



**Ernst-Abbe-Hochschule Jena**  
University of Applied Sciences

**NWK 2020/21**

Prof. Dr. Kristin Mitte (Hrsg.)

# Tagungsband

**21. Nachwuchswissenschaftler\*innenkonferenz**

**Ernst-Abbe-Hochschule Jena**  
**26. und 27. Mai 2021**

**Themen:**

**Life Sciences**

**Ingenieurwissenschaften**

**Produktions-, Informations- &  
Kommunikationstechnik**

**Wirtschaft und Soziales**



Verlag Ernst-Abbe-Hochschule Jena

Prof. Dr. Kristin Mitte (Hrsg.)

**Tagungsband**  
**21. Nachwuchswissenschaftler\*innenkonferenz**

26. und 27. Mai 2021 in Jena



Verlag Ernst-Abbe-Hochschule Jena | 2021

**Gefördert durch:**



**Ernst Abbe  
Stiftung**



**Förderkreis der  
Ernst-Abbe-Hochschule Jena e.V.**

Herausgeberin: Prof. Dr. Kristin Mitte

ISBN-13: 978-3-932886-36-2

© 2021 Verlag Ernst-Abbe-Hochschule Jena, Jena  
Ein Nachdruck, auch auszugsweise, ist nur mit Genehmigung  
der Ernst-Abbe-Hochschule Jena gestattet.

Ernst-Abbe-Hochschule Jena  
ServiceZentrum Forschung und Transfer  
Carl-Zeiss-Promenade 2  
07745 Jena  
Internet: [www.eah-jena.de](http://www.eah-jena.de)

Satz / Layout: Manuela Lohse, ML-Verlagswesen, Jena  
Umschlaggestaltung: Sophie Reimer, SZT EAH Jena  
Fotos Umschlag / Vorwort: Sebastian Reuter, Jena  
Druck und Bindung: Druckhaus Gera GmbH, Gera  
Printed in Germany

# Vorwort



Die Nachwuchswissenschaftler\*innenkonferenz (NWK) kann in diesem Jahr auf ein 21-jähriges Bestehen zurückblicken. Ursprünglich eine Initiative einiger Fachhochschulen Sachsen-Anhalts, ist die Konferenz inzwischen ein deutschlandweites Forum geworden, auf dem junge Wissenschaftler\*innen ihre aktuellen Ergebnisse der angewandten Forschung und Entwicklung vorstellen und diskutieren können.

Diese 21. NWK ist dabei ein bisschen anders als die anderen Konferenzen. Zunächst musste die eigentlich für 2020 geplante Veranstaltung aufgrund der Corona-Pandemie um ein Jahr verschoben werden. Und nun wird sie, zum ersten Mal in der Geschichte, ganz im virtuellen Raum stattfinden. Eine Konferenz auf Abstand.

Nicht nur dem Organisationsteam, sondern insbesondere auch den Nachwuchswissenschaftler\*innen hat die Pandemie viel abverlangt. Geschlossene Hochschulen und Bibliotheken sowie geschlossene Kinderbetreuungseinrichtungen haben den wissenschaftlichen Alltag umgekrempelt und neu geordnet. Konferenzen fielen aus. Labore waren nicht mehr zugänglich. Der Austausch mit Kolleg\*innen gestaltete sich schwieriger. Papers schrieben sich neben dem Homeschooling von Kindern eher schlecht.

Der vorliegende Tagungsband ist damit auch die Dokumentation einer besonderen Konferenz, deren Ablauf ständig den neuen Gegebenheiten angepasst werden musste. Trotzdem wird sie nun stattfinden, verbunden mit der Hoffnung, Ihnen trotz Abstand eine gute Möglichkeit zu bieten Kontakte zu knüpfen und sich auszutauschen. Insgesamt werden 60 Vorträge und 34 Poster in den Themengebieten Ingenieurwissenschaften, Life Sciences, Produktions-, Informations- & Kommunikationstechnik sowie Wirtschaft und Soziales vorgestellt. Ein repräsentativer Querschnitt findet sich in diesem Tagungsband. Das Gelingen einer solchen Konferenz hängt vom Engagement vieler Mitwirkenden ab. Daher möchte ich mich bei allen Autor\*innen, Gutachter\*innen und Moderator\*innen der einzelnen Sessions sowie dem Organisationsteam im ServiceZentrum Forschung und Transfer der EAH Jena sehr herzlich bedanken. Dank gilt auch der Ernst-Abbe-Stiftung und dem Förderkreis unserer Hochschule für die finanzielle Unterstützung. Ich wünsche uns allen eine erkenntnisreiche und spannende, wenn auch etwas andere Konferenz und freue mich auf anregende Gespräche im virtuellen Raum.

Prof. Dr. Kristin Mitte  
Vizepräsidentin Forschung und Entwicklung  
Ernst-Abbe-Hochschule Jena

## Gutachter\*innen

- Dr. rer. nat. Michael Biermann, Ernst-Abbe-Hochschule Jena
- Prof. Dr. Diana Düring, Ernst-Abbe-Hochschule Jena
- Prof. Dr. Christian Erfurth, Ernst-Abbe-Hochschule Jena
- Sarah Frank, Hochschule Harz
- Prof. Dr. habil. Gabriele Franke, Hochschule Magdeburg-Stendal
- Dr. Katharina Frey, Ernst-Abbe-Hochschule Jena
- Dr. Thomas Guthmann, Ernst-Abbe-Hochschule Jena
- Prof. Dr. Heiko Haase, Ernst-Abbe-Hochschule Jena
- Prof. Dr. Sören Hirsch, Technische Hochschule Brandenburg
- Prof. Dr. Klaus Jenderka, Hochschule Merseburg
- Dr. Arndt Lautenschläger, Ernst-Abbe-Hochschule Jena
- Dr. Christian Leiterer, Ernst-Abbe-Hochschule Jena
- Dr. Petra Lepetit, Ernst-Abbe-Hochschule Jena
- Dr. phil. Katrin Lipowski, Friedrich-Schiller-Universität Jena
- Thomas Lohr, Hochschule Harz
- Prof. Dr. Udo Löschner, Hochschule Mittweida
- Prof. Dr. Kristin Mitte, Ernst-Abbe-Hochschule Jena
- Prof. Dr. habil. Michael Opielka, Ernst-Abbe-Hochschule Jena
- Prof. Dr.-Ing. Marlies Patz, Ernst-Abbe-Hochschule Jena
- Prof. Dr.-Ing. Michael Pfaff, Ernst-Abbe-Hochschule Jena
- Mai Lan Phan, Ernst-Abbe-Hochschule Jena
- Prof. Dr. Thomas Rachfall, Hochschule Merseburg
- Dr. Katharina Rädels-Ablass, Ernst-Abbe-Hochschule Jena
- Prof. Dr. Stefan Rönsch, Ernst-Abbe-Hochschule Jena
- Juliane Schnabel, Ernst-Abbe-Hochschule Jena
- Prof. Dr. Michael Stepping, Ernst-Abbe-Hochschule Jena
- Prof. Dr.-Ing. André Streek, Hochschule Mittweida
- Prof. Dr. rer. nat. Olaf Ueberschär, Hochschule Magdeburg-Stendal
- Theresa Vitera, Hochschule Harz
- Prof. Dr. Burkart Voß, Ernst-Abbe-Hochschule Jena

# Inhalt

<b>Ingenieurwissenschaften – Vorträge .....</b>	<b>13</b>
Visualisierungs- und Auswertemethoden von OCT-Aufnahmen zur Charakterisierung von Subsurface Damages in optischen Gläsern .....	14
Schwerioneninduziertes Single-Event-Effect Mapping an Super-Junction-Hochspannungs-MOSFETs .....	18
Konzept für ringförmige Grautonlithografie zur Herstellung rotationssymmetrischer mikrooptischer Elemente .....	24
Erhebliche Steigerung der Detektionseffizienz für Filterarray-basierte Spektralsensoren ...	30
Bewegungsanalyse von Walzenverdichtern mit unrunder Bandage .....	36
Entwurf, Simulation und Implementierung einer stetigen Turbidostat-Regelung für Photobioreaktoren zur Langzeit-Kultivierung von Mikroalgen .....	43
Development of highly oriented Test-Specimens made of short glass fiber reinforced Plastics .....	51
Messung von ESD-Schädigungen an kommerziellen weißen LEDs und deren Ausheilung .....	57
Untersuchung des Einflusses der Werkzeugspannmittelauswahl auf HSC-Fräsprozesse ...	64
Material specific design of load application elements for semi-finished sandwich structures .....	73
<b>Ingenieurwissenschaften – Poster .....</b>	<b>79</b>
Virtual Reality-basierte Bedienhandlungen zur Mitarbeiterqualifizierung am Beispiel einer Werkzeugmaschine .....	79
Funktionales Finishen additiv gefertigter, dreidimensionaler Kunststoffbauteile .....	84
Adaption fremder Funktionsprinzipien für die Stickerei .....	87

Exoskelette zum Heben von Lasten - Biomechanische Simulationen eines zweidimensionalen Starrkörpermodells des Menschen mit ANSYS .....	90
Regelung eines Bremssystems für einen Abstandsregeltempomat in Sommerdrehbahnen .....	94
Studie zur Untersuchung der Auswirkung von Fräsbahnstrategien auf die Oberflächenqualität von mittels SLM gefertigten Metallteilen .....	99
Untersuchungen zur Prozesseffizienz beim Laserauftragschweißen .....	103
Partizipative Vorgehensmodelle für die Produktentwicklung in der Bekleidungs- wirtschaft am Beispiel digitalisierter Fahrradbekleidung .....	107
Fertigung und Erprobung mikrostrukturierter Drehwerkzeuge .....	110
<b>Life Sciences – Vorträge .....</b>	<b>113</b>
Entwicklung eines genetischen Biomonitoring-Protokolls basierend auf von Bestäubern gesammelten Pollen .....	114
Evaluierung der PAM-Fluorometrie als Online-Messsystem für Mikroalgen-Bio- prozesse .....	117
Vom Plasmid-Design zur <i>in vitro</i> transkribierten RNA: Eine komplette RNA-Pro- duktionslinie .....	126
Evaluierung einer Analysemethode zur Detektion von Parkinson bedingtem Free- zing of Gait .....	129
Model-based Bioprocess Optimisation of Microalgal Cultivations in Tubular Pho- tobioreactors Considering Diurnal and Annual Rhythms of Light Availability .....	135
Metallionen-abhängige Faltung eines ribosomalen Tertiärkontaktes .....	143
<b>Produktions-, Informations- und Kommunikationstechnik – Vorträge .....</b>	<b>146</b>
Zentralisierung der Netzwerkanalyse und der Konfigurationsverwaltung als Basis für das Schwachstellen-Management in industriellen Steuerungsnetzwerken .....	147

---

Montagegerechte Gestaltungsrichtlinien unter Anwendung von Objekterkennungs- algorithmen .....	151
Linux-Distribution zur sicheren Erstellung von Cold Storage Wallets .....	158
Laser-Oberflächen-Texturierung von technischen Keramiken unter Verwendung einer räumlich modulierten Intensitätsverteilung .....	165
Ökonomische Potenziale durchgängig-digitalisierter Prozessketten im Kontext des Wertschöpfungsprozesses im Holzbau .....	168
Entwicklung eines heterogenen dezentralen drahtlosen Sensornetzwerkes für die BOS-Einsatzstellenkommunikation .....	174
Transformation baulicher Planungsprozesse im Kontext digitaler Fertigung am Beispiel Holzbau .....	181
Secure Public WiFi durch Network Access Control - Ansätze, Chancen und daten- schutzrechtliche Implikationen .....	188
Anwendung von Lernverfahren zum Aufbau eines intelligenten ThI-Chatbots .....	193
Smart Assembly versus Smart Assembly VR: Usability-Vergleich zwischen IT- gestützter Assistenz bei der Montage- und einer VR-basierten Schulung .....	198
Einfluss der modernen Fernerkundung auf den Pflanzenbau .....	205
Spezifikation von Ereignis-Nachrichten im unternehmensübergreifenden Industrie 4.0 Umfeld .....	212
Learning Agreement: Instrument zur Qualitätssicherung im dualen Studium .....	219
Ableitung von Orten und Wegen aus GPS-Standortdaten .....	225
A Modular Framework for Detecting and Classifying IoT Malware Using Multi- Level Machine Learning Techniques .....	231
<b>Produktions-, Informations- und Kommunikationstechnik – Poster .....</b>	<b>239</b>

Intelligente Bildererkennung für einen mobilen Roboter Begleiter – Best Buddy Intelligence .....	239
<b>Wirtschaft und Soziales – Vorträge .....</b>	<b>243</b>
Herausforderungen und Lösungsansätze bei der Zusammenarbeit von Akteuren der Flüchtlingsintegration in Sachsen-Anhalt .....	244
Differenziertere Bestimmung der psychischen Belastung anhand der SCL-90®-S bei Patientinnen und Patienten der Psychosomatik .....	251
Bindung und Förderung von Nachwuchswissenschaftler*innen an deutschen Hoch- schulen .....	256
Der Wert der kunden- und umweltfreundlichen Paketzustellung im Online-Han- del – Ergebnisse einer quantitativen Befragung im Rahmen des Berliner For- schungsprojekts KOPKIB .....	264
Wieviel bin ich wert? .....	273
Und was ist mit mir? Geschwister von chronisch kranken und/oder behinderten Personen. ....	278
Existenzgründung als umfassende Hochschulaufgabe: Rahmenbedingungen, Her- ausforderungen und konzeptionelle Ansätze am Beispiel der Hochschule Harz .....	282
Von „was gibt es eigentlich“ bis „wie machen wir es besser?“. Entwicklung eines Bewertungsansatzes für Third Mission-Aktivitäten .....	289
Die Selbstwirksamkeitserwartung von Patienten*innen in ambulanten psychothera- peutischen Erstgesprächen .....	295
Entrepreneurship Policy Discourse and its Network of Actors in Hamburg, Germany ...	299
Entwicklung eines Modells zur Unterstützung von Investitionsentscheidungen in Wintersportstandorte unter Berücksichtigung klimatischer Aspekte .....	306
Einflussfaktoren auf die Nutzungsabsicht von Crowdsourcing - Eine qualitative Untersuchung in kleinen und mittelständischen Unternehmen .....	314

Akzeptanzkommunikation für erneuerbare Energieprojekte mittels Webapplikation .....	320
<b>Wirtschaft und Soziales – Poster .....</b>	<b>325</b>
Die 4.0 Phasen der Geschäftsmodellinnovation: Entwicklung von Geschäftsmodellen als kontinuierlicher Verbesserungsprozess und Förderung unternehmensinterner Open Innovation Projekte .....	325
Serious Games als interaktives Begleitmaterial im Rahmen eines neuen Blended-learning Konzepts für Wirtschaftsinformatik am Beispiel des Moduls „Data Knowledge Management“ .....	330
Zusammenarbeit in Hochschulverbänden - Beutegemeinschaft oder strategische Partnerschaft? .....	333
Awareness-based Teaching als Grundlage für einen transformativen Lernprozess .....	336
Universal Basic Income and Work Motivation .....	340
Konzeption eines Referenzmodells für hybride Produktentstehungsprozesse .....	344
Geschwisterbeziehungen im Kontext einer direkten Knochenmarkspende .....	346
Leistungsmotiv im eSport. Entwicklung eines Messinstruments für die Messung des Leistungsmotivs im eSport .....	350
Gründungsabsicht von Studierenden an sächsischen Hochschulen. Eine quantitative Untersuchung unter besonderer Berücksichtigung der berufsfeldbezogenen Persönlichkeitsfaktoren des BIP-6F .....	353
Realisierung personalfreier Öffnungszeiten in Dorfläden durch elektronische Zutrittskontrollen und Selbstkassensysteme .....	356
Die Vorteile einer neuen Falldefinition zur Auswertung der Symptom-Checklist-90®-Standard bei Patient*innen der orthopädischen Rehabilitation .....	360
Vielfalt als Chance – Heterogenitätssensibles Lehren und Lernen im Hochschulkontext .....	364



# Ingenieurwissenschaften

# Visualisierungs- und Auswertemethoden von OCT-Aufnahmen zur Charakterisierung von Subsurface Damages in optischen Gläsern

Frank, S.; Seiler, M.; Bliedtner, J.

Ernst-Abbe-Hochschule Jena, Fachbereich SciTec

E-Mail: samson.frank@eah-jena.de

## Kurzfassung

Das vorliegende Paper beschäftigt sich mit optischer Kohärenztomographie (OCT) als einer zerstörungsfreien Messmethode für Subsurface Damages (SSD). Ein full-field OCT-Aufbau ermöglicht die hochaufgelöste Aufnahme der während der mechanischen Bearbeitung entstehenden Mikrorisse. Die erfassten 3D-Daten werden in Matlab ausgewertet, um eine geeignete Visualisierung und Auswertung für die schwer detektierbaren SSDs zu realisieren.

