in zunehmender Stärke zum Einsatz kommen.

ADMIRE rekonstruierte LDCT-Bilder weisen jedoch mit zunehmender Stärke einen gegenüber den mit FBP rekonstruierten Bildern einen „plastifizierten“ Bildeindruck. Vorbehalte gegenüber dem veränderten Bildeindruck seitens der Mediziner und sein potentieller Einfluss auf die diagnostische Performance bei der Detektion von Lungenknoten in LDCT, sind ein Anreiz für die Durchführung einer vergleichenden Überprüfung der Bildqualitätsfaktoren und der diagnostischen Performance im Rahmen einer Dissertation.

Hierbei werden neben humanen Observern (engl.: Beobachtern, z. B. Radiologen) auch mathematische Modell-Observierer als objektivierbare quantitative Metrik eingesetzt. Ziel ist es, die Hypothese „iterative Rekonstruktion führt bei geringer Strahlung im Lungenkrebs-Screening zu gleichen diagnostischen Ergebnissen“ zu bestätigen oder abzulehnen. Hierzu werden Phantomkörper mit eingesetzten artifiziellen Lungenkrebsknoten in einem CT gescannt, die Bilder mit dem IR-Algorithmus (ADMIRE) in unterschiedlichen Stärken rekonstruiert und von Observern begutachtet.

## Status Quo

Kugel bzw. Spikulae (Kugeln mit Fortsätzen) mit Durchmessern zwischen 8 mm und 24 mm mit gewebeäquivalentem Absorptionsverhalten bilden die Lungenkrebsknoten in der Detektionsaufgabe. Die erste Messreihe verwendet die Lungenkrebsknoten im LUNGMAN, einem Phantom das neben der Lunge auch Trachea, Herz, Diaphragma-Abdomen-Block enthält. Die CT-Bilder wurden mit FBP und fünf verschiedenen Stärken der IR-Rekonstruktion auf einem Somatom Force CT [3] in der Strahlenklinik des Universitätsklinikums Essen akquiriert. Es wurde ein Standard (51 mAs)-, low-dose (40 mAs)- und ultra-low-dose (20 mAs)-Protokoll eingesetzt. Aus dem Dosislängenprodukt wurde die effektive Strahlendosis berechnet.

Zurzeit befunden Radiologen mit unterschiedlicher beruflicher Erfahrung die Lungenknoten in zweiundsiebzig anonymisierten Bilderserien (62 Bilder/Serie) der ersten Messreihe. Die subjektive Bildqualität wird über eine 6-Punkt-Likert-Skala erfasst. Darüber hinaus werden objektive Bildqualitätsfaktoren, z. B. Signal- und Kontrast-Rausch-Verhältnis, erhoben [4].

## Ausblick und Fazit

In Vorbereitung befindet sich die Beurteilung der IR-Rekonstruktion mit einem 4-Alternative-Forced-Choice (4-AFC)-Test. Zusätzlich wird eine Klassifizierungsaufgabe (Signal vorhanden/Signal abwesend) aus gewählten Bildausschnitten der Bilderserien erstellt und durch humane und Modell-Observierer ausgeführt. Die Bewertung der Leistung der diagnostischen Performance der Observer wird durch Receiver-Operating-Characteristic (ROC)-Kurven und andere statistische Methoden ermittelt. Die Ergebnisse können die Akzeptanz von iterativen Rekonstruktionsalgorithmen für LDCT-Lungenkrebs-Screening erhöhen und den Einsatz des Verfahrens wegen der deutlich reduzierten Strahlenbelastung befürworten.



Abb.1:

Im Museum verbindet sich die App automatisch mit dem dortigen Museumsnetz und zeigt die Ausstellungen an, die zur Verfügung stehen. Nachdem die ausgewählten Ausstellungen heruntergeladen und eine Ausstellung ausgewählt wurde, kann mit der Zifferntastatur die Information zu einem Objekt abgerufen werden. Zu jedem Objekt kann es ein Audio, einen Text sowie maximal drei Bilder mit zugehörigen Texten geben. Jeder Text wird vom System vorgelesen, wenn er lange gedrückt wird.