## 1. Einleitung

Mikrorisse (Subsurface Damages / SSD) entstehen bei allen Prozessschritten der konventionellen Optikfertigung, vom Zusägen über das Schleifen, Feinschleifen, Feinstschleifen, Läppen bis hin zum Vorpolieren. Die entstehende SSD-Tiefe wird dabei iterativ reduziert. Aufwändige Polierverfahren sind zur finalen Entfernung der SSDs notwendig. Durch verbleibende SSDs wird die Abbildungsleistung der Optiken vermindert. Die Kenntnis der SSD-Tiefe ist daher von großer Bedeutung, um Prozesszeiten und -kosten zu optimieren sowie eine hohe Qualität sicherzustellen. [1] Im Stand der Technik werden hierfür destruktive Messverfahren verwendet. Optische Messverfahren eignen sich durch ihre Zerstörungsfreiheit besonders gut als Alternative zu bisherigen destruktiven Verfahren. [2]

## 2. Grundlagen FF-OCT

Optische Kohärenztomographie (OCT) ist ein optisches Messverfahren basierend auf Weißlichtinterferometrie. Bisher liegt das Hauptanwendungsfeld von OCT im Biomedizin-Bereich zur zerstörungsfreien Untersuchung der Netzhaut, Hautschichten u.v.m. [3] Durch die Überlagerung von kurzkohärentem Licht aus dem Referenzarm und dem Messarm eines Interferometers entstehen bei identischen optischen Weglängen Interferenzbursts. Mit der mechanischen Bewegung eines Spiegels im Referenzarm können die Tiefeninformationen zu Brechungsindexübergängen und Inhomogenitäten in optisch transparenten Materialien gewonnen werden. Auch die geringe Lichtintensität, die an

SSDs bzw. feinen Rissen zurückgeworfen wird, kann aufgrund der hohen Sensitivität von OCT-Systemen detektiert werden [4], [5].

Als Untergruppe zeichnet sich Full-Field-OCT (FF-OCT) durch die Verwendung einer Kamera als Detektorelement und damit einem besonderen Aufnahmeverfahren aus. Konventionelle, lateral rasternde OCT-Systeme erfassen pro Messpunkt eine z-Linie. Bei FF-OCT-Systemen werden hingegen bei einer Aufnahme komplette x-y-Slices aufgenommen wie in Abbildung 1 verdeutlicht wird. Durch Zusammensetzen mehrerer Slices werden Tomographie-Daten mit einer hohen, isotropen Auflösung von minimal  $1\ \mu\text{m}$  in x/y/z generiert. [6]

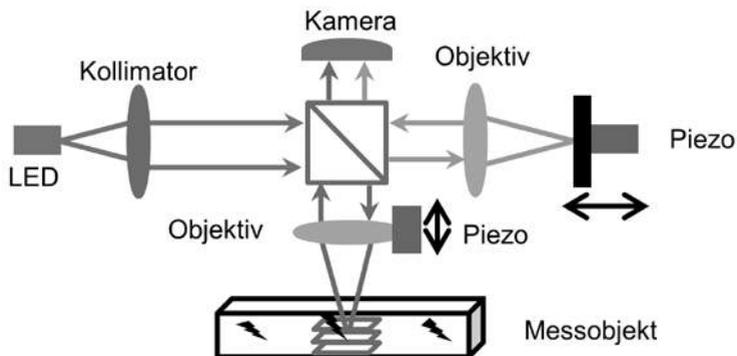


Abbildung 1: FF-OCT-System in Anlehnung an Thouvenin [7]

### 3. Versuchsdurchführung

Im Rahmen der Masterarbeit „Entwicklung von Visualisierungs- und Auswertemethoden für die nicht-destruktive Charakterisierung von Subsurface Damages in optischen Gläsern basierend auf optischer Kohärenztomographie“ [8] wurden mit einem kommerziellen FF-OCT-System *LightCT* der Firma LLTech [9] Aufnahmen an HPFS®7980, SF6 und N-BK7® durchgeführt. Die Glasproben wurden hierfür im Vorfeld mechanisch bearbeitet, um gezielt SSDs in die Glasoberfläche einzubringen, sowie mit einem destruktiven Messverfahren nach Seiler et al. [10] referenziert.

Die OCT-Daten wurden in Matlab aufbereitet und ausgewertet. Zuerst wurden Bildartefakte entfernt und über Dekonvolution in z-Richtung die axiale Auflösung weiter verbessert. Relevante SSD-Signale wurden über Dynamikbereiche extrahiert und binarisiert. Anhand dieser binarisierten 3D-Daten erfolgt eine automatische Risstiefenauswertung über einen absoluten Schwellwert an der Rissflächenkurve ähnlich zu Seiler et al. [10]. Die 3D-Daten der verschiedenen Dynamikbereiche werden zusätzlich verwendet, um Rissgeometrien mit neuartigen Visualisierungsmethoden darzustellen.

## 4. Ergebnisse

Mit Hilfe des vorstehend genannten FF-OCT-Systems und der vorgestellten Auswertemethode konnten zerstörungsfrei Subsurface Damages in optischen Gläsern für polierte und geläppte Oberflächen sowie für Ultrakurzpulslaser-Bearbeitungsspuren im ungeätzten und geätzten Zustand nachgewiesen werden. Die ermittelten SSD-Tiefen von  $13,5\ \mu\text{m}$  bis  $69\ \mu\text{m}$  stimmen in ihrer Größenordnung mit theoretischen Risstiefenmodellen [11], [12], [13], [14], [15], [16] sowie der destruktiven Referenzmethode [10] überein. Oberflächendefekte und Rissstrukturen konnten darüber hinaus in hoher Auflösung visualisiert werden, vgl. Abbildung 2.

## 5. Ausblick

Die FF-OCT kann zukünftig als SSD-Messverfahren für vielfältige Materialien, Fertigungsverfahren und Bearbeitungszustände eingesetzt werden. Neben weiteren Optimierungen des Auswertalgorithmus und der Messtechnik wird ein Transfer der Ergebnisse in die Industrie angestrebt.

## 6. Danksagung

Für die mechanische Bearbeitung der Proben danken wir Sebastian Henkel, Till-Hendrik Hage, Marcel Binder und Christian Schulze von der EAH Jena. Besonderer Dank gilt außerdem Émilie Benoit sowie der Firma LLTech SAS in Paris für die Durchführung der Messungen mit ihrem hochauflösenden FF-OCT-System. Außerdem bedanken wir uns beim BMO Lübeck, namentlich Prof. Gereon Hüttmann, Prof. Robert Huber und Michael Münter für den ergebnisreichen und wertvollen Austausch.

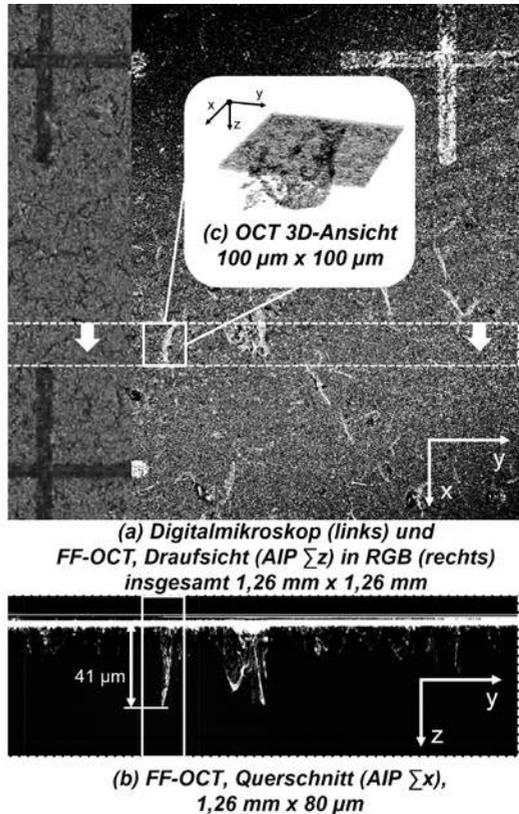


Abbildung 2: Aufnahmen an Quarzglas HPFS7980®, geläppte und geätzte Oberflächen

## 7. Literaturverzeichnis

- [1] Bliedtner, J., Gräfe, G. *Optiktechnologie. Grundlagen, Verfahren, Anwendungen, Beispiele*. 2. Aufl. s.l.: Carl Hanser Fachbuchverlag, 2010. ISBN 978-3-446-42215-5.
- [2] Yin, J., Bai, Q., Zhang, B.: „Methods for Detection of Subsurface Damage: A Review, In: *Chinese Journal of Mechanical Engineering*, **31**(1), 2018.
- [3] Drexler, W., Fujimoto, J.G. *Optical Coherence Tomography*. Cham: Springer International Publishing, 2015. ISBN 978-3-319-06418-5.
- [4] Wu, X., Gao, W., He, Y., Liu, H.: „Quantitative measurement of subsurface damage with self-referenced spectral domain optical coherence tomography, In: *Optical Materials Express*, **7**(11), 2017.
- [5] Börret, R., D. Wiedemann und A. Kelm: „Detection of subsurface damage in optical transparent materials using short coherence tomography. In: *58th Ilmenau scient. colloq.*, 2014.
- [6] Dubois, A., Grieve, K., Moneron, G., Lecaque, R., Vabre, L., Boccara, C.: „Ultrahigh-resolution full-field optical coherence tomography, In: *Applied Optics*, **43**(14), 2004.
- [7] Thouvenin, O., Grieve, K., Xiao, P., Apelian, C., Boccara, C.: „En face coherence microscopy Invited, In: *Biomedical optics express*, **8**(2), 2017.
- [8] Frank, S. *Entwicklung von Visualisierungs- und Auswertemethoden für die nicht-destruktive Charakterisierung von Subsurface Damages in optischen Gläsern basierend auf optischer Kohärenztomographie. Sperrvermerk bis 28.02.2025*. Master Thesis. Jena, 20. Februar 2020.
- [9] LLTech Co. *Biopsy Scanner Technical Data* [online], 2019 [Zugriff am: 13. Dezember 2019]. Verfügbar unter: <http://www.lltech.co/the-biopsy-scanner/>
- [10] Seiler, M., Tianis, L., Bliedtner, J., Berlinger, M., Gürtler, S.: „Approaches For A Destructive Measurement Method Of Subsurface Damages, In: *EPJ Web of Conferences*, **215**, 2019.
- [11] Lakhdari, F., Belkhir, N., Bouzid, D., Herold, V.: „Relationship between subsurface damage depth and breaking strength for brittle materials, In: *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, **102**(5-8), 2019.
- [12] Lambropoulos, J.C.: „From abrasive size to subsurface damage in grinding. In: *Optical fabrication and testing. 18 June 2000, Québec City, Canada*. Washington, DC: OSA - The Optical Society, 2000, OMA6. ISBN 1-55752-637-0.
- [13] Dong, Z., Cheng, H., Ye, X., Tam, H.-Y.: „Subsurface damage of fused silica lapped by fixed-abrasive diamond pellets, In: *Applied Optics*, **53**(26), 2014.
- [14] Suratwala, T.I., Steele, W.A., Wong, L.A., Tham, G.C.: „Subsurface mechanical damage correlations after grinding of various optical materials, In: *Optical Engineering*, **58**(09), 2019.
- [15] Lambropoulos, J.C., Y. Li, P.D. Funkenbusch und J.L. Ruckman: „Noncontact estimate of grinding-induced subsurface damage. In: *H.P. Stahl, Hg. Optical Manufacturing and Testing III: SPIE*, 1999, S. 41-50.
- [16] Miller, P., T.I. Suratwala, L.A. Wong, M.D. Feit, J.A. Menapace, P.A. Davis und R.A. Steele: „The distribution of subsurface damage in fused silica. In: *Boulder Damage Symposium*, 2005.

# Schwerioneninduziertes Single-Event-Effect Mapping an Super-Junction-Hochspannungs-MOSFETs

Gerold, M.<sup>1</sup>; Reindl, J.<sup>2</sup>; Sammer, M.<sup>2</sup>; Bergmaier, A.<sup>2</sup>; Dollinger, G.<sup>2</sup>; Rüb, M.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ernst-Abbe-Hochschule Jena, SciTec

<sup>2</sup> Universität der Bundeswehr München, LRT 2, Neubiberg

E-Mail: marcel.gerold@eah-jena.de

## Kurzfassung

In dieser Arbeit wird eine direkte Schwerionen-Kartierung (Mapping) von Single-Event-Effects (SEE) von Super-Junction-Leistungs-MOSFETs unter Verwendung eines hochenergetischen (55MeV) Kohlenstoff-Mikrostrahls vorgestellt. Die resultierenden Karten sind substrukturell aufgelöst. Der Ort und Ausmaß der Bauelementreaktion jedes Ions, sowie Zerstörschwelle geben bauteilspezifische Schwächen und komplementäre Informationen zu strahlungsbedingtem Ausfall.

## 1. Einleitung

Silizium-Superjunction-Power-MOSFETs (SJ-MOS) werden zur Steuerung und Wandlung elektrischer Energie in Anwendungen wie Solarinvertoren oder Server-Stromversorgungsanwendungen eingesetzt. Das SJ-MOS-Prinzip erlaubt bei hoher Sperrfähigkeit im Aus-Zustand sehr niedrige Durchlasswiderstände in Ein-Zustand. Der schematische Querschnitt eines 600V SJ-MOSFETs ist in Abbildung [Abb. 1] dargestellt.

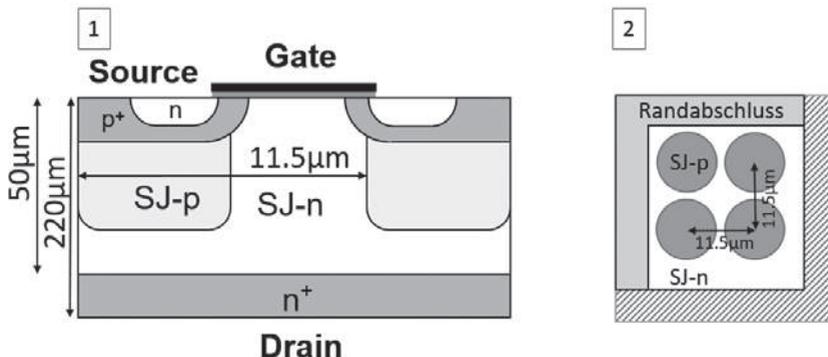


Abb. 1: Schematischer Querschnitt (1) und Draufsicht (2) mit Größenverhältnissen eines 600V SJ-MOSFET

Trotz der stetigen Weiterentwicklung sind alle vertikalen Leistungsbaulemente aufgrund des großen Driftbereichs und den dort herrschenden elektrischen Feldstärken, empfindlich gegenüber kosmischer Teilchenstrahlung [1,2]. Ein einziges energiereiches Teilchen kann ausreichen, um ein Bauelement irreversibel zu schädigen. Grund dafür sind Sekundäreffekte die nach dem Teilcheneinfall im Bauelement ablaufen. Bekannte Phänomene sind zum einen der Hochfeld-Streamer Effekt [3] und zum anderen parasitäre Bipolartransistor Effekte [4]. Beide führen zu unkontrollierbarem Stromfluss und schlussendlich zur thermischen Zerstörung der Bauelementes. Es hat sich gezeigt, dass selbst auf Meereshöhe eine ausreichende Menge an hochenergetischen kosmischen Teilchen vorhanden ist, um einen Ausfall der Geräte zu verursachen [5]. Hauptsächlich sind auf Meeresniveau Neutronen im Energiebereich von 10-150MeV dafür verantwortlich [6]. Diese Teilchen wechselwirken mit dem Basismaterial Silizium und erzeugen durch Kernspaltung, wiederum hochenergetische Sekundärionen, die sich durch das Bauelemente bewegen und so Ladung erzeugen. Diese Art der kosmischen Strahlung ist nicht schirmbar, weshalb andere Methoden gefunden werden müssen um mit Strahlungseffekten umzugehen.

Es ist heute Stand der Technik strahlungsinduzierten Bauelementausfall zu analysieren [7], indem man die zeitliche Ausfallsrate von Bauelementen ermittelt, während man diese unter Sperrbedingungen mit angelegter Hochspannung lagert. Zusätzlich kann dieser Vorgang durch Beschuss mit hochenergetischen Neutronen oder Protonen, mit hohem Teilchenfluss an Teilchenbeschleunigern, beschleunigt werden. Die Ausfallsrate ist dabei abhängig von der angelegten Sperrspannung, selbst wenn die nominelle Sperrfähigkeit noch nicht überschritten ist. Resultierend aus diesen Tests wird die maximale Sperrspannung in der Applikation soweit absenkt, dass die zu erwartende Ausfallsrate akzeptabel ist. Dieses Verfahren erlaubt jedoch nur einen begrenzten Einblick sowohl in den Ort des tatsächlichen Ausfalls als auch in die physikalischen Ausfallmechanismen. Um die Robustheit von 3D-Superjunction-Bauelementen gegenüber kosmischer Strahlung zu optimieren, ist es entscheidend, potenziell schwache Bereiche im Bauelement zu identifizieren.

## 2. Methode

Ziel dieser Arbeit ist die direkte Kartierung empfindlicher Bereiche unter Verwendung einer Hochenergie-Ionen-Mikrosonde [8]. Diese Empfindlichkeitskarten, beziehen sich auf SEE und Single Event Burnout (SEB). Hierzu werden Sekundärionen, welche durch Höhenstrahlung in Silizium SJ-MOS entstehen (vorranging im Bereich der Massenzahlen zwischen Kohlenstoff und Silizium) von außen eingeschossen. Durch die Wechselwirkung des Ions im Festkörper entstehen Ladungsträger entlang der Trajektorie, senkrecht zur Bauelementoberfläche. Frei gewordene Ladungsträger werden nun auf Grund des herrschenden elektrischen Feldes zur jeweils gegenteilig geladenen Elektrode

beschleunigt. Dieser Stromfluss kann nun von außen an der Source- oder Drainelektrode detektiert werden. Die Integration über den Stromfluss gibt Aufschluss über die teilcheninduzierte Gesamt-Ladung und damit die Empfindlichkeit des Ortes an dem das Ion eingeschossen wurde. Ein schematischer Ablauf dieser Effekte ist in Abb. 2 dargestellt. Die jeweiligen Dotier-Bereiche können unterschiedliche Reaktion auf ein Ion zeigen.