Abb.2:

Erstmals wurde *em³guide* in der Sonderausstellung „... davon ich sing'n und sagen will – Luther-Lieder und Herzenslieder“ im Karl-Pollender-Stadtmuseum in Werne eingesetzt. Zur Ausstellungseröffnung wurde die App von Larissa Blasczyk, Museumsleiterin Dr. Constanze Döhner, Prof. Dr. Andreas M. Heinecke, Kantor Dr. Hans-Joachim Wensing und Dagmar Borowski-Wensing (von links, Foto: WH/MV) präsentiert.

Larissa Blasczyk hatte als studentische Praktikantin das museumspädagogische Begleitkonzept für die Ausstellung entwickelt. Das Ehepaar Borowski-Wensing hatte im Tonstudio die, mit Hilfe der App, hörbar gemachten Luther-Lieder eingespielt.

„Wir haben sehr viel positives Feedback erhalten, ... Zudem hat die Nutzung die Praxistauglichkeit der App unter Beweis gestellt:

Viele Besucher haben ohne Mühe das Programm auf dem eigenen Smartphone genutzt, die Übrigen sind gut mit der Nutzung auf unseren Geräten zurecht gekommen. Ich hoffe, dass viele weitere Museen die App nutzen werden – wir werden es auf jeden Fall gerne wieder tun!“

Dr. Constanze Döhner, Leiterin des Karl-Pollender-Stadtmuseums Werne

Abb.3:  
*em³*-Logo

# Em<sup>3</sup>guide – Der einfache multimediale Museumsführer

Fast alle Personen, die ein Museum besuchen, führen auch ein Smartphone bei sich. Warum sollten Museen also noch spezielle Geräte anschaffen, die nichts weiter können, als Audios abzuspielen? Apps auf dem Smartphone können die herkömmlichen Audio-Guides ersetzen und darüber hinaus Bilder und Texte zeigen, und auch Videos und Animationen sind denkbar. Ein solcher multimedialer Museumsführer kann auch die Funktion eines Ausstellungskatalogs übernehmen.

## Informationsvermittlung im Museum

Traditionell geschieht die Vermittlung von Informationen zu ausgestellten Objekten durch Texttafeln in der Nähe des jeweiligen Objekts. Die Länge und Darstellung der Texte hängt dabei von räumlichen Restriktionen und didaktischen Überlegungen ab sowie einem übergeordneten Design-Konzept. In letzter Zeit gibt es bei Neugestaltungen einen Trend zur Reduzierung sowohl der Anzahl der ausgestellten Objekte als auch der Länge der den Objekten zugeordneten Texte. Als Ergänzung zu den Texttafeln, insbesondere wenn diese kurz gehalten sind, werden vielfach Führungsblätter oder Ausstellungskataloge angeboten, die ausführlichere Informationen zu den Objekten enthalten.

Neben der visuellen Informationsvermittlung durch Texte und auch Bilder gibt es die auditive Vermittlung mit Audio-Guides. Hierbei werden spezielle Abspielgeräte an die Besucherinnen und Besucher ausgegeben, auf denen Tonaufnahmen gespeichert sind. In vielen Fällen verfügen die Geräte über eine Zifferntastatur, mit der die Nummer des Ausstellungsobjekts beziehungsweise der Station eingetippt wird, zu der jemand Informationen hören möchte. Die Texttafeln müssen dann die Nummer des jeweiligen Objekts tragen, können aber ansonsten sehr kurz gehalten werden. Nachteilig sind die hohen Kosten für die Geräte, für deren Reinigung und Wartung und für die Tonaufnahmen mit professionellen Sprecherinnen und Sprechern.

## Einsatz von Berührbildschirmen und mobilen Geräten

In der zweiten Hälfte der 1980er Jahre begannen viele Museen damit, Computer für die Informationsvermittlung einzusetzen. Aus Kostengründen wurden meist nur einzelne Anwendungen zu einem oder wenigen Objekten oder Themen installiert. Häufig handelte es sich um Terminals oder Installationen mit einem Berührbildschirm, auf dem durch Antippen Informationen ausgewählt werden können, die dann auf dem Bildschirm angezeigt oder auf eine Wand oder das Objekt selbst projiziert werden.