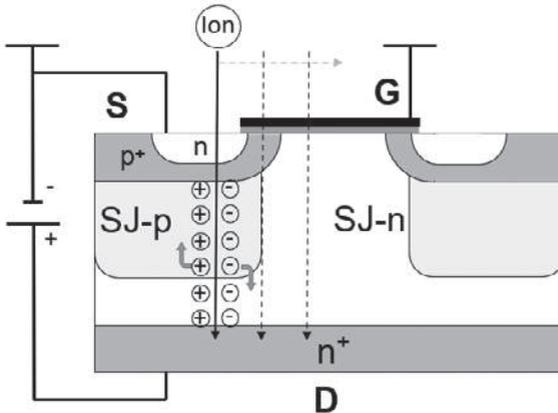


Abb. 2: Schematische Darstellung orts aufgelöster Ionenbestrahlung eines 600V SJ-MOSFET mit der erzeugten Ladungsspur

### 3. Experimente

Es werden 55 MeV Kohlenstoff-Ionen des Tandem-Beschleunigers am Münchner Maier-Leibnitz-Laboratorium [9] verwendet, die an der Ionen-Mikrosonde „SNAKE“ [10] auf etwa  $1 \mu\text{m}$  Durchmesser fokussiert werden. Die Ionen - Zählrate beträgt 1 kHz. Ein Schema des Aufbaus ist in Abb. 3 dargestellt. Das Bauelement (600V CoolMOS™ C6) wird auf Sperrbedingungen eingestellt und eine statische Drain-Source-Spannung zwischen 100 V und 600 V (nominale Sperrfähigkeit) wird angelegt. Der Ionenstrahl wird dabei kontinuierlich mit 6,5 kHz über ein Feld von  $25 \mu\text{m} \times 25 \mu\text{m}$  gescannt, wobei die tatsächliche Strahlposition über die Strahlabtastung durch elektrostatische Ablenkung gesteuert und ausgelesen wird. Jedes Ion erzeugt eine Ladungsspur im Bauelement. Die gesammelte Ladung wird als pulsartiges Signal mit einer analogen Verstärkerschaltung in eine Spannung überführt, konditioniert und gemessen. Durch eine Korrelation des simultan aufgezeichneten Ortes ist man in der Lage eine Sensitivitätskarte zu erstellen. Die kleine Spotgröße des Ionenstrahls ermöglicht, trotz der immer auftretenden lateralen Streuung im Bauelement, eine substrukturelle Auflösung. Der zu untersuchende Bereich (Driftzone) wird wegen der hohen Initialenergie

komplett durchstrahlt. Um eine gute statistische Aussagekraft zu erhalten werden im Mittel 100 Ionen pro Ort gesammelt.

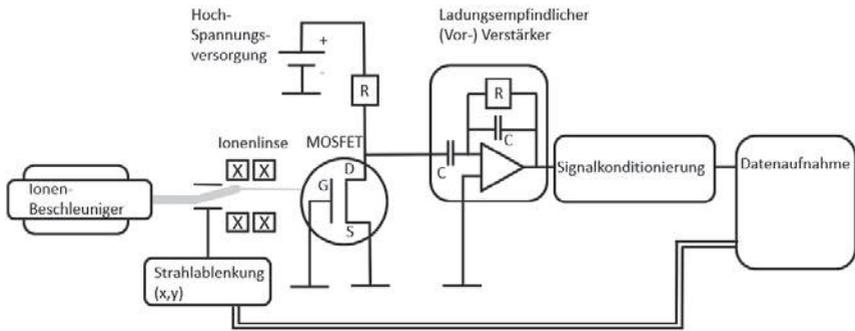


Abb. 3: Schematischer Messaufbau mit Ionenbeschleuniger, Ionen-Mikrosonde, statisch eingestelltem MOSFET unter Test und SEE Detektorsystem

#### 4. Ergebnis/Diskussion

Die von außen eingeschossenen Ionen haben im gesamten untersuchten aktiven Bereich eine Wirkung gezeigt, so dass keine nicht-sensitiven Bereiche gefunden wurden. Es wird festgestellt, dass die gemessene Ladung nach Ioneneinschlag spannungsabhängig, analog zu den konventionellen Bestrahlungstests. Mit steigender Sperrspannung steigt die Amplitude der Bauelementreaktion (Abb. 4). Simulationen [11] lassen eine strahlungsinduzierte Ladungsmenge von durchschnittlich 1,8 pC pro Ion in der Raumladungszone erwarten.

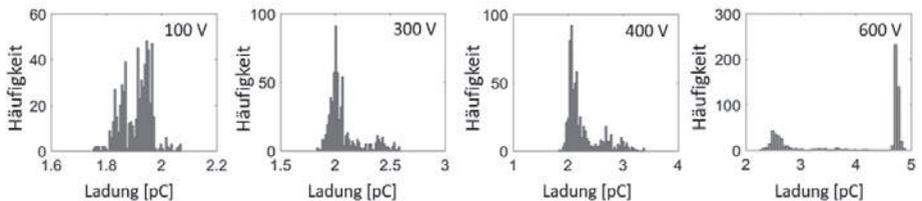


Abb. 4.: Häufigkeitsverteilung der erzeugten Ladung für ein 55 MeV Kohlenstoff-Ion in SJ-MOSFET bei verschiedenen Sperrspannungen und gleicher absoluter Ionenzahl für jeweils eine Map

Zwischen einer Sperrspannung von 100 V bis 300 V tritt vorwiegend Ladungssammlung mit geringfügiger Multiplikation auf. Ab etwa 300 V steigt die Ladungsentwicklung

an und man kann beobachten, dass sich die Häufigkeit höherer Ladungen ansteigt. Zwischen 400 V und 600 V überwiegen die stark multiplikativen Ereignisse. Die Zuordnung der SEE zum Ort des Ioneneinschlages (Abb. 5) resultiert in charakteristischen Empfindlichkeitskarten, die dem Bauelementdesign entsprechen (Abb. 1) und zugeordnet werden können. Diese Karten zeigen einen steigenden Kontrast, mit steigender Spannung bis hin zu 400 V.

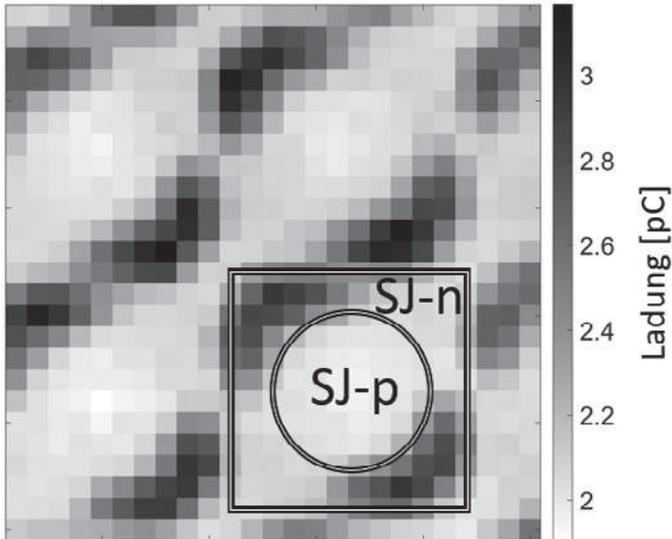


Abb. 5.: 25  $\mu\text{m}$  x 25  $\mu\text{m}$  Ladungskarte eines 600V SJ-MOSFET mit Superposition des zugehörigen Bauelementaufbaus als Draufsicht

Es wurde festgestellt, dass der n-Kanal-Bereich in der Nähe des p-n-Übergangs in den ausgewählten Bauelementen, bei nicht zerstörender Messung, empfindlicher ist als die p-Säulenbereiche. Die Kanalbereiche von Source zu Gate sind zum Teil unterbrochen, was auch an den Unterbrechungen der sensitivsten Bereiche zu sehen ist. Die Bereiche in denen diese verbunden sind, haben durch den internen Aufbau einen parasitären Bipolartransistor. Dieser scheint, neben Hochfeldeffekten, maßgeblich an der Ladungsentwicklung beteiligt zu sein. Steigert man die Sperrspannung reagieren größere Teile des Bauelementes empfindlicher auf den Ioneneinschlag und die Charakteristischen Karten sind nicht mehr zu erkennen. So ist es möglich schrittweise die Spannung, bis zur Zerstörung zu erhöhen. Der sichere Betriebsbereich für diese Art von Bauelementen liegt bei maximal 400 V (66 % der nominellen Sperrspannung) zu liegen. Die Größenordnung der gemessenen Effekte bei Zerstörung überschreitet den Ladungsbereich hin zur Na-

nocoulomb Größenordnung. Es entlädt sich dabei die in der Chipkapazität gespeicherte Energie. Durch einen sehr hoch gewählten Vorwiderstand im Messaufbau kann nur ein kleiner Strom nachfließen. Dadurch kommt es nicht zur oberflächigen Aufschmelzung, sondern nur zur internen Zerstörung der Struktur. Gate und Source sind nun zu Drain, mit konstantem Widerstand im Kiloohm – Bereich, kurzgeschlossen.

## 5. Literaturverzeichnis

- [1] H. Kabza et al., Proc. ISPSD, pp. 9-12, 1994.
- [2] R. Sheehy et al., IEEE 33rd Annual PESC, pp. 1741-1746, vol. 4, 2002.
- [3] G.H. Johnson et al., Proc. RADECS'93, 1993.
- [4] T. Chirilă et al., Microelectronics Reliability, vol. 55, pp. 1481-1485, 2015.
- [5] J. L. Barth et al., IEEE Transition on Nuclear Science, vol. 50, pp. 466-482, 2003.
- [6] Y. Watanabe International conference on nuclear data for science and technology, Volume 769, pp. 1646-1649 (2005).
- [7] G. Sölkner et al., Microelectronics Reliability 58, pp. 39–50, 2016
- [8] M. Gerold et. al., 2018 IPFA, Radiation hardness testing of super-junction power MOSFETs by heavy ion induced SEE mapping
- [9] <https://www.bl.physik.uni-muenchen.de/tandem/index.html>
- [10] G. Dollinger et al., NIM B 210, pp- 6-13, 2003.
- [11] J.F. Ziegler et al., „The Stopping and Range of Ions in Matter/ The Transport of Ions in Matter“, <http://www.srim.org>, 1998

# Konzept für ringförmige Grautonlithografie zur Herstellung rotationssymmetrischer mikrooptischer Elemente

Knoblich, M.<sup>1,2</sup>; Kraus, M.<sup>1,2</sup>; Förster, E.<sup>1,2</sup>; Dobschal, H.-J.<sup>1</sup>; Stumpf, D.<sup>1</sup>; Werner, L.<sup>1</sup>; Uwurukundo, X.<sup>1</sup>; Hillmer, H.<sup>2</sup>; Brunner, R.<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Ernst- Abbe- Hochschule Jena, Fachbereich SciTec

<sup>2</sup> Universität Kassel, Institut für Nanostrukturtechnologie und Analytik (INA)

<sup>3</sup> Fraunhofer Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik (IOF)

E-Mail: Maria.Knoblich@eah-jena.de

## Kurzfassung

Es wird ein optisches Konzept vorgestellt, bei dem eine ringförmige Lichtverteilung mit variablem Durchmesser zur lithografischen Herstellung von rotationssymmetrischen mikrooptischen Strukturen verwendet wird. Verglichen mit konventionellen Fertigungstechniken wie direktschreibender Lithografie ermöglicht dieser Ansatz eine schnelle Belichtung und reduziert Stitching-Effekte. Basierend auf einem optischen Designkonzept zur Erzeugung einer ringförmigen Lichtverteilung wird die Realisierung eines Labordemonstrators erläutert. Mit Hilfe des Labordemonstrators wird die Eignung des Konzepts für die Belichtung eines Fotolacks mit ringförmiger Lichtverteilung experimentell nachgewiesen. Es werden Belichtungsergebnisse in binärem Fotolack und Grautonlack demonstriert.

## 1. Einleitung

Angesichts steigender Anforderungen in der Abbildungs- und Beleuchtungsoptik gewinnen mikrostrukturierte optische Elemente immer mehr an Bedeutung. Beispiele hierfür sind Fresnellinsen oder diffraktive optische Elemente, die spezifische optische Funktionalitäten ermöglichen oder Anwendungen mit minimalen Bauraumvorgaben erlauben. Zu den am weitesten verbreiteten Herstellungstechnologien mikrooptischer Strukturen zählen direktschreibende Verfahren wie die Laser- oder Elektronenstrahlolithografie. Hierbei wird das mit einem Fotolack beschichtete Substrat oft punktförmig in kartesischen Koordinaten abgerastert und belichtet. Vorteilhaft ist hierbei eine hohe Flexibilität bezüglich der geometrischen Form der herzustellenden mikrooptischen Elemente. Nachteile sind sehr lange Schreibzeiten sowie Probleme beim ‚Stitching‘. Da in abbildenden optischen Systemen jedoch fast ausschließlich rotationssymmetrische Komponenten Anwendung finden, besteht die Notwendigkeit für ein Fertigungsverfahren, das eine schnelle, effiziente und flexible Herstellung insbesondere von rotationssymmetrischen mikrooptischen Strukturen ermöglicht. Um eine größtmögliche Flexibilität hinsichtlich des herstellbaren Oberflächenprofils zu erzielen, soll hierfür neben binärer Lithografie

auch Grautonlithografie zum Einsatz kommen. Hiermit lassen sich dreidimensionale Topografien wie beispielsweise diffraktive Linsen oder Fresnellinsen realisieren.

## 2. Konzept ringförmige Lithografie

Es wird das Ziel verfolgt, ein Grautonverfahren [1] zur effizienten Fertigung rotations-symmetrischer mikrooptischer Strukturen zu entwickeln. Hierzu werden ringförmige Lichtverteilungen mit variablem Durchmesser zur Belichtung des Fotolacks auf dem Substrat genutzt. Über die gleichzeitige Steuerung von Belichtungsdosis und Ringdurchmesser lassen sich somit definierte konzentrische Ringstrukturen mit radialsymmetrisch kontinuierlichem Oberflächenprofil erzeugen (s. Abb. 1). Daraus ergibt sich der Vorteil, dass der Belichtungsprozess wesentlich schneller als bei herkömmlichen, direkt-schreibenden Lithografieverfahren erfolgt. Die ringförmige Lichtverteilung wird, wie nachfolgend beschrieben, zunächst für die Belichtung eines binären Fotolacks [1] angewendet. Ziel hierbei ist, einen Funktionsnachweis für das vorliegende Konzept zu erbringen und dadurch die prinzipielle Eignung für lithografische Anwendungen nachzuweisen. Zudem wird im Vergleich zur Grautonlithografie die Komplexität der Einflussgrößen reduziert, was das Untersuchen und Variieren der Belichtungsparameter erleichtert.

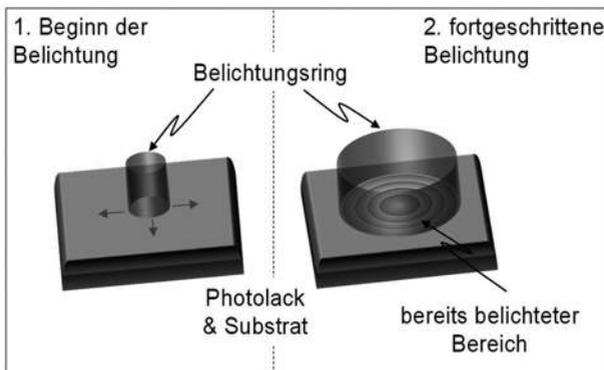


Abb. 1: Schematische Darstellung eines Belichtungsablaufs

Als Lichtquelle für das optische System dient eine fasergekoppelte LED mit einer Wellenlänge von 405 nm. Diese Wellenlänge liegt im Empfindlichkeitsbereich der verwendeten dünnen und dicken Fotolacke. Der Faserausgang der LED ist das Eintrittspinhole des Systems. Die numerische Apertur des Systems beträgt 0,11. Durch eine erste Asphäre wird ein kollimiertes Lichtbündel erzeugt, das von einer zweiten Asphäre in die Bildebene fokussiert wird. Die Wahl von Asphären ermöglicht hierbei eine Reduzierung von Abbildungsfehlern wie beispielsweise sphärischer Aberration. Zwischen

der fokussierenden Asphäre und der Bildebene befindet sich ein feststehendes plan-konkaves und ein axial bewegliches plan-konvexes Axikon. Das grundlegende optische Funktionsprinzip zur Formung des ringförmigen Strahlprofils basiert auf dieser Axikon-Kombination. Durch kontinuierliche Variation des Abstandes zwischen diesen beiden Elementen wird ein Ring mit variablem Durchmesser in der Substratebene erzeugt (s. Abb. 2). [2-4]

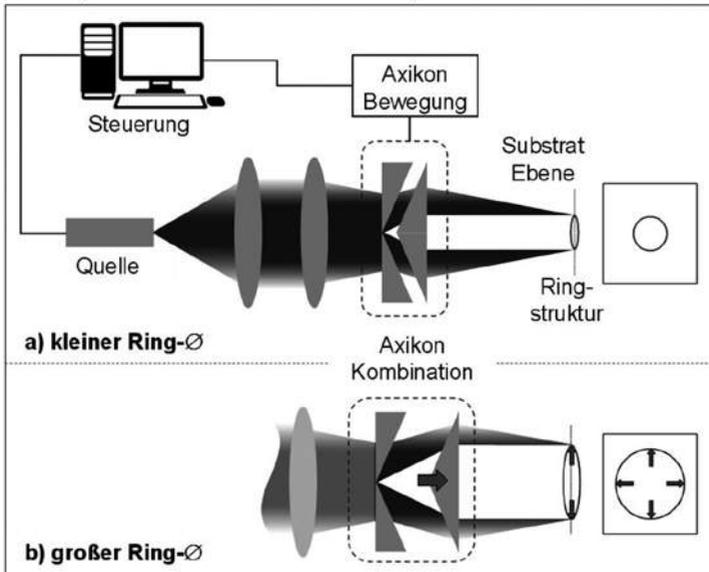


Abb. 2: Vereinfachte Darstellung des optischen Konzepts zur Erzeugung eines Rings mit variablem Durchmesser

Es handelt sich hierbei um einen linearen Zusammenhang zwischen Axikonverschiebung und Durchmesser des Rings. Der Ringradius  $R_0$  ist somit eine Funktion des Abstands  $d$  zwischen den beiden Axikons und kann mit der folgenden Formel berechnet werden [3]:

$$R_0 = \frac{d\alpha(n-1)}{1-\alpha}, \alpha < 10^\circ \quad (1)$$

Der Axikonwinkel  $\alpha$  ist bei beiden Axikons identisch und beträgt jeweils  $0,0873 \text{ rad}$  ( $5^\circ$ ). Die Axikons bestehen aus Quarzglas mit einer Brechzahl  $n$  von  $1,46$ . Bei einem theoretisch maximalen Abstand  $d$  von ca.  $84 \text{ mm}$  zwischen beiden Axikons entsteht ein maximaler Ringradius  $R_0$  von ca.  $3,7 \text{ mm}$ .