Mit der zunehmenden Verbreitung mobiler Geräte wie Tablets oder Smartphones sind auch Anwendungen für diese Geräte (Apps) zur Informationsvermittlung entwickelt worden. Vorteilhaft ist dabei, dass anders als bei POI-Systemen\* viele Besucherinnen und Besucher gleichzeitig auf die Informationen zugreifen können und hierfür ihre eigenen Geräte benutzen. Allerdings haben solche Apps auch Nachteile. Oft ist die Benutzung nicht so einfach wie bei den klassischen Audio-Guides. Die individuelle Programmierung kann erhebliche Kosten verursachen. Eine App die – kostenlos oder gegen eine Gebühr – heruntergeladen werden kann und alle Informationen über eine Ausstellung enthält, macht eigentlich den Museumsbesuch unnötig. Daher sind manche Museen dazu übergegangen, eine solche App so zu gestalten, dass sie nur innerhalb des Museums funktioniert. Dann können die Besucherinnen und Besucher aber keine Informationen mit nach Hause nehmen.



**Prof. Dr. Andreas M. Heinecke**

Tel.: +49 209 9596-788  
andreas.heinecke@w-hs.de

## Das Konzept von em<sup>3</sup>guide

Der einfache multimediale Museumsführer em<sup>3</sup>guide vermeidet die genannten Nachteile von Apps. Er kann kostenlos als App für Smartphones und Tablets unter Android und iOS heruntergeladen werden, ist aber nur ein Abspielprogramm ohne die Daten zur Ausstellung. Diese Daten gibt es nur vor Ort in der Ausstellung des Museums. Hier können die Besucherinnen und Besucher die gewünschten Ausstellungen herunter-

laden. Dabei ist es dem Museum möglich, verschiedene Ausstellungen (z. B. Dauer- ausstellung und Sonderausstellungen) anzubieten und auch in verschiedenen Sprachen oder in unterschiedlichen Versionen für Kinder und Erwachsene.

Die Daten bleiben auf dem Gerät, bis der Benutzer oder die Benutzerin sie löscht, können also auch nach dem Besuch noch in Ruhe angeschaut und angehört werden. Die Bedienung ist denkbar einfach und orientiert sich an den klassischen Audio-Guides. An den Ausstellungsobjekten befinden sich Zahlen, die über eine Zifferntastatur eingegeben werden. Daraufhin erscheinen die Bilder, Texte und Klänge zum jeweiligen Objekt. Alle Texte können wahlweise auch vom Gerät vorgelesen werden. Damit es in der Ausstellung nicht zu laut wird, kommen die Klänge in der Voreinstellung aus dem Telefonhörer.

## Technische Voraussetzungen

Im Museum muss ein vom Internet unabhängiges WLAN installiert werden. Dazu werden ein Microcomputer als Server und ein WLAN-Router benötigt, die zusammen weniger als 300 € kosten. Die Geräte sollten so aufgestellt werden, dass sie nicht in Griffweite der Besucher stehen. Ein Aufbau hinter einer dünnen, nicht aus Metall oder Beton bestehenden Wand beziehungsweise in einem entsprechenden Kasten ist möglich. Es empfiehlt sich, eine kleine Anzahl einfacher Smartphones oder Tablets als Leihgeräte für diejenigen Besucherinnen und Besucher vorzuhalten, die kein eigenes Smartphone oder Tablet dabei haben.

Das Laden der Daten geschieht an einem bestimmten Ort, nämlich dort, wo der WLAN-Router installiert ist. Dies kann beispielsweise der Kassenbereich eines Museums sein. Nach dem Laden der Daten ist die Anwendung überall funktionsfähig, so dass die Exponate beliebig innerhalb oder außerhalb von Gebäuden stehen können. So lassen sich auch Stadtführungen mit der Anwendung realisieren.

Die Daten werden vom Museumspersonal recherchiert und bearbeitet. Für em<sup>3</sup>guide müssen sie als Texte, Bilder und Audios vorliegen. Ein Leitfaden, der zurzeit durch einen Editor ergänzt wird, stellt sicher, dass die Daten vom Museum in das nötige Format gebracht werden, so dass die Erstellung neuer Ausstellungen direkt im Museum vorgenommen werden kann.

\*POI-System – Point of Information (Kiosksystem)

**Projektinformationen im Web //**  
em3.guide

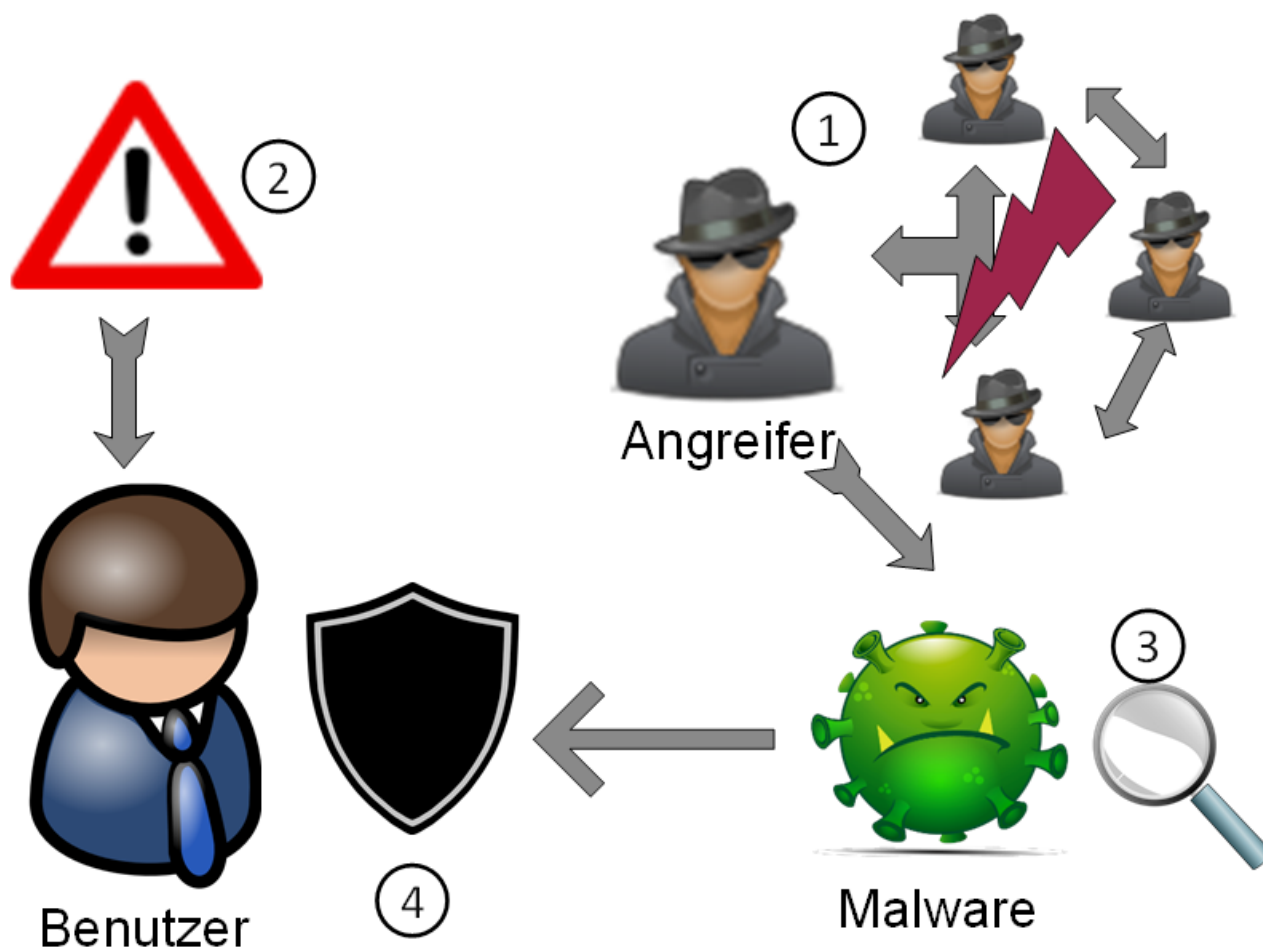


Abb. 1:

Die angestrebten Ziele der entwickelten Verfahren und der durchgeführten Forschungen innerhalb des Vorhabens.