### 3. Realisierung des Labordemonstrators

Im Rahmen der bisherigen Forschungsarbeiten ist basierend auf dem oben beschriebenen optischen Funktionsprinzip ein Labordemonstrator entstanden. Damit wird das Ziel verfolgt, einen prinzipiellen Funktionsnachweis für das vorgestellte Konzept zu erbringen sowie Belichtungsexperimente mit dünnem und dicken Fotolack durchzuführen. Um eine exakte Lage der beiden Axikons zueinander und im Raum zu gewährleisten, werden lateral justierbare Fassungen verwendet. Die axiale Bewegung des plan-konvexen Axikons entlang der optischen Achse erfolgt durch eine motorisierte Linearachse. Mittels verschiedener Halterungselemente ist dieses Axikon auf dem axial beweglichen Schlitten der Linearachse befestigt (s. Abb. 3(a) und 3(c)).

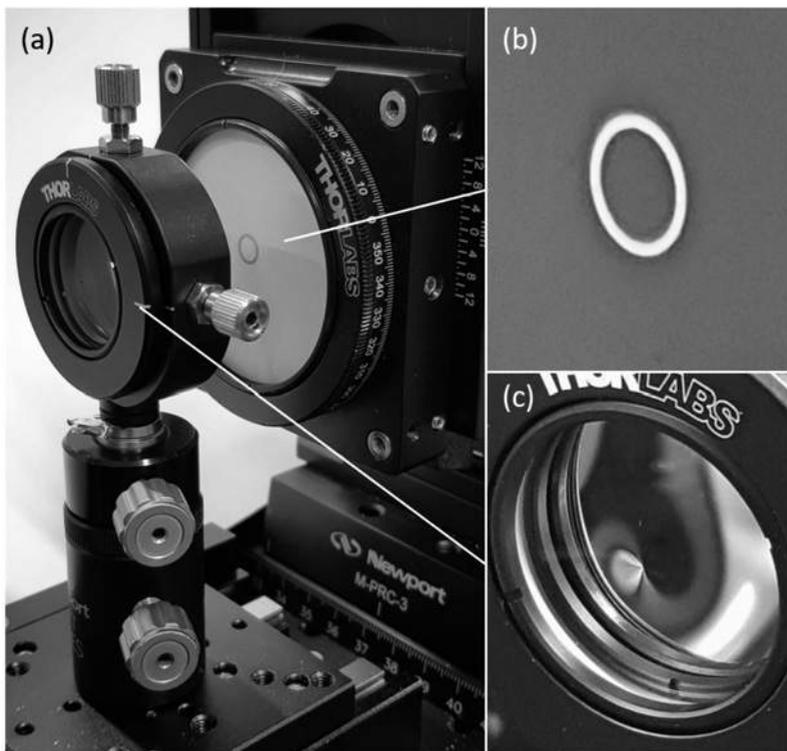


Abb. 3: Detailansicht des Labordemonstrators mit (a) Schlitten der Linearachse, montiertem plan- konvexen Axikon und Substrataufnahme (b) ringförmiger Lichtverteilung in der Bildebene und (c) vergrößerter Ansicht des gefassten plan- konvexen Axikons

Für die Belichtungsexperimente muss das mit dem Fotolack beschichtete Substrat im Fokus der ringförmigen Lichtverteilung positioniert werden. Als Substrat kommt hierbei Quarzglas zum Einsatz, auf das der Fotolack mittels Spincoating aufgebracht wird. Für binäre Belichtungsexperimente wird der Fotolack AZ®1505 (Merck KGaA) mit einer Dicke von ca. 500 nm verwendet. Als dicker Lack für Grautonlithografie dient AZ®4562 (Merck KGaA) mit ca. 8  $\mu\text{m}$  Dicke. [1] Das Substrat ist im Labordemonstrator justierbar montiert. Seine Lage kann sowohl in beiden lateralen Richtungen, als auch entlang der optischen Achse eingestellt werden. Durch die axiale Justage wird eine exakte Position der Substratoberfläche in der Bildebene des optischen Systems gewährleistet. Mit Hilfe einer hellen, matten Oberfläche in der Bildebene kann die ringförmige Lichtverteilung optisch sichtbar gemacht werden (s. Abb. 3(b)).

#### 4. Ergebnisse und Diskussion

Für die Belichtungsexperimente wird die Leistung der fasergekoppelten LED auf einen konstanten Wert von 10 mW eingestellt und vor jeder Belichtung mit einem Leistungsmesser überprüft. Nach der Belichtung findet die Entwicklung der jeweiligen Belichtungsprobe unter Reinraumbedingungen statt. Die Vermessung der belichteten und entwickelten Proben erfolgt mit einem Weißlichtinterferometer. Die Anpassung der Belichtungsdosis an die jeweilige Ringfläche erfolgt im Belichtungsvorgang ausschließlich über die Belichtungszeit. Ziel ist es hierbei, eine konstante Belichtungsdosis unabhängig vom Ringdurchmesser zu erzielen. Je nach axialer Position des plan-konvexen Axikons wurde daher die Belichtungszeit an die jeweilige Ringfläche angepasst. Somit konnten Ringe mit unterschiedlichen Durchmessern, aber mit vergleichbaren Ringbreiten im Fotolack hergestellt werden. Abbildung 4(a) zeigt die weißlichtinterferometrische Aufnahme von Ringen mit Innendurchmessern von ca. 1,5 mm, 3 mm, 4,5 mm und 6 mm bei einer Ringbreite von jeweils  $75 \pm 5 \mu\text{m}$ , die im binären Fotolack hergestellt wurden. Beim Vergleich dieser binären Ringprofile im Fotolack (s. Abb. 4(b)) mit Ringprofilen im Grautonlack (s. Abb. 4(c)) wird ersichtlich, dass bei den Grautonbelichtungen verschiedene Graustufen erzeugt werden, die zu einem kontinuierlichen höhenabhängigen Profilverlauf zusammengesetzt werden können. Anhand der Belichtungsexperimente konnte der prinzipielle Funktionsnachweis des vorgestellten Konzepts erbracht werden.

#### 5. Zusammenfassung und Ausblick

Im Beitrag wurde das Konzept eines ringförmigen Lithographiesystems vorgestellt, bei dem ein axial verschiebbares Axikon genutzt wird, um Ringe mit variablem Durchmesser zu erzeugen. Auf Basis des Optikdesignkonzepts wurde ein Labordemonstrator aufgebaut, der Belichtungsexperimenten dient. Anhand von Belichtungsergebnissen

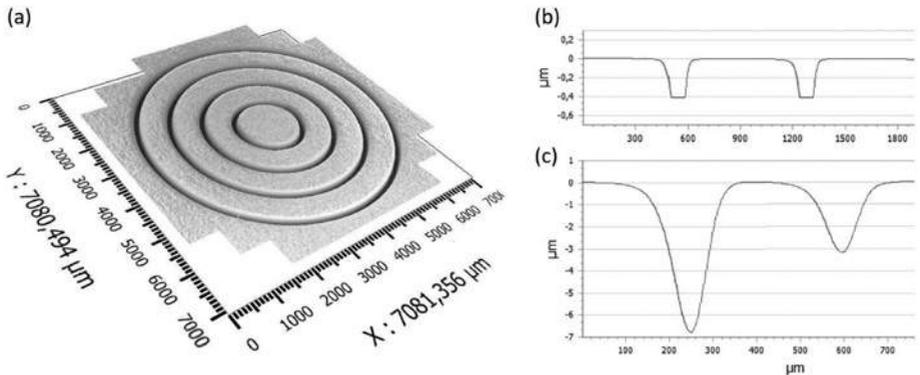


Abb. 4: (a) Weißlichtinterferometrische Aufnahme der Belichtung von konzentrischen Ringen im binären Fotolack AZ®1505 mit (b) binären Ringprofilen, (c) Ringprofile im Gratonlack AZ®4562

konnte der Funktionsnachweis für das Lithografiesystem erfolgreich erbracht werden. In Zukunft sollen durch eine gezielte und präzise Einstellung der axialen Axikonpositionen bei gleichzeitiger Steuerung der Belichtungsdosis spezifische Fotolackprofile erzeugt werden, auf deren Basis mikrooptische Elemente hergestellt werden können.

## 6. Literaturverzeichnis

- [1] Dr. C. Koch, Dr. T. J. Rinke: „Fotolithografie, Grundlagen der Mikrostrukturierung“, 1. Auflage 2017, MicroChemicals GmbH Ulm, ISBN 978-3-9818782-0-2
- [2] E. Förster et al: „Variable diameter CO<sub>2</sub> laser ring- cutting system adapted to a zoom microscope for applications on polymer tapes“ in: Appl. Optics 55, 9370-9377 (2016)
- [3] N. Rioux et al: „Linear, annular and radial focusing with axicons and applications to laser machining“ in: Appl. Optics 17, 1532-1536 (1978)
- [4] Dickey, Fred M.: „Axicon Ring Generation Systems“ in: Laser Beam Shaping: Theory and Techniques, Second Edition (CRC Press 2014), S. 441-463

## Erhebliche Steigerung der Detektionseffizienz für Filterarray-basierte Spektralsensoren

Kobylinskiy, A.<sup>1,2</sup>; Laue, B.<sup>1</sup>; Förster, E.<sup>1,2</sup>; Höfer, B.<sup>3</sup>; Shen, Y.<sup>4</sup>; Hillmer, H.<sup>2</sup>; Brunner, R.<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Ernst-Abbe-Hochschule Jena, Fachbereich SciTec

<sup>2</sup> Universität Kassel, Institut für Nanostrukturtechnologie und Analytik

<sup>3</sup> Fraunhofer Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik (IOF)

<sup>4</sup> Zurzeit bei 4X GmbH

E-Mail: Aliaksei.Kobylinskiy@eah-jena.de

### Kurzfassung

Es wird ein Verfahren zur Erhöhung der Detektionseffizienz von filterbasierten Spektralsensoren vorgestellt. Das Grundkonzept beinhaltet eine wellenlängenabhängige Umverteilung des einfallenden Lichts, bevor es die vor dem Detektor positionierten Filterelemente erreicht. Aufgrund dieser Sortierung erhält jedes Filterelement des Filterarrays eine räumlich konzentrierte Menge einer spektralen Aufteilung des gesamten einfallenden Lichts. Ein kompakter Demonstrator (17,5 x 17,5 x 7,8 mm<sup>3</sup>) wurde aufgebaut, der eine Reihe von nacheinander angeordneten dichroitischen Strahlteilern mit Fabry-Perot-Filtern kombiniert. Es wurde eine Effizienzsteigerung um einen Faktor größer 3 im Vergleich zu einem Referenzsystem experimentell nachgewiesen.

### 1. Einleitung

Gegenwärtig liegen die Hauptanwendungsgebiete von Spektralsensoren in der industriellen Prozesskontrolle, wobei insbesondere der „Agri-& Food“-Bereich und die Pharmaindustrie adressiert werden [1]. Hochauflösende Labor-Spektrometer basieren häufig auf dem „Czerny-Turner-Aufbau“, aber solche zeitsequentiellen Verfahren sind für die Prozessspektroskopie meistens zu langsam. Außerhalb des Laborbereichs werden überwiegend kompakte Simultanspektrometer verwendet [2]. Diese basieren auf einem selbst-fokussierenden Reflexionsgitter und können nur auf wenige Eigenschaften optimiert werden. Somit bestehen für beide Spektromertypen prinzipbedingte Nachteile, die den Anwendungsbereich limitieren.

Eine Alternative zu Gitterspektrometern sind Filterarray-basierte Spektrometer [3], bei denen mehrere diskrete Filter vor dem Detektor platziert sind. Das bietet einen kompakten und robusten Aufbau ohne bewegliche Elemente. Außerdem können mit Filterarrays, die aus vielen schmalbandigen Filtern bestehen, breite Spektralbereiche mit hoher Auflösung detektiert werden, was für kompakte Gitterspektrometer nicht möglich

ist [4]. Solche Filterarray-basierten Spektrometer haben aber einen wesentlichen Nachteil. Sie nutzen das zu analysierende Licht nicht effizient, weil nur ein Bruchteil des Eingangslichtes jeden schmalbandigen Filter passiert und analysiert wird. Somit wird der überwiegende Teil des zu analysierenden Lichtes zurückreflektiert und nicht für die Detektion genutzt. Eine wirksame Lösung dieses Problems wird in diesem Beitrag vorgestellt.

## 2. Konzept der Effizienzsteigerung für Filterarray-basierte Spektrosensoren

Die limitierte Effizienz filterbasierter Systeme ist durch die hohe Reflexion an jedem Filterelement erklärt. Die Detektionseffizienz kann durch eine spektrale Vorselektion des Lichtes erhöht werden. Somit erhält jedes Filterelement eine größere Menge an Licht in dem Wellenlängenbereich, in dem es auch transmittiert. Das Konzept kann mit einer Reihe von nacheinander angeordneten dichroitischen Strahlteiler realisiert werden. Dabei werden mehrere spektral vorselektierte und räumlich getrennten Lichtbündel erzeugt. Die dichroitischen Strahlteiler sind unter einem Einfallswinkel von  $45^\circ$  angeordnet. Im Folgenden wird ein kompaktes Filterarray-basiertes Spektrometer mit gesteigerter Effizienz präsentiert, welches das Konzept anschaulich beschreibt und anschließend experimentell beweist.

Das verwendete Filterarray-Spektrometer besteht aus drei Filterarrays, wobei jedes Array aus  $12 \times 12$  einzelnen Fabry-Perot-Filtern aufgebaut ist. Die mittleren  $8 \times 8$  Elemente sind für die Detektion des Lichtes geeignet, die jeweils nur einen schmalbandigen Bereich transmittieren. Mittels der dichroitischen Elemente wird einfallendes „weißes Licht“ spektral aufgeteilt, sodass die Teilspektren (grüner, gelber und roter Bereich) nur die dafür vorgesehenen Filterarrayelemente beleuchten. Eine Effizienzsteigerung um den Faktor 3 im Vergleich zu einem System ohne spektrale Vorselektion sollte dabei erzielt werden können. Abbildung 1(a) zeigt das Foto eines kompakten Effizienzsteigerungsmoduls (erster Prototyp). Die Funktionsweise wird in Abbildung 1(b) anhand des 3D-Modells verdeutlicht. Das einfallende „weiße Licht“ trifft auf das erste Element des Aufbaus: ein Prisma. Dieses ist ein dichroitischer Kurzpassfilter, welches Licht der Wellenlänge größer  $491 \text{ nm}$  reflektiert. An den folgenden drei Strahlteilern (Langpassfilter) wird das Licht in Abhängigkeit von der Wellenlänge ebenfalls reflektiert oder transmittiert. Je nach Strahlteiler wird ein anderer Wellenlängenbereich auf die Filterelemente reflektiert. Somit wird jedes Filterelement ausschließlich mit dem passenden Wellenlängenbereich des Lichtes beleuchtet. Die Transmissionsbereiche der drei verwendeten Fabry-Perot-Filterelemente sind:  $521\text{--}571 \text{ nm}$ ,  $576\text{--}630 \text{ nm}$  und  $628\text{--}685 \text{ nm}$ . Kürzere und längere Wellenlängen unter- und oberhalb der spektralen Detektionsgrenze der Filterarrays (kleiner als  $491 \text{ nm}$  und größer als  $702 \text{ nm}$ ) werden von keinem der Elemente reflektiert.

Um die erzielte Effizienzsteigerung nachzuweisen, wurde ein Referenzmodul aufgebaut [Abb.1(c)]. Hier wird das einfallende Licht ohne spektrale Vorselektion gleichmäßig mittels geeigneter Strahlteiler und Spiegel über die Filterarrays verteilt. Beide Module wurden nach anschließender mechanischer Optimierung in ein Gehäuse integriert [Abb.1 (d, e)]. Die spektralen Signale werden mit einer CCD-Kamera detektiert in dessen Fassung das jeweilige Modul integriert wird [Abb.1 (f)]. Das aufgebaute Spektrometer deckt den Wellenlängenbereich 521 bis 685 nm mit einer spektralen Auflösung von 3 nm ab [5].