① symbolisiert das Stören des Ökonomiemodells der Angreifer.

Mit ② wird verdeutlicht, dass die Awareness der Benutzer gesteigert wird.

Die Analyse der Malware wird durch ③ dargestellt.

Der Schutz der Benutzer wird in ④ deutlich.

#### Aktuelle Publikationen zum Thema //

URBAN, T., D. TATANG, T. HOLZ, and N. POHLMANN, 2018, September. *Towards understanding privacy implications of Adware and potentially unwanted programs*. In *European Symposium on Research in Computer Security* (pp. 449-469). Springer, Cham. **\*\*Best Paper Award\*\***

URBAN, T., D. TATANG, M. DEGELING, T. HOLZ and N. POHLMANN, 2018. *The Unwanted Sharing Economy: An Analysis of Cookie Syncing and User Transparency under GDPR*. arXiv preprint arXiv:1811.08660.

URBAN, T. und N. POHLMANN, 2016. *Sehen heißt glauben! Aufdeckung von Webseiten Manipulation*. D•A•CH Security 2016.

#### Projektinformation //

Das Projekt wird von dem Ministerium für Kultur und Wissenschaft des Landes Nordrheinwestfalen Förderrichtlinie FH ZEIT für FORSCHUNG (Förderkennzeichen: 005-1703-0021 - „MEwM“) gefördert.

Ministerium für  
Kultur und Wissenschaft  
des Landes Nordrhein-Westfalen





# Moderne Erkennung von webseitenmanipulierender Malware

Durch ein immer stärker werdendes Aufkommen von Diensten in der Cloud bieten Web-Browser einen immer größeren Zugang zu Informationen, ermöglichen eine große Anzahl von sozialen Interaktionsmöglichkeiten und bieten die Möglichkeit, private Daten auf entfernten Servern zu speichern. Diese breite Funktionalität des Browsers bringt aber auch neue Sicherheitsrisiken für die Nutzer mit sich. Beispiele für solche Gefahren sind der Diebstahl von Daten eines Nutzers (z. B. Kreditkarteninformationen), die Bildung von Nutzungsprofilen des Nutzers oder der Versuch, das Endgerät des Nutzers mit Schadsoftware zu infizieren, um es zu übernehmen und für eigene Zwecke fernzusteuern. Eine weitere Gefahr, die in den letzten Jahren drastisch zugenommen hat, ist die unberechtigte Manipulation von Webseiten durch einen Angreifer („Web-Injects“). Diese Manipulation reicht beispielsweise von der Manipulation von Online-Banking-Webseiten bis neuerdings zum Einfügen von Werbung auf beliebigen Webseiten. Ebenfalls sammelt Malware ausgiebig private Informationen über die Opfer, um genaue Profile dieser zu erstellen. Diese Profile werden zum Beispiel für das Einschleusen von personalisierter Werbung genutzt.

## Manipulation von Webseiten

Die Manipulation von Webseiten, insbesondere das Einschleusen von Werbung, hat in den letzten Monaten dramatisch zugenommen. Unter den 20 am häufigsten entdeckten böserartigen Objekten, welche von dem IT-Sicherheitsunternehmen Kaspersky Lab entdeckt wurden, kam es zu einer explosionsartigen Erhöhung von Adware Produkten. So steigerte sich die Verbreitung von Adware<sup>1</sup> von lediglich 4,91 % im ersten Quartal 2014 auf 34,07 % im dritten Quartal 2015.

Die größte Gefahr bei der Manipulation von Webseiten durch Malware liegt darin, dass diese auf dem Endgerät (z. B. Laptop, Smartphone oder Tablet) des Nutzers geschehen und der Nutzer nicht erkennen kann, ob wirklich alle Inhalte von einem vertrauenswürdigen Webserver bereitgestellt oder ggf. durch eine Software auf dem Nutzergerät manipuliert wurden. Auch eine TLS-gesicherte Verbindung („HTTPS“) schützt den Nutzer nicht vor dieser Art der Manipulation. Dem Endnutzer wird also die manipulierte Webseite dargestellt, obwohl er eine ausreichend gesicherte Ende-zu-Ende-Verbindung zu dem Server nutzt. Dies ist möglich, da die Inhalte erst nach der Entschlüsselung auf dem Endgerät des Nutzers, im Web-Browser, von der Malware eingefügt oder geändert werden.



**Tobias Urban, M. Sc.**  
Institut für Internet-sicherheit  
Tel.: +49 209 9596-857  
urban@  
internet-sicherheit.de



**Prof. Dr. (TU NN)  
Norbert Pohlmann**  
Institut für Internetsicherheit  
Tel.: +49 209 9596-515  
pohlmann@  
internet-sicherheit.de

## Angriffsvektoren

*Man-in-the-Browser* bezeichnet einen Angriffsvektor, welcher einen Spezialfall eines Man-in-the-Middle-Angriffs darstellt. Bei diesem Angriffsvektor übernimmt der Angreifer die Kontrolle über den Web-Browser des Opfers und über die Darstellung der Webseite sowie über Daten, die zwischen Client und Server ausgetauscht werden. Malware, die diesen Angriff nutzt, stellt zusätzlich ein nicht zu vernachlässigendes Risiko für die Privatsphäre der Endnutzer dar. Beispielsweise ist Adware umso erfolgreicher, je mehr Nutzer auf die eingefügte Werbung klicken. Daher versucht gängige Adware das jeweilige Opfer möglichst gut zu verstehen. Dazu werden private Daten (z. B. Suchbegriffe auf Webseiten, besuchte Webseiten oder Herkunft des Nutzers) über den Nutzer gesammelt und für Werbezwecke eingesetzt. Es ist davon auszugehen, dass diese Informationen von den Betreibern der Adware unberechtigt weiterverkauft werden und somit die Privatsphäre der Nutzer stark verletzt wird.

## Ziel des Forschungsvorhabens

Innerhalb dieser Forschungsarbeit sollen ganzheitliche Ansätze geschaffen werden, um die Nutzer vor solchen Manipulationen zu schützen. Dabei soll das Geschäftsmodell der Entwickler und Betreiber der Malware, vor allem Adware, analysiert, die Netzwerke, welche zum Verteilen der Werbung genutzt werden, aufgedeckt und Maßnahmen zur Erkennung und Unterbindung von Webseiten-Manipulationen geschaffen werden. Aktuelle technische Ansätze zum Schutz vor unberechtigten Veränderungen von Webseiten sind nicht ausreichend bzw. nicht praktikabel. Zusätzlich ist, aufgrund der Aktualität des Problems, dieses noch nicht ausreichend in Wissenschaft und Forschung behandelt worden. Gleichwohl ist ein gutes Verständnis für die internen Strukturen der „Werbenezwerke“, die von den Betreibern von Adware aufgebaut werden, von essentieller Bedeutung – auch um diese bekämpfen zu können.

Das Forschungsvorhaben erarbeitet gezielt unterschiedliche, aber sich ergänzende Ansätze:

- Es werden Konzepte erforscht, welche den **nutzerseitigen Schutz** gegenüber der unberechtigten Manipulation von Webseiten ermöglichen, wie z. B. der anonymisierten Analyse einer gerade betrachteten Webseite mit einem verteilten Reputationssystem.
- Ansätze zur **Störung des Adware-Ökonomie-Modells** sollen ermittelt werden. Durch einen solchen nachhaltigen Ansatz soll der Aufwand für den Angreifer so stark erhöht werden, dass sein finanzieller Nutzen stark verringert wird.
- Eine **Aufklärung der Öffentlichkeit** ist unverzichtbar. Der Nutzer steht immer im Mittelpunkt einer Sicherheitsbetrachtung. Es ist von besonderer Wichtigkeit, Bürger über die Gefahren von Webseiten-Manipulationen (z. B. beim Online-Banking) aufzuklären.