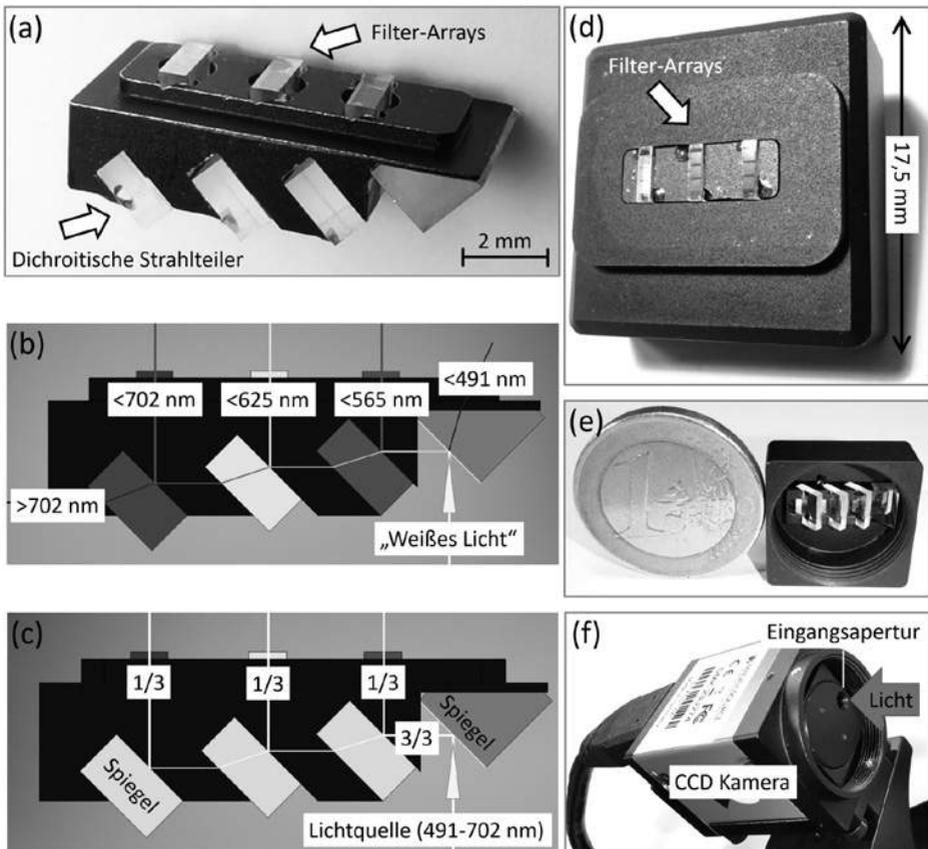


Abbildung 1. (a, b) Foto und 3D-Modell mit dem Arbeitsprinzip des Effizienzsteigerungsmoduls und (c) Referenzmoduls; (d-f) Effizienzsteigerungsmodul mit Gehäuse: (d) Rückseite mit den Filter-Arrays, (e) geöffnete Vorderseite mit erkennbaren dichroitischen Elementen und eine 1-Euro-Münze zum Vergleich, (f) in CCD-Kamera integriertes geschlossenes Modul.

### 3. Ergebnisse: experimenteller Nachweis des Konzeptes

Die beiden Systeme (= entsprechendes Modul + CCD-Kamera) wurden mit einer Quecksilber-Kadmium (HgCd) Spektrallampe beleuchtet und anhand der gemessenen, maximalen Detektorsignale verglichen. Die Einkopplung und Kollimierung des Lichtes erfolgt mittels einer optischen Faser mit Kollimatoren (siehe Abbildung 2). Mit angepassten Interferenzfiltern wurden die einzelnen Spektrallinien oder Doppellinien der HgCd-Spektrallampe selektiert, die von jedem der drei Filterarrays detektiert werden. Die selektierten Spektrallinien sind eine rote Linie mit 644 nm, eine gelbe Doppellinie mit 577-579 nm und eine grüne Linie mit 546 nm. Die verwendeten Filter sind Metallinterferenzfilter von Carl Zeiss Jena (DDR), mit Transmissionswellenlängen von 650 nm, 575 nm und 550 nm und mit einer Halbwertsbreite von 7–11 nm. Als Beispiel zeigt die Abbildung 3(a)-(c) entsprechende Detektorsignale des leuchtenden Filterarrays als 3D-Darstellung. Anhand der Datenreihe [siehe Abb.3 (d)-(f)] wurde eine Effizienzsteigerung um den Faktor 4 ermittelt.

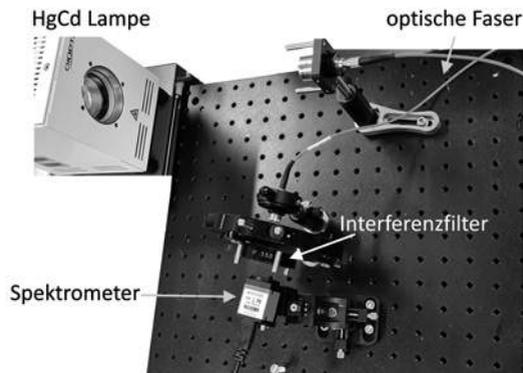


Abbildung 2. Experimenteller Aufbau.  
Das Spektrometer wird mit einer Spektrallampe (HgCd) beleuchtet.

Das Ergebnis zeigt eindeutig eine Steigerung der Effizienz. Eine Abweichung von dem theoretisch erwarteten Wert (Faktor 3) kann anhand mehrerer Einflüsse erklärt werden: Abweichungen der Transmissionswerte der verwendeten Filterarrays [5], Einfluss der Justierung der beiden Systeme in Verbindung mit einer Restdivergenz, als auch die Verwendung von hochreflektiven Spiegel anstatt der Strahlteiler für das Referenzmodul.

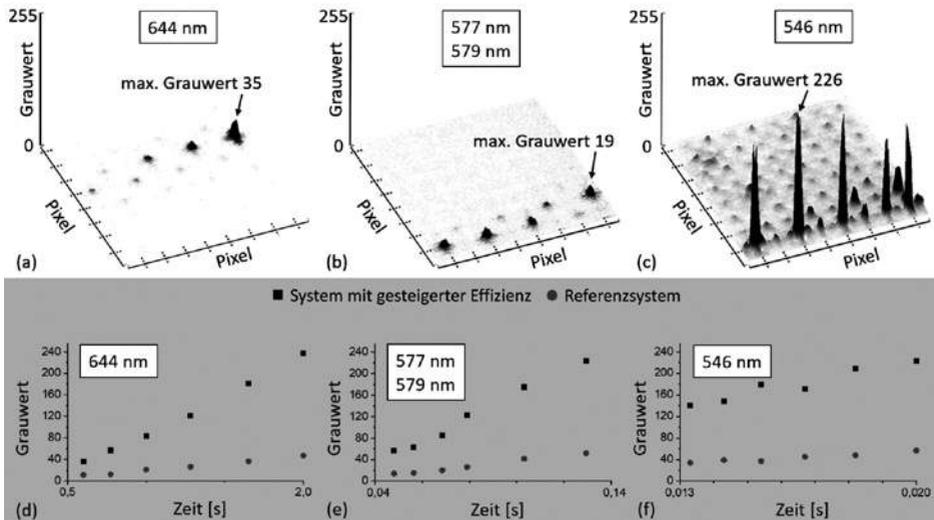


Abbildung 3. (a-c): Detektorsignale für ausgewählte Spektrallinien oder Doppellinien für Effizienzsteigerungsmodul (Aufnahmezeit 1/60 s); (d-f) Vergleich der beiden Systeme anhand der gemessenen Detektorsignale für verschiedene Belichtungszeiten.

#### 4. Zusammenfassung und Ausblick

Das Konzept der Effizienzsteigerung eines Filterarray-Spektrometers wurde experimentell nachgewiesen. Diese Arbeit zeigt das große Potenzial der Wellenlängenvorselektion. Das Konzept wird zur Verbesserung der Effizienz von kompakten filterbasierten Spektrometern weiterentwickelt. Geplante Arbeiten umfassen die Erhöhung des Effizienzfaktors, in dem zum Beispiel mehr dichroitische Elemente verwendet werden. Außerdem können die alternativen Anordnungen der dichroitischen Strahlteiler entwickelt werden, die sich überwiegend auf Reflexion basieren. Zukünftig soll eine Detektion von kontinuierlichen Spektren mit den verwendeten Filtersystem möglich sein. Dazu soll einen entsprechenden Auswertalgorithmus entwickelt werden.

#### 5. Literaturverzeichnis

- [1] Murphy, J.: "Global Spectroscopy Market Set to Expand", In: Photonics Spectra, (2017)
- [2] "Hamamatsu Photonics mini-spectrometer C14384MA", (2018), [https://www.hamamatsu.com/resources/pdf/news/2018\\_10\\_23\\_en.pdf](https://www.hamamatsu.com/resources/pdf/news/2018_10_23_en.pdf). – Abgerufen am 30.03.2021

- 
- [3] Shen, Y.; Istock, A.; Zaman, A.; Woigt, C.; Hillmer, H.: “Fabrication and characterization of multi-stopband Fabry–Pérot filter array for nanospectrometers in the VIS range using SCIL nanoimprint technology”, In: *Applied Nanoscience*, Vol. 8, Issue 6, 1415–1425 (2018)
- [4] Hillmer, H.; Woigt, C.; Istock, A.; Kobylinskiy, A.; Nguyen, D.T.; Ahmed, N.; Brunner, R.; Kusserow, T.: “Role of nanoimprint lithography for strongly miniaturized optical spectrometers,” *In: Nanomaterials* 11, 164 (2021).
- [5] Kobylinskiy, A.; Laue, B.; Förster, E.; Höfer, B.; Shen, Y.; Hillmer, H.; Brunner, R.: “Substantial increase in detection efficiency for filter array-based spectral sensors,” *In: Appl. Opt.* 59(8), 2443-2451 (2020).

## Bewegungsanalyse von Walzenverdichtern mit unrunder Bandage

Oltmanns, A.; Knut, A.; Ocaña, R. E.; Thiele, R.  
G<sup>2</sup> Gruppe Geotechnik, HTWK Leipzig  
E-Mail: ansgar.oltmanns@htwk-leipzig.de

### Kurzfassung

In diesem Beitrag wird eine Methode zur vereinfachten kinematischen Analyse von Walzenverdichtern mit unrunder Geometrie (RDC) vorgestellt. Das Verfahren ermöglicht es auf Basis von Geometriedaten die vertikale Bewegung des Walzenverdichters während des Drehens zu beschreiben, woraus sich die Energie des RDC-Systems ableiten lässt. Die Energie ist dabei die wesentliche Größe zur Steuerung des Verdichtungsprozesses. Die hier vorgestellte Methode ist ein erster Schritt zum besseren Verständnis der Wirkungsweise und kann perspektivisch zur maschinentechnischen Optimierung im Sinne von Studien zur Geometrie des RDC-Systems genutzt werden.

### 1. Einleitung

Zur Rekultivierung und Wiedernutzbarmachung von Tagebaufolgelandschaften muss der Untergrund i.d.R. verbessert werden. Großes Potential zur Sanierung dieser großen Flächen bieten Walzenverdichter mit unrunder Bandageengeometrie (RDC), die aufgrund ihrer höheren Arbeitsgeschwindigkeit und Wirktiefe zur Verdichtung von Tagebauinnenkippen besonders geeignet sind [1].

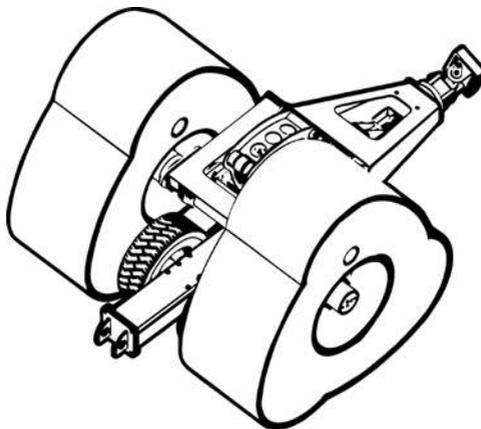


Abbildung 1: RDC-System mit dreiseitiger Bandage, bearbeitet aus [2]

Typischer Weise besteht der Aufbau dieser Verdichter aus einem oder zwei Walzenkörpern, auch Bandagen genannt. Gelagert sind die Bandagen auf einer Anhängereinheit, die von einem Zugfahrzeug über den zu verdichtenden Untergrund gezogen wird. RDC-Systeme gibt es in drei- bis fünfseitiger Ausführung [3,4,5]. Durch die unrunde Geometrie schlägt die Bandage auf den Untergrund. Zusätzlich rollt das statische Gewicht ähnlich wie bei Walzenverdichtern ab.

Zum besseren Verständnis dieser Technologie soll das Bewegungsverhalten der Bandage beim Abrollen auf Basis einer energetischen Betrachtung untersucht werden. Im Folgenden wird beispielhaft für die Geometrie eines dreiseitigen RDC-Systems die entwickelte Methodik präsentiert.

## 2. Kinematik des RDC –Systems

Aufgrund der unrunder Geometrie der Bandage hebt und senkt sich dessen Achse während des Rollens. Ausgehend von der Bandagenachse kann unter der Annahme eines ebenen, nicht geneigten Untergrunds gezeigt werden, dass jedem Drehwinkel  $\alpha$  der Bandage genau ein Berührungspunkt  $K$  mit dem Untergrund zugeordnet werden kann (Abbildung 2 (b)). Ausgenommen von dieser Annahme ist der Sonderfall der stabilen Lage der Bandage. Sie ist gekennzeichnet durch zwei Berührungspunkte (Abbildung 2 (a)).

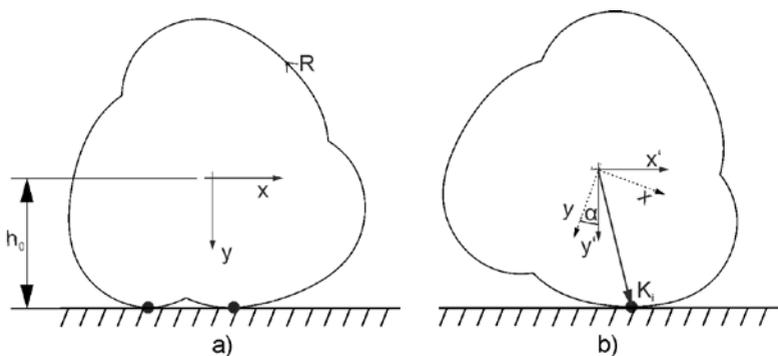


Abbildung 2: stabile Lage der Bandage mit zwei Berührungspunkten (a) und der Berührungspunkt  $K_1$  mit dem Untergrund einer gedrehten Bandage (b)

Dieser Sonderfall entspricht genau dem Zustand der kleinsten Höhe  $h_0$  der Bandage und soll als Ausgangspunkt der Analyse dienen, für die ein Koordinatensystem in die Schwereachse der Welle gelegt wird, wobei die Ordinatenachse senkrecht zum Untergrund steht.

Zur Analyse der Kinematik wird die Geometrie, die mit kommerzieller CAD-Software erstellt wird, in Kurvenpunkte  $R$  diskretisiert und entsprechend folgenden funktionalen Zusammenhängen ausgewertet. Für jede Lage kann die  $y$ -Komponente des Berührungspunktes  $K$  als maximaler  $y$ -Wert der Kurvenpunkte  $R$  ermittelt werden:

$$K = \max\{R_y\} \quad (2.1)$$

Um die Lage der Berührungspunkte für eine Umdrehung der Bandage ermitteln zu können, werden die Kurvenpunkte iterativ über den Drehwinkel bestimmt. Dafür wird das Koordinatensystem mit Hilfe der Drehmatrix  $D$  um den Winkel  $\alpha$  gedreht (Abbildung 2b) und für die gedrehte Lage die Kurvenpunkte  $r'$  berechnet:

$$r'(\alpha) = D r = \begin{pmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha \\ \sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix} \begin{pmatrix} r_x \\ r_y \end{pmatrix} \quad (2.2)$$

Die  $y$ -Komponente des gedrehten Punktes ergibt sich durch:

$$r'_y(\alpha) = r_x \sin \alpha + r_y \cos \alpha \quad (2.3)$$

Dreht man alle Kurvenpunkte  $R$ , dann gilt für den Berührungspunkt eines beliebigen Drehwinkels der Bandage:

$$K(\alpha) = \max\{R'_y(\alpha)\} \quad (2.4)$$

Durch Bestimmung der Maxima lässt sich die Fallhöhe  $\Delta h$  als mit  $0 \leq \alpha \leq 360$  für eine Umdrehung darstellen:

$$\Delta h(\alpha) = K(\alpha) - \min\{K\} \quad (2.5)$$

Gleichung (2.5) beschreibt die vertikale Lageänderung der Bandage einer beliebigen Geometrie eines RDC-Systems. Im Folgenden wird gezeigt, wie sich daraus prozessrelevante Größen ableiten lassen.

Unter der Näherung, dass die Rotationsgeschwindigkeit der Bandage bei gleichbleibender Fahrgeschwindigkeit des Zuggeräts ( $v$ ) konstant ist, lässt sich die vertikale Geschwindigkeit der Achse in Abhängigkeit der Fahrtgeschwindigkeit und der Länge der abgerollten Geometrie wie folgt berechnen.

$$t(\alpha, v) = \frac{\alpha}{360^\circ} \frac{U_a}{v} \quad (2.6)$$

Die Länge der abgerollten Geometrie  $U_a$  für Bereich der stabilen Ruhelage mit zwei Berührungspunkten wird durch eine Tangente idealisiert. Durch Einsetzen von (2.6) in (2.5) kann die vertikale Lageänderung der Bandage nun in Abhängigkeit der Fahrgeschwindigkeit des Zuggeräts  $v$  dargestellt werden (Abbildung 3). Im folgenden Abschnitt wird gezeigt, wie sich die Fahrgeschwindigkeit auf den zentralen Prozessparameter, die kinetische Energie des RDC-Systems auswirkt.

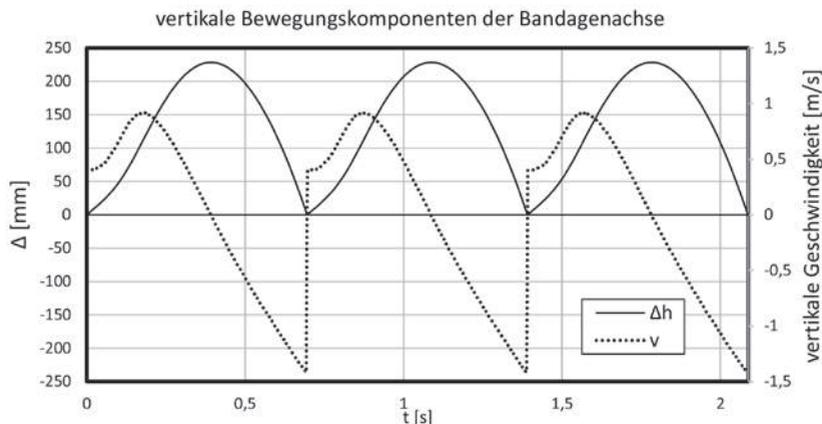


Abbildung 3: vertikale Bewegungskomponenten der Bandagenachse

### 3. Energetische Betrachtung

Nach AVALLE [6] wird die maximale Verdichtungsenergie für RDC-Systeme aus der potentiellen Energie abgeschätzt. Dieser Betrachtung folgend, kann die potentielle Energie für ein System mit beliebiger Geometrie mit Hilfe des Maximalwerts aus (2.6) für ( $0 \leq \alpha \leq 360$ ) berechnet werden:

$$E_{pot} = m g \Delta h_{max} \quad (3.1)$$

Entsprechend der aktuellen Vorgehensweise aus [6] hat die Fahrgeschwindigkeit keinen Einfluss auf die Bewertung der Verdichtungsenergie. Es kann gezeigt werden, dass mit der Gleichung (2.6) und (3.1) berechneten potentiellen Energien den Angaben der Hersteller in sehr guter Näherung entsprechen (Tabelle 1). Die potentielle Energie scheint die übliche Herstellerangabe zur energetischen Bewertung der Systeme zu sein. Diese Näherung wird folgend von den Autoren hinterfragt. Durch den erarbeiteten Ansatz ist es nunmehr möglich in guter Näherung den Einfluss der Fahrgeschwindigkeit auf die

kinetische Energie des Systems zu bewerten und in Relation zu den üblichen Herstellerangaben zu diskutieren, was folgend für das System des Herstellers Landpac beispielhaft erfolgt.

Tabelle1: Herstellerangaben von RDC-Systemen im Vergleich zur potentiellen Energie

Hersteller	Seiten	Gewicht [t]	$\Delta h$ [mm]	Bewertung [kJ]	$E_{pot}$ [kJ]
Landpac [3, 5, 7, 8]	3	12	230	27	27,08
Gyropac [9,10]	3	11	275	30	29,68
	5	11	148	15	15,97
Broons [4]	4	12	150	17	17,66

Über die zeitabhängige Darstellung der Fallhöhe kann die kinetische Energie des Systems untersucht werden. In Abbildung 3 kann für den Moment des Einschlages die Geschwindigkeit der Bandage ermittelt werden. Im Moment des Schlages liegen zwei Berührungspunkte vor, das entspricht dem Sonderfall der stabilen Lage und damit dem niedrigsten Punkt der Höhe der Bandagenachse. Die vertikale Geschwindigkeit beträgt in diesem Punkt:

$$v_v = 1,42 \frac{m}{s}$$

Daraus lässt sich die kinetische Energie der Bandage im Moment des Einschlags ermitteln.

$$E_{kin} = \frac{1}{2} m_{Bandage} v_v^2 \quad (3.2)$$

Tabelle2: Kinetische Energie des dreiseitigen Systems für verschiedene Zuggeschwindigkeiten

Zuggeschwindigkeit [m/s]	8	10	12	14	18
$V_v$ [m/s]	0,94	1,18	1,42	1,66	2,13
$E_{kin}$ [kJ]	5,30	8,35	12,10	16,53	27,22

## 4. Ergebnis und Ausblick

Der vorgestellte Ansatz zeigt den funktionalen Zusammenhang zwischen Bandagengeometrie und vertikaler Achsbewegung. Das Vorgehen ermöglicht es das System des Walzenverdichters mit unrunder Geometrie besser zu verstehen und beliebige Bandagengeometrien hinsichtlich der vertikalen Bewegung vergleichen zu können. Bei bekannter Masse lässt sich die potentielle Energie des Systems berechnen, die zur Abschätzung der maximalen Verdichtungsenergie genutzt wird. Da die potentielle Energie nur geometrieabhängig ist und die Zuggeschwindigkeit keinen Einfluss hat, scheint sie zur Bewertung der RDC-Systeme jedoch ungeeignet.

Geht man von einer konstanten Winkelgeschwindigkeit der Bandage aus kann man die Betrachtung des Systems um die vertikale Geschwindigkeit der Bandagenachse und damit um die kinetische Energie erweitern. Da die Systeme verschiedener Hersteller, für unterschiedliche Arbeitsgeschwindigkeiten konzeptioniert sind, ist es nun möglich mit der kinetischen Energie aus der Achsbewegung eine Vergleichsgröße zu ermitteln.

Außerdem fällt auf, dass die kinetische Energie des Systems deutlich von der Herstellerangabe zu den Energien des Systems abweicht. Ermittelt man für das dreiseitige Landpac-System die kinetische Energie, beträgt diese bei einer maximalen Zuggeschwindigkeit von 12km/h [8] mit rund 12kN nur ca 45% der potentiellen Energie. Um die potentielle Energie zu erreichen müsste die Zuggeschwindigkeit das Anderthalbfache betragen.

Neben der Analyse bestehender Systeme ist es nun möglich beliebige Geometrievarianten zu untersuchen und die Bandagengeometrie hinsichtlich der energetischen Wirkung zu optimieren.

Das beschriebene Vorgehen, zeigt die Bewegungsgrößen für ein vereinfachtes System. Zum tieferen Verständnis der Kinematik ist es notwendig den Einfluss der Anbindung an das Zugerät auf die horizontale Bewegung zu untersuchen und die vertikale Bewegung der Achse mit den horizontalen Anteilen aus Zuggeschwindigkeit und Bewegung innerhalb des Systems zu kombinieren.

Beim Abrollen der unrunder Bandagengeometrien ändert sich der Betrag des Vektors des Berührungspunktes (Radius). Deshalb ist davon auszugehen, dass die Winkelgeschwindigkeit entgegen der Annahme, nicht konstant ist. Ferner ist zu beobachten, dass sich die horizontale Lage des Berührungspunktes, relativ zur Achse verändert. Diese Änderung ist geometrisch bedingt und resultiert in einer unstetigen Umfangsgeschwindigkeit der Walze. Um die kinematische Betrachtung der RDC-Systeme weiter zu führen, ist es daher notwendig den Zusammenhang zwischen Zuggeschwindigkeit, der Umfangsgeschwindigkeit und Winkelgeschwindigkeit der Bandage zu untersuchen. Der vorgestellte Ansatz bietet dafür die Grundlage.

## 5. Literaturverzeichnis

- [1] Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft mbH: Sicherer Untergrund für Naturschutzflächen entsteht mit unrunder Walze, 20.1.2020, <https://www.lmbv.de/index.php/Nachrichtenleser/lmbv-sicherer-grund-fuer-naturschutzflaechen-entsteht-mit-unrunder-walze.html>, 2017.
- [2] [www.gyropac.com/home](http://www.gyropac.com/home), 01.02.2020
- [3] Landpac: Technical Data of 3 Sided (T3-500) High Energy Impact Compactor (HEIC), <http://www.landpac.co.uk/copy-of-technical>, 09.12.2019,
- [4] Broons: Broons Impact Roller Brochure (2008). [https://www.broons.com/impact/broons\\_impact.pdf](https://www.broons.com/impact/broons_impact.pdf), 18.12.2019
- [5] Landpac: HEIC Datenblatt: 22kJ Fünfkant HEIC, <http://landpac.com/wp-content/uploads/2017/06/5-Sided-10kJ-15kJ-22kJ-spec.jpg>, 18.12.2019
- [6] Derek Avalue: Impact Rolling in the Spectrum of Compaction Techniques and Equipment, 30.12.2019, 2004.
- [7] Landpac: HEIC CIR CIS –Dokumentation, <https://www.landpac-de.com/documentation>, 23.1.2020.
- [8] Ziems, M., 2018: Grundlagenermittlung und Parameteranalyse des Systems Rolling Dynamic Compaction.
- [9] Gyropac: G3 300 Everest: SPEC SHEET. E-Mail Ross Munro, 2019.
- [10] Gyropac: G5 150 Olympus: SPEC SHEET. E-Mail Ross Munro, 2019.

# Entwurf, Simulation und Implementierung einer stetigen Turbidostat-Regelung für Photobioreaktoren zur Langzeit-Kultivierung von Mikroalgen

Reinecke, J.M.<sup>1,2</sup>; Weise, T.<sup>1,3</sup>; Ringleben, L.<sup>1,3</sup>; Demmel, J.<sup>1,2</sup>; Pfaff, M.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ernst-Abbe-Hochschule Jena, Fachbereich Medizintechnik und Biotechnologie

<sup>2</sup> Technische Universität Ilmenau, Fakultät für Informatik und Automatisierung

<sup>3</sup> Friedrich-Schiller-Universität Jena, Fakultät für Biowissenschaften

E-Mail: JohannesMatthias.Reinecke@eah-jena.de

## Kurzfassung

Die Biomasse-Konzentration ist ein zentraler Parameter von biotechnologischen Prozessen, insbesondere Mikroalgen-Kulturen. Auf Basis von Untersuchungen zur Optimalsteuerung wurde ein Turbidostat-System zur kontinuierlichen Langzeit-Kultivierung von Mikroalgen entwickelt. Dieses ermöglicht die aktive Regelung der Optischen Dichte (OD) und damit der Biomasse-Konzentration im Reaktor. Hier wird besonders auf den Regelungsentwurf und die Beschreibung der nichtlinearen, zeitveränderlichen, partiell instabilen Strecke eingegangen. Um dieser Strecke und dem Optimalsteuerungsentwurf gerecht zu werden, wird statt eines einfachen Zweipunkt-Reglers ein erweiterter PI-Regler eingesetzt, welcher eine erhöhte Genauigkeit der Regelgröße und stark verringerte Varianz der Stellgröße aufweist.

## 1. Einleitung

In Mikroalgen-Bioprozessen ist Licht als primäre Energiequelle häufig der wachstumsbegrenzende Faktor, da mit steigender Biomasse-Konzentration bzw. optischer Dichte (OD) die Selbstabschattung zunimmt [1]. Im kontinuierlichen Turbidostat-Betrieb wird die Biomasse-Konzentration unter kontinuierlicher Zufuhr von Frischmedium und Ernte von Kultursuspension aktiv durch Verdünnung geregelt. Damit können geeignete Verhältnisse bezüglich Licht und Nährstoffen gezielt eingestellt und konstant gehalten werden. In [2,3] erfolgten Entwicklung und Test eines parallelen Turbidostat-Systems mit eigens konzipiertem Bypass-OD-Messsystem für Langzeit-Kultivierungen von Mikroalgen. Hier werden insbesondere die regelungstechnischen Aspekte der Entwicklung dargestellt, da die Turbidostat-Regelstrecke besondere, nicht-konventionelle Eigenschaften besitzt.

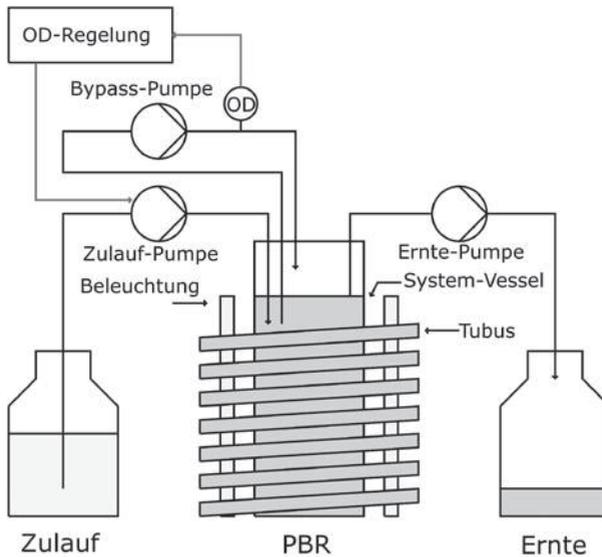


Abbildung 1: Schema eines Photobioreaktors (PBR) im Turbidostat-Betrieb.

## 2. Grundlagen

In einem kontinuierlich betriebenen Bioprozess wird das Reaktorvolumen kontinuierlich mit Frischmedium verdünnt und der Überlauf geerntet, sodass das Volumen konstant bleibt (s. Abb. 1). Die Biomasse-Konzentration  $c_x$  ändert sich gemäß Gl. (1) durch die spezifische Wachstumsrate  $\mu$  und die Verdünnungsrate  $D$ . Im eingeschwungenen Zustand, dem Steady-State, ist diese Änderung gleich null (s. Gl. (2)).

$$\frac{dc_x}{dt} = \mu c_x - D c_x \quad (1)$$

$$\frac{dc_x}{dt} = 0 \Rightarrow \mu = D \quad (2)$$

In [4,5,6] wurde das Pontrjaginsche Maximumprinzip [7] unter der Forderung nach maximaler Produktivität auf Bioprozesse angewandt. Unter der Annahme von logistischem (Biomasse-abhängigem) Wachstum führt dies im Optimum zur kontinuierlichen Betriebsweise mit der Steuerungsstrategie nach Gl. (3).

$$D(c_X) = \begin{cases} D_{\min}, & c_X < c_{X,\text{opt}} & \text{(Wachstum)} \\ D_{\max}, & c_X > c_{X,\text{opt}} & \text{(Ausspülen)} \\ D_{\text{opt}}, & c_X = c_{X,\text{opt}} & \text{(Steady-State)} \end{cases} \quad (3)$$

Zunächst wird der Zustand optimaler Produktivität durch minimalen bzw. maximalen Stellgrößeneinsatz erreicht; anschließend wird er durch *optimalen* Stellgrößeneinsatz gehalten (Steady-State).

### 3. Ergebnisse

Abgeleitet von den Berechnungen zur Optimalsteuerung [4,5,6] hat die Anwendung einer *optimalen* Verdünnungsrate im Betriebspunkt nach Gl. (3) zu erfolgen, sodass Gl. (2) erfüllt wird. Dazu ist die genaue Kenntnis der Wachstumsrate  $\mu$  erforderlich. Diese unterliegt als biologischer Summenparameter jedoch Schwankungen aufgrund äußerer und innerer Einflüsse. Damit eine Prozessführung auf Abweichungen von  $\mu$  reagieren kann, muss sie als Regelung ausgeführt sein. Zu diesem Zweck kommen meistens Zweipunkt-Regler zum Einsatz, welche die Pumpe bei Überschreiten des Sollwerts aktivieren und bei Unterschreiten deaktivieren (z.B. [8]). Auf diese Art kann die optimale Verdünnungsrate nur im zeitlichen Mittel erreicht werden, indem auf die zeitlich glättende Wirkung des Reaktorvolumens vertraut wird. Die dreiteilige Steuerungsstrategie aus Gl. (3) wird damit jedoch auf eine zweiteilige reduziert. Um dies zu umgehen, wurde ein Regler entwickelt, welcher drei Zustände gemäß Gl. (4) kennt. Solange der Istwert  $X = c_x$  außerhalb eines engen Bereichs  $\rho$  (z.B. 10%) um den Sollwert  $W$  liegt, wird wie in Gl. (3) minimal oder maximal verdünnt. Sobald der Istwert in diesen Regelbereich eintritt, kommt ein PI-Regler mit Anti-Windup nach [9] zum Einsatz. Dessen Aufgabe ist es, den Betriebspunkt einzuregeln und die dafür nötige optimale Verdünnungsrate als Stellgröße  $Y = D$  zu ermitteln.

$$D(c_X) = \begin{cases} D_{\min}, & c_X < W \cdot (1 - \rho) & \text{(Wachstum)} \\ D_{\max}, & c_X > W \cdot (1 + \rho) & \text{(Ausspülen)} \\ D_{PI}, & \text{sonst} & \text{(PI-Regelung)} \end{cases} \quad (4)$$

Der PI-Regler arbeitet jedoch an einer nicht-konventionellen Strecke. Diese ist kein typisches lineares, zeitinvariantes System, sondern hochgradig zeitveränderlich und in der Konsequenz nichtlinear. Sämtliche Parameter in Gl. (1) sind zeitveränderlich. Die Wachstumsrate  $\mu(t)$  unterliegt als biologischer Parameter verschiedensten Einflüssen; die Verdünnungsrate  $D(t)$  wird durch die Regelung aktiv verändert. Für hinreichend kurze Zeiträume wie einen Takt der Regelung, in denen Änderungen der Wachstumsrate vernachlässigbar sind und die Verdünnung durch die Regelung

konstant vorgegeben ist, lässt sich Gl. (1) lösen. Dies führt zu einem System erster Ordnung nach Gl. (5). Die Taktfrequenz der Regelung muss dabei deutlich höher als die Wachstumsrate sein.

$$c_X(t_{i+1}) = c_X(t_i) \cdot \exp\left[\frac{t_{i+1} - t_i}{\mu(t_i) - D(t_i)}\right] = c_X(t_i) \cdot \exp\left[-\frac{t_{i+1} - t_i}{T_1}\right] \quad (5)$$

$$\text{mit der Zeitkonstante} \quad T_1(t) = -\frac{1}{\mu(t) - D(t)} = -\frac{1}{\lambda_1(t)} \quad (6)$$

$$\text{und dem Eigenwert} \quad \lambda_1(t) = \mu(t) - D(t) \quad (7)$$

Hier wird die Eigenart der untypischen Strecke deutlich: Die Regelung über die Verdünnungsrate  $D$  wirkt nicht auf den Streckeneingang, sondern auf einen strukturellen Parameter der Strecke – auf die Zeitkonstante  $T_1$  bzw. den Eigenwert  $\lambda_1$  (s. Gln. (6), (7) und Abb. 2). Dies wird als *parametric control* [10] bezeichnet und führt dazu, dass die Parameter und damit das Systemverhalten zeitlich stark veränderlich sind. Mit Abstrichen bei der Dynamik ist eine solche Strecke jedoch prinzipiell mit einem PI-Regler beherrschbar.