Durch eine Kombination dieser Ansätze kann der Schaden für die Bürger, der von Malware (z. B. Adware) erzeugt wird, stark reduziert werden.

Adware – Das Wort Adware setzt sich aus den Worten Advertising (engl. Werbung) und Malware (engl. Schadsoftware) zusammen.



Abb. 1:

**Innovative Abfallsammelkonzepte**

- Expertise im Bereich von innovativen, bürgernahen Erfassungs- und Sammelsystemen und deren Effizienzsteigerung,
- Entwicklung, Planung und Einführung von Sack-im-Behälter-Sammelkonzepten,
- Erstellung von dynamischer Routenplanung zur Optimierung von Logistikprozessen und zur Einsparung von Ressourcen.

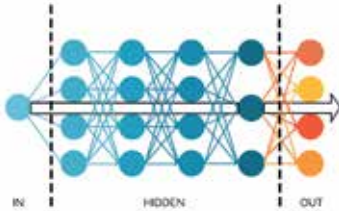


Abb. 2:

**Künstliche Intelligenz**

- Bildverarbeitende Systeme zur quantitativen Bestimmung von Stoffanteilen in Stoffströmen,
- bildverarbeitende Verfahren zur optischen Qualitätsbewertung und Detektion von Störstoffen in Stoffströmen,
- bildverarbeitende Verfahren mit integrierter künstlicher Intelligenz sowie Deep-Learning-Architekturen zur Füllstandsmessung bei Massengütern.



Abb. 3:

**Füllstandsmessungen**

- Sensorgestützte Füllstandsmeldungen,
- Füllstandsmeldung durch digitale Kommunikation (*WhatsApp*, Smartphone-Apps, Druckknöpfe, E-Mail und Telefon),
- Vereinigung der Vollmeldungen und Füllstände in einer gemeinsamen digitalen Schnittstelle,
- Analyse, Bewertung, Archivierung und Veranlassung von weiteren Schritten im Logistikprozess.



Abb. 4:

**Digitale Bürgerintegration/Unternehmenskommunikation**

- Digitale Integration der Bürgerinnen und Bürger in die Wertschöpfungskette der Logistik,
- Integration über Social-Media, E-Mail, Smartphone-Apps, Druckknöpfe und Telefonlösungen,
- dadurch z. B. Erhöhung der Sortenreinheit im Haushalt und der Erfassungsmengen.

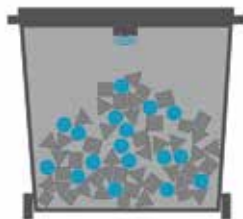


Abb. 5:

**Sensorgestützte Störstoffdetektion**

- Erkennung von Störstoffen mittels unterschiedlicher Arten von Sensoren,
- bildverarbeitendes Erkennungssystem durch Anwendung von künstlicher Intelligenz,
- Abtrennung von Störstoffen im laufenden Betrieb.

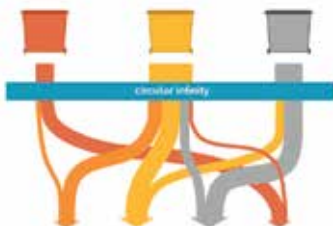


Abb. 6:

**Kreislaufwirtschaftliche Potenzialstudien**

- Analyse der betrieblichen Stoffströme,
- Ableitung von Optimierungspotenzialen,
- Wirkungsabschätzung und Strategieentwicklung für weitere Entwicklungen und Maßnahmen.

# Circular Infinity GmbH

## Spin-Off der Westfälischen Hochschule

### Ausgründung der Westfälischen Hochschule

Die *circular infinity GmbH* ist ein Spin-Off der Westfälischen Hochschule mit Sitz in Gelsenkirchen und wurde im Februar 2018 durch Herrn Prof. Dr.-Ing. Ralf Holzhauer und wissenschaftliche Mitarbeiter des Zentrums für Recyclingtechnik der Westfälischen Hochschule sowie einem externen Experten des Instituts für eingebettete Systeme und Medizintechnik (ESM) der Hochschule Mannheim gegründet. Geschäftsführende Gesellschafter sind Tobias Althoff und Lutz Baberg.



**Prof. Dr.-Ing. Ralf  
Holzhauer**

Zentrum für  
Recyclingtechnik  
Tel.: +49 209 9596-163  
ralf.holzhauer@w-hs.de



**Dipl. Wirt.-Ing. Lutz  
Baberg, B. Eng.**

Tel.: +49 209 9596-175  
lutz.baberg@  
circular-infinity.de



**Tobias Althoff, M. Sc.**

Tel.: +49 209 9596-296  
tobias.althoff@  
circular-infinity.de

Im Rahmen der *circular infinity GmbH* wurde das im EFRE.NRW-Hochschulprojekt „Find it – Use it“ entwickelte Know-how im Bereich der Digitalisierung von kreislaufwirtschaftlichen Wertschöpfungsketten von dem interdisziplinären Projektteam kontinuierlich verstetigt.

#### Geschäftsfelder

Der Schwerpunkt der *circular infinity GmbH* liegt in der Prozessoptimierung durch digitale Weiterentwicklungen.

- Innovative Abfallsammelkonzepte (Details siehe Abbildung 1)
- Künstliche Intelligenz (Details siehe Abbildung 2)
- Dynamische Tourenplanung (Details siehe Abbildung 1)
- Füllstandsmessungen (Details siehe Abbildung 3)
- Digitale Bürgerintegration/ Unternehmenskommunikation (Details siehe Abbildung 4)
- Sensorgestützte Störstoffdetektion (Details siehe Abbildung 5)
- Kreislaufwirtschaftliche Potenzialstudien (Details siehe Abbildung 6)

#### Zielgruppen

Die Zielgruppen des Unternehmens sind privatwirtschaftliche und kommunale Unternehmen mit kreislaufwirtschaftlichem Bezug sowie Unternehmen aus den Bereichen der Schüttgüter- und Produktionswirtschaft.

#### Publikationen //

*Tagungsband:*

HÖFLE, K. A., T. ALTHOFF und R. HOLZHAUER. Implementierung eines bildverarbeitenden Verfahrens zur quantitativen Bestimmung von Stoffanteilen in siedlungsabfallwirtschaftlichen Stoffströmen. Circular infinity GmbH. In: GROSSMANN, U., I. KUNOLD und C. ENGELS, Hrsg. Smart Energy 2018. *Vom Smart Home bis zur Smart City - Aspekte der Digitalisierung.* Glücksstadt 2018.

*Vortrag:*


HÖFLE, K. A.; ALTHOFF, T.; HOLZHAUER, R.: *Implementierung eines bildverarbeitenden Verfahrens zur quantitativen Bestimmung von Stoffanteilen in siedlungsabfallwirtschaftlichen Stoffströmen.* Circular infinity GmbH, Vortrag, Smart Energy 2018, Dortmund, 08-09.11.2018.

#### Kontaktdaten //

*circular infinity GmbH*  
Neidenburger Straße 43,  
45897 Gelsenkirchen  
Telefon: + 49 (0) 209/95 96 296 oder  
+ 49 (0) 209/95 96 175  
E-Mail: info@circular-infinity.de  
Internet: www.circular-infinity.de



CIRCULAR INFINITY GMBH



**Herausgeber //**

Westfälische Hochschule  
Neidenburger Straße 43  
45897 Gelsenkirchen

**Verantwortlich //**

Prof. Dr. Michael Brodmann  
Vizepräsident für Forschung und Entwicklung

**Redaktion //**

Westfälische Hochschule  
Technologietransfer  
Felicia Plantikow-Voßgätter  
Dr. Elisabeth Birckenstaedt  
[www.technologietransfer.w-hs.de](http://www.technologietransfer.w-hs.de)

**Lektorat //**

Felicia Plantikow-Voßgätter

**Layout //**

Felicia Plantikow-Voßgätter, Jutta Ritz

**Druck //**

Druckerei Schneider GmbH, Gelsenkirchen

**Fotos/Abbildungen //**

Westfälische Hochschule