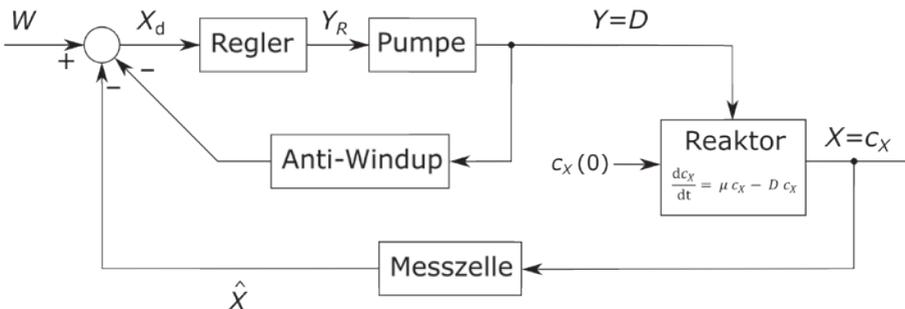


Abbildung 2: Schematische Darstellung des Turbidostat-Regelkreises.

Hervorzuheben ist, dass die Strecke an sich ein instabiles System ist – eine positive Wachstumsrate führt zu exponentiellem Wachstum. Erst durch Verdünnung wird der Prozess stabilisiert. Bezüglich des Eigenwerts der Strecke sind gemäß Gl. (6) drei Fälle zu unterscheiden:

- $\mu - D > 0$ :  $c_x$  wächst exponentiell = instabiles System mit negativem  $T_1$
- $\mu - D < 0$ :  $c_x$  wird ausgespült = stabiles System mit positivem  $T_1$
- $\mu - D = 0$ :  $c_x$  ist konstant = grenzstabiles System mit unendlich großem  $T_1$

Ziel der Regelung ist, den Betriebspunkt zu erreichen und zu halten, indem der Eigenwert der Strecke möglichst gut an null und damit die Zeitkonstante  $T_1$  an unendlich angenähert wird. Man könnte daher auch von einem „Eigenwert-Regler“ sprechen. Abb. 3 zeigt den Einschwingvorgang der Turbidostat-Regelung mit PI-Regler und einem Regelbereich  $\rho = 10\%$ . Phasen des Wachstums (instabile Strecke) und des Ausspülens (stabile Strecke) wechseln sich mit abklingender Amplitude ab. Dieses Regelungssystem weist ungewöhnliche Eigenschaften auf, welche durch die Beeinflussung eines Streckenparameters entstehen. So bewirkt eine höhere Reglerverstärkung eine Abnahme des Überschwingens, da nicht mehr Energie auf den Streckeneingang gegeben, sondern das Zeitverhalten der Strecke selbst verändert wird. Ein engerer Regelbereich erfordert daher auch eine höhere Verstärkung, damit das Überschwingen innerhalb des Regelbereichs verbleibt. Die relativ hohe Ausregelzeit resultiert aus der Zeitkonstante, welche mit Annäherung an den Steady-State gegen unendlich strebt. Durch geeignete Parametrierung und Wahl des Regelbereichs kann eine sehr hohe Geschwindigkeit erreicht werden (Abb. 4). Der Regelungsentwurf wurde technisch realisiert und lieferte in der Praxis gute Ergebnisse [1].

#### 4. Diskussion

Der vorgestellte Entwurf für eine Turbidostat-Regelung soll die Schnelligkeit eines Zweipunkt-Reglers mit der Genauigkeit, Sanftheit und Gleichmäßigkeit eines PI-Reglers verbinden. Die dreiteilige Regelungsstrategie nach Gl. (4) erreicht dies dadurch, dass der langsamere, aber genaue PI-Regler erst nahe am Sollwert zum Einsatz kommt; davor ist die Geschwindigkeit mit der des Zweipunkt-Reglers identisch. Abb. 4 zeigt den Vergleich eines schnellen PI-Reglers im Regelbereich mit einem Zweipunkt-Regler.

Während der Ausregelprozess beim Zweipunkt-Regler erwartungsgemäß etwas schneller abläuft, bleibt systembedingt eine Restwelligkeit der Regelgröße bestehen, da ein Zweipunkt-Regler den Steady-State nur im zeitlichen Mittel erreicht. Im eingeschwungenen Zustand wechseln sich minimaler und maximaler Stellgrößeneinsatz ab, was mit erhöhtem Energieaufwand und erhöhter mechanischer Belastung einhergeht. Der PI-Regler benötigt im Detail etwas mehr Zeit, um ein dem Zweipunkt-Regler vergleichbares Toleranzband zu erreichen, auch wenn der Regelbereich diesen Unterschied vermindern kann. Danach ist die erreichbare Genauigkeit wesentlich besser, da der Stellgrößeneinsatz nicht binär, sondern sanft erfolgt und ein echter Steady-State auch bezüglich der Stellgröße erreicht wird. Das absolute Überschwingen bleibt klein und kann durch

höhere Reglerverstärkung und kleineren Regelbereich weiter angepasst werden, da die Sprunghöhe am Eingang des PI-Reglers der Höhe des Regelbereichs entspricht.

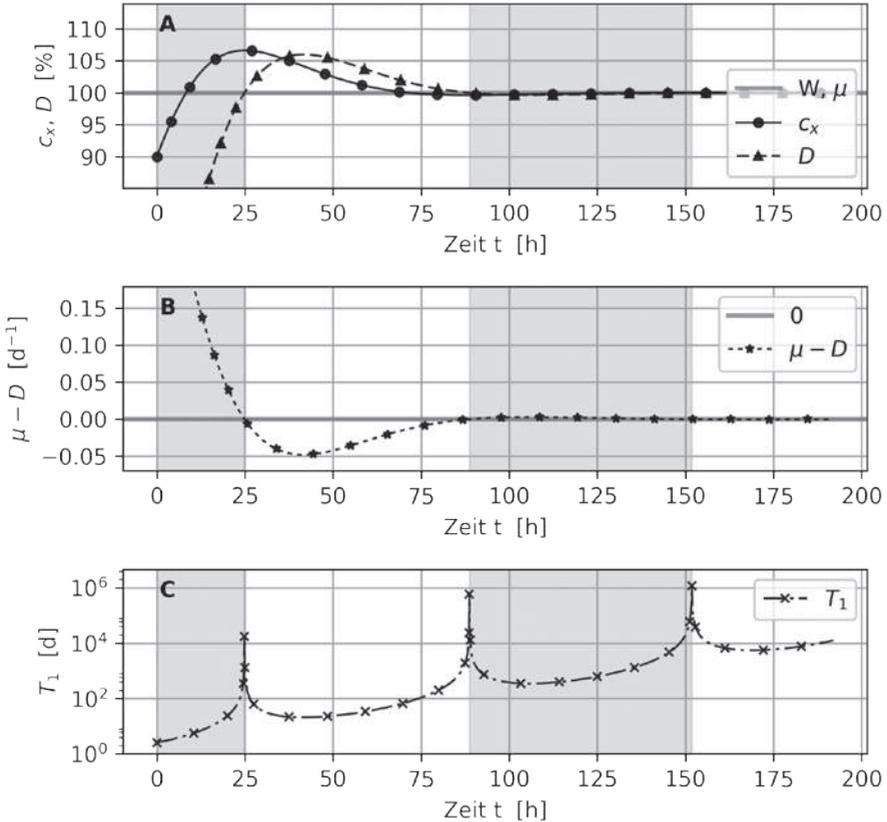


Abbildung 3: Simulation der Turbidostat-Regelung mit PI-Regler ( $K_R = 24$ ,  $T_N = 20$  h). A: Biomasse-Konzentration  $c_x$  und Verdünnungsrate  $D$ ; B: Eigenwert der Strecke  $\lambda_1 = \mu - D$ , C: Zeitkonstante der Strecke  $T_1$ . Bereiche mit positivem (instabilem) Eigenwert sind grau hinterlegt. Spezifische Wachstumsrate  $\mu = 0.8$  d<sup>-1</sup>, Regelungstakt = 6 min, Regelbereich  $\rho = 10$  %.

Die praktischen Vorteile der vorgeschlagenen Strategie zur Turbidostat-Regelung gegenüber einer einfachen Zweipunkt-Regelung sind vom experimentellen Setup und Maßstab, den Genauigkeitsanforderungen sowie den konkreten Fragestellungen abhängig. Derzeit erfolgen Regelungsentwürfe, die sich an der besonderen Struktur der Tur-

bidostat-Regelstrecke orientieren und damit die Dynamik gegenüber der PI-Regelung weiter verbessern sollen.

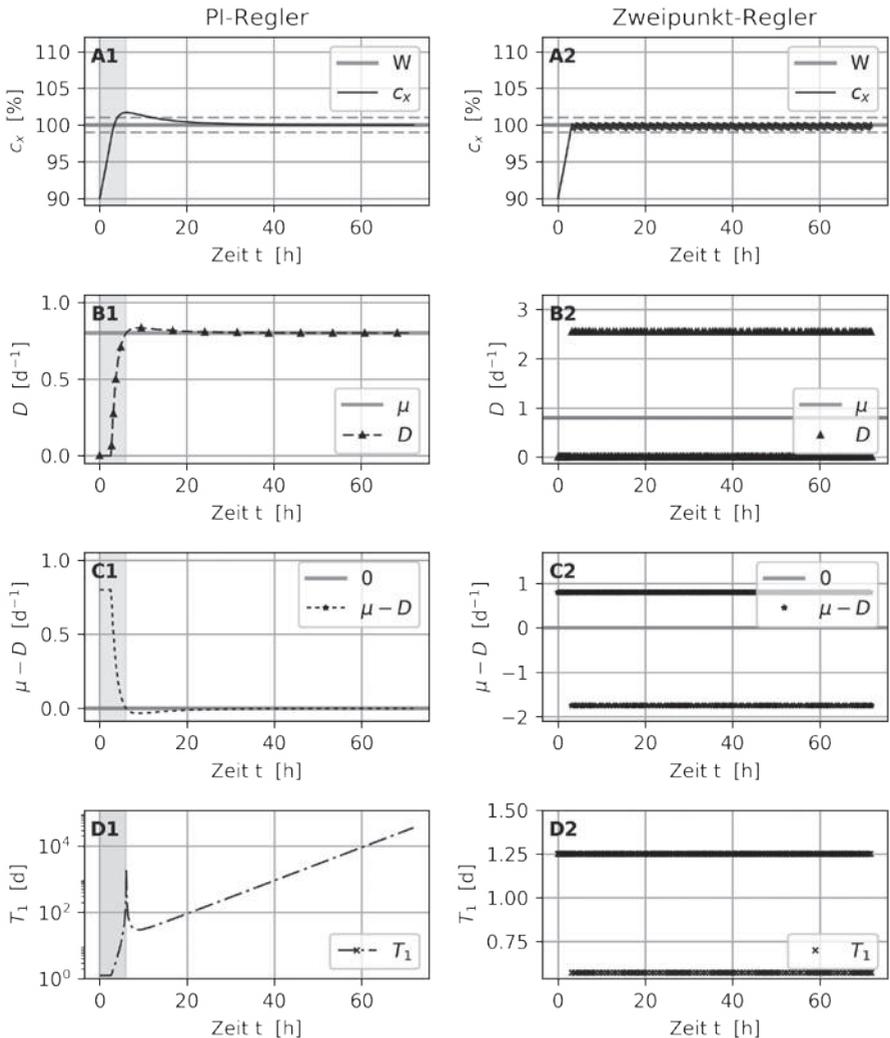


Abbildung 4: Vergleich von PI-Regler (links;  $K_R = 240$ ,  $T_N = 10$  h) und Zweipunkt-Regler (rechts). A: Biomasse-Konzentration  $c_x$ ; B: Verdünnungsrate  $D$ ; C: Eigenwert der Strecke  $\lambda_1 = \mu - D$ ; D: Zeitkonstante der Strecke  $T_1$ . Toleranzband  $\varepsilon = \pm 1\%$ , Spezifische Wachstumsrate  $\mu = 0.8 \text{ d}^{-1}$ , Regelungstakt = 6 min, Regelbereich  $\rho = 10\%$ .

## 5. Literaturverzeichnis

- [1] Weise, T.; Reinecke, J.M.; Schuster, S.; Pfaff, M.: „Optimizing Turbidostatic Microalgal Biomass Productivity: A Combined Experimental and Coarse-Grained Modelling Approach“, *In: Algal Research, Volume 39, May 2019* (2019).  
URL: <https://doi.org/10.1016/j.algal.2019.101439>
- [2] Reinecke, J.M.: „Entwicklung einer OD-Messzelle sowie von Firmware und Software für Monitoring und Regelung von pH- und OD-Wert für parallele Photobioreaktorsysteme“, Masterarbeit, Ernst-Abbe-Hochschule Jena (2019)
- [3] Reinecke, J.M.; Weise, T.; Pfaff, M.: „Entwicklung und Realisierung eines Turbidostat-Systems zur Mikroalgen-Kultivierung“, Poster P 12, 12. Bundesalgenstammtisch, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (2019)
- [4] Reinecke, J.M.; Weise, T.; Pfaff, M.: „Modellbasierter Entwurf optimaler Steuerungen für algenbiotechnologische Prozesse“, Poster, Tag der Forschung der Ernst-Abbe-Hochschule Jena (2015)
- [5] Reinecke, J.M.; Weise, T.; Schuster, S.; Pfaff, M.: „Model-based Optimal Control Design for Algal Bioprocesses: A Theoretical Study“, Poster P 56, ISGSB 2016 - International Study Group for Systems Biology Meeting, Friedrich Schiller University Jena (2016)
- [6] Weise, T.; Reinecke, J.M.; Demmel, J.; Schuster, S.; Pfaff, M.: „Model-based Optimal Control Design for Algal Bioprocesses: An Experimental Study“, Poster P 57, ISGSB 2016 - International Study Group for Systems Biology Meeting, Friedrich Schiller University Jena (2016)
- [7] Föllinger, O.: „Optimale Regelung und Steuerung“, 3. Auflage, Oldenbourg (1994). ISBN: 3-486-23116-2
- [8] Hoffmann, M.: „Physiologische Untersuchungen parameterinduzierter Adaptionsantworten von *Nannochloropsis salina* in turbidostatischen Prozessen und deren biotechnologischer Potenziale“, Dissertation, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel (2010)
- [9] Horn, M.; Dourdoumas, N.: Regelungstechnik: „Rechnerunterstützter Entwurf zeitkontinuierlicher und zeitdiskreter Regelkreise“, Pearson Studium (2004). ISBN: 9783827370594.
- [10] Richalet, J.; O'Donovan, D.; Åström, K.E.: „Predictive Functional Control: Principles and Industrial Applications“, *Advances in Industrial Control*, Springer London (2009). ISBN: 9781848824935

## Development of highly oriented Test-Specimens made of short glass fiber reinforced Plastics

Tamara van Roo<sup>1,2</sup>, Stefan Kolling<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF, Darmstadt

<sup>2</sup> Technische Hochschule Mittelhessen

E-Mail: tamara.van.roo@lbf.fraunhofer.de

### Abstract

Injection molded polybutylene terephthalate reinforced with 30 weight percentage of short glass fibers is a commonly used material in technical applications, e.g. automotive parts. This paper proposes a novel molded plate design for material characterization in order to get explicit material data for structural simulations. It has the advantage, that the short glass fibers are unidirectionally orientated in the testing area. This work furthermore investigates the influence of rough surfaces generated by the milling of specimens for mechanical tests. In the study a correlation between the roughness of the specimens' surface and the fracture strain could not be verified. Further investigations with a larger amount of specimens per parameter set are planned.

### 1. Introduction

Short glass fiber reinforced plastic parts are usually made by injection molding. In this technology, molten plastic is injected into a cavity, corresponding to the part geometry. After solidification the plastic part is extracted from the cavity. This process finds application in large scale production due to cost and time effectiveness.

To modify the physical properties, fibers are added to the matrix material. This leads to an increase of stiffness and strength. However, the fiber orientation resulting from the manufacturing process leads to an anisotropic material behavior, which complicates the computational design of components [1]. Modelling methods for the numerical description of these materials in a computer aided development process are a continuous subject of research. Especially the parametrization of data for the modelling methods as well as the generation of data during the design phase is a complex matter.

Detailed determination of macroscopic, orientation dependent material data is prerequisite for accurate material models [2]. In this context, samples with a predefined and high fiber orientation distribution are required. Established and available methods for specimens generated by injection molding show limitations. For example, fibers are often not unidirectional over the entire thickness or the width dimension is not large enough for the extraction of specimens under 90°. This work introduces a novel test-specimen with

a homogeneously high fiber orientation over its entire thickness. It enables the extraction of e.g. tensile test specimens or bending specimens under different angles such as  $0^\circ$ ,  $45^\circ$  and  $90^\circ$  with respect to the main fiber orientation.

Different specimen geometries with a high fiber orientation already exist, e.g. the directly moulded A1 geometry introduced in DIN EN ISO 527-2. For a valid simulation of fiber reinforced materials, data of multiple orientations are necessary. All existing specimens have one crucial aspect in common: their width is less than 20 mm. Therefore, the extraction of lateral specimens is not possible, since a length of 20 mm is not sufficient for the performance of a tensile test.

In order to overcome the previously mentioned drawbacks of existing solutions, a new plate was designed with the goal of having a sufficient width to extract specimens in arbitrary angles, while still consisting of a unidirectional fiber orientation of approximately 80%. Standard injection molded plates show a fiber structure consisting of about 3 layers (edge-core-edge layer), with the core layer having a pronounced transverse fiber orientation. In contrast, the novel plate exhibits a homogeneous fiber orientation over its entire thickness without such a core layer. The design was optimized to fit into an existing injection molding machine.

## 2. Experiments

### *Unidirectionally orientated Plate*

The new geometry is divided into two functional areas: the inlet area and the testing area. The melt enters the cavity through a triangle fan gate. The inlet area ensures a homogeneous and equal injection of the molten matrix and solid fibers. It is also responsible for a planar flow front. Due to acceleration of the melt caused from reduction of the cross area, the fibers pre-orientate. In the testing area, the final fiber orientation is generated.

Figure 1 shows the unidirectionally orientated plate. The position of a tensile test specimen extracted at  $0^\circ$  is indicated with a grey outline. Dotted lines show the centerline for specimens under  $45^\circ$ ,  $90^\circ$  and  $135^\circ$ . As the circle indicates, an extraction under any other angle is possible too. To validate the fiber orientation, a specimen for micro-computed tomography was extracted at the center position of the testing area. It has a diameter of 2 mm and is indicated in black.

### *Roughness Values*

To analyze the impact of a rough surface generated through milling, two different milling parameter sets are applied for sample extraction, of which one generates a rougher surface than the other does. A milling tool with 4 teeth and a diameter of 6 mm is used.

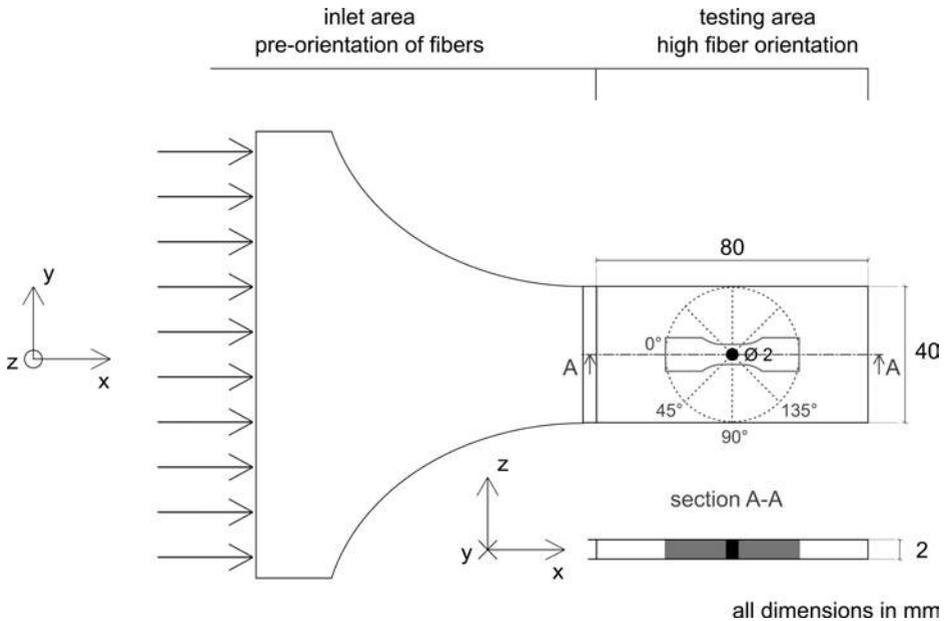


Figure 1: Geometry and functional areas of the unidirectional plate. Position of specimens in  $0^\circ$  extraction angle (grey) and indicated for  $45^\circ$ ,  $90^\circ$  and  $135^\circ$  (dotted line). Centric position of microcomputed tomography specimen (black).

The parameter set to achieve the smoother surface is termed modification 0 (mod0). It is set to a feed rate of 500 mm/min and a rotational speed of 6500 1/min. A rougher surface is achieved with a higher feed rate of 1250 mm/min and less rotational speed of 4000 1/min, termed modification 1 (mod1) in the following.

The considered roughness value is the arithmetic mean value, calculated via 2D-topography measurement.

### Tensile Tests

In order to analyze the influence of surface roughness on fracture strain, uniaxial tensile tests were performed at room temperature. Tests were conducted with a speed of 0.5 mm/min at extraction angles of  $0^\circ$  and  $90^\circ$ . Each configuration was tested with ten specimens.

Fracture strain is evaluated by means of optical grey scale correlation.

### 3. Results

#### *Fiber Orientation of the unidirectionally orientated Plate*

A second order tensor gives information about the fiber orientation [2]. The consideration of the mathematical properties is helpful for the interpretation of the orientation tensor: In the main axis system, only the main diagonal of the tensor consists of non-zero values. These eigenvalues indicate the “degree of orientation”. This may be interpreted as the percentage of the degree of fiber orientation in the considered direction.

The comparison of the measured fiber orientation of a standard plate with the previously mentioned 3-layer-like orientation and the novel unidirectional plate can be found in Figure 2. The observation takes place in the main axis system of the respective measuring points. The eigenvalues of the fiber orientation tensor are shown over the normalized specimen thickness. The fiber orientation of a standard plate is shown in light grey. A clear decrease in the degree of orientation can be seen in the middle of the plate (from around 0.35 up to 0.65), depicting the core layer. The data of the unidirectional plate, shown in black, displays a homogeneous orientation across the thickness, with more than 80% of the fibers oriented in the filling direction. This is due to the optimized inlet area and the acceleration of the melt.

In the case of standard plates, material parameters are often recorded in a “smeared” manner, since the material data of the edge layers are superimposed on those of the middle layer. The homogeneous fiber orientation of the unidirectional plate is thus advantageous for a clear determination of material parameters.

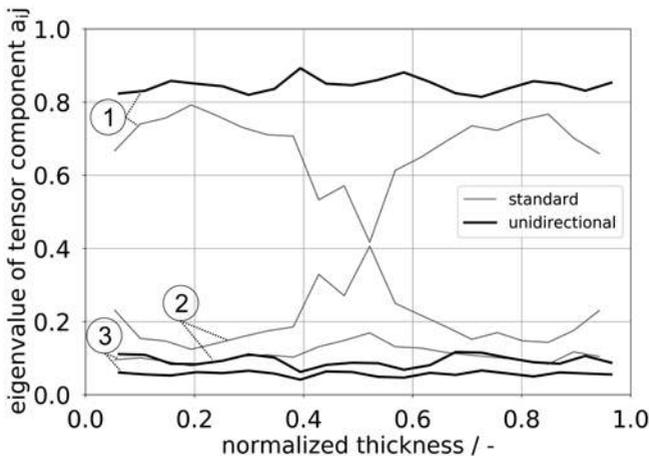


Figure 2: Comparison of fiber orientation from standard and unidirectional plate: standard plate (light grey) and unidirectional plate (black)

### Roughness Values

The analyzed roughness values are average roughness values  $R_a$ , representing the mean value of all measuring points over the measured length. Figure 3 shows  $R_a$  over the extraction angle of  $0^\circ$  and  $90^\circ$  in respect to main fiber orientation as indicated in Figure 1. Neglecting the one outlier for  $0^\circ$ , all other measuring points of mod1 are higher than the ones of mod0 and all expectations are met.

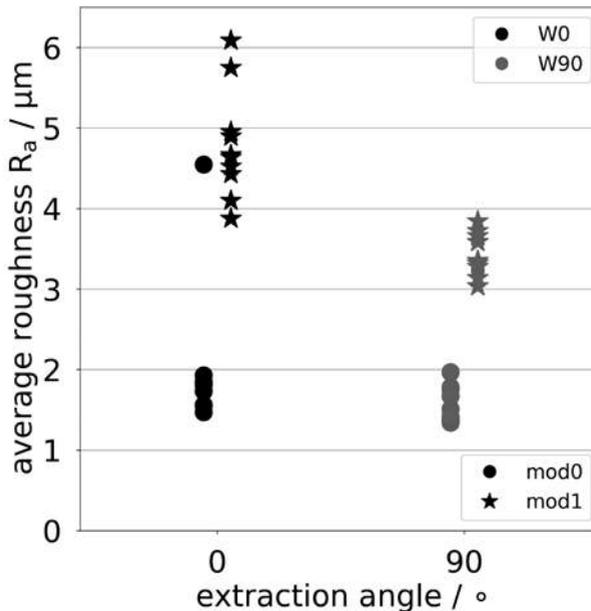


Figure 3: Comparison of extraction angles of  $0^\circ$  and  $90^\circ$  of PBT GF 30: average roughness  $R_a$  of mod0 and mod1 specimens.

### Tensile Test

In Figure 4 all results of the tensile test are summarized. One can find the average roughness over normalized fracture strain. The fracture strain values are normalized by the arithmetic mean value of all fracture strains. For mod0 the average roughness is well replicable, whereas the average roughness of mod1 scatters more. Considering the normalized fracture strain, all data scatter from 0.85 up to 1.14, without any visible influence of extraction angle or milling parameter modification.

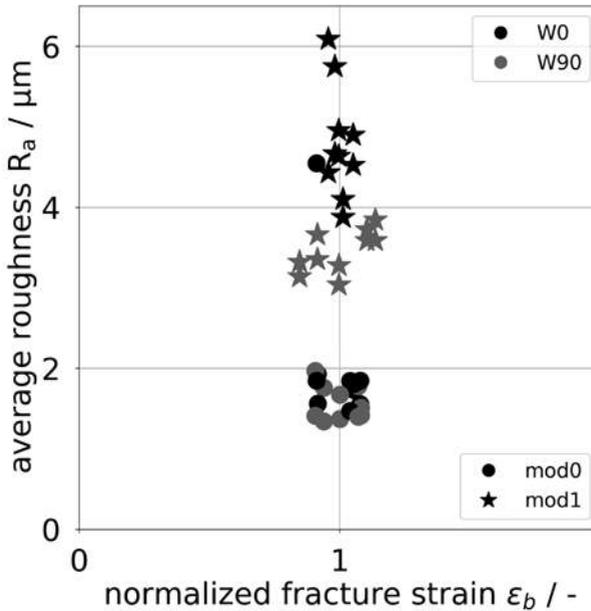


Figure 4: Average roughness  $R_a$  of 0° and 90° specimens with mod0 and mod1 over normalized fracture strain.

## 4. Conclusion

A novel unidirectionally orientated plate was introduced as a basis for the extraction of tensile test samples. The samples were extracted with two different surface roughnesses, based on different milling parameters. One can find that the setting for smoother surfaces is more reproducible in roughness. The normalized fracture strain is well reproducible but does not show an influence of surface roughness.

## 5. Literature

- [1] Tanaka, K., Oharada, K., Yamada, D., Shimizu, K.: Fatigue crack propagation in short-carbon-fiber reinforced plastics evaluated based on anisotropic fracture mechanics, International Journal of Fatigue 92, p. 415 - 425, 2016
- [2] Müller, V., Böhlke, T.: Prediction of effective elastic properties of fiber reinforced composites using fiber orientation tensors, Composites Science and Technology 130, Elsevier, p. 36 – 45, 2016

# Messung von ESD-Schädigungen an kommerziellen weißen LEDs und deren Ausheilung

Weigt, B.; Mjeku, P.; Homeyer, K.

Hochschule Hannover, Fachgebiet: Industrieelektronik, Digitaltechnik und Lichttechnik

E-Mail: benjamin.weigt@stud.hs-hannover.de

## Kurzfassung

LEDs unterliegen der gleichen Empfindlichkeit gegenüber elektrostatischer Entladung (ESD) wie integrierte Schaltungen und elektronische Bauelemente. ESD-Ereignisse können die Zuverlässigkeit und Lebensdauer von LEDs schon während ihres Herstellungsprozesses oder bei Folgeprozessen, wie dem Einbau in Leuchten, mindern. Um diese Fehlerquelle rechtzeitig zu erkennen, untersucht diese Arbeit die elektrischen und optischen Größen von gezielt durch ESD-Ereignisse geschädigten LEDs und die mögliche Ausheilung der Schädigung.

## 1. Einleitung

LEDs sind zurzeit die innovativste Lichtquelle in der Beleuchtungstechnik, da sie durch ihre vielseitigen Anwendungsmöglichkeiten von der spektral angepassten Pflanzenbeleuchtung bis zum intelligenten LED-Matrix-Scheinwerfer eingesetzt werden. Elektronische Halbleiterbauelemente, zu denen LEDs gehören, sind empfindlich gegenüber elektrostatischer Entladung (ESD) [1]. Der Preis einer einzelnen LED (Mid- oder High-Power) ist in den letzten Jahren stark gesunken, wodurch eine Schädigung vereinzelter LEDs in erster Linie wirtschaftlich nicht von Bedeutung ist. Allerdings durch die komplexe Anwendung in intelligenten Leuchten (Pflanzenbeleuchtung) sind Zuverlässigkeit und Lebensdauer der einzelnen LED wiederum sehr wichtig, weil ansonsten das gewünschte Licht in spektraler Zusammensetzung und Intensität von der gesamten Leuchte nicht mehr erzeugt werden kann wie z.B. eine Änderung der spektral angepassten Pflanzenbeleuchtung. Die wirtschaftliche Bedeutung der gesamten Leuchte ist deutlich größer und doch von der einzelnen LED abhängig. ESD-Ereignisse können einzelne LEDs während ihres gesamten Produktlebenszyklus vom Herstellungsprozess über Folgeprozesse, wie dem Einbau in Leuchten, bis zum Gebrauch schädigen, auch ohne dass die LED sofort ausfällt. Als Gegenwirkung zur Schädigung wirken im Halbleitermaterial Ausheilungsprozesse, die eine vorherige Schädigung verändern [8]. Das Ziel dieser Arbeit ist einerseits, eine einfache, präzise und rechtzeitige Möglichkeit der Erkennung dieser Fehlerquelle für Hersteller und Anwender zu finden, um kostspielige Spätfolgen zu verhindern und andererseits die Modellierung von ESD-Schädigungen

bzw. Ausheilungsprozessen, um mögliche Auswirkungen im Betrieb zu beobachten.

Fragestellungen:

1. Wie sind ESD-Schädigungen an LEDs messbar und deren Stärke kategorisierbar?
2. Sind Ausheilungsprozesse in LEDs nach einer ESD-Schädigung beobachtbar und wie sind diese in den elektrischen und lichttechnischen Größen erkennbar?
3. Wie ist das Verhalten von Schädigung und Ausheilung modellierbar?

## 2. Kenngrößen von LEDs

Die wichtigsten Kenngrößen von LEDs sind für Anwender der Lichtstrom und die *UI*-Kennlinie. Der Lichtstrom ist eine photometrische Größe, die das für den Menschen wahrnehmbare Licht einer Lichtquelle beschreibt, welches in den gesamten Raum abgestrahlt wird. Er entspricht dem mit der  $V(\lambda)$ -Kurve bewerteten Strahlungsfluss der Lichtquelle. Die *UI*-Kennlinie beschreibt den exponentiellen Zusammenhang zwischen Strom und Spannung an der LED mit zwei Hauptbereichen, den Sperr- und den Durchlassbereich. Der Durchlassbereich unterteilt sich in drei weitere charakteristische Bereiche (Abbildung 1: Rekombinationsbereich I, Diffusionsbereich II, Hochstrombereich III).

Im Projekt „Performance Quality Label für LED-Leuchten“ ist ein linearer Verlauf der *UI*-Kennlinie im Hochstrombereich nach einem ESD-Ereignis dargestellt [2]. Meneghini et al. hat die Belastung durch ESD-Ereignisse von RGB-LEDs untersucht [7] und als Folge eine Verschiebung der *UI*-Kennlinie dargestellt. Diese Arbeit untersucht insbesondere die Änderungen in allen drei charakteristischen Bereichen in Durchlassrichtung (Abbildung 1) und den Lichtstrom in Folge von Schädigung und Ausheilung, um ESD-Ereignisse ohne Totalausfall von LEDs rechtzeitig zu erkennen und das Verhalten zu modellieren.

## 3. Versuchsdurchführung mit gezielter ESD-Schädigung

Der Versuch umfasst kommerzielle High- und Mid-Power LEDs von sechs gängigen Herstellern. Die gezielte Schädigung der LEDs wird mit einem ESD-Generator [3] durchgeführt, der eine vorgegebene Anzahl von definierten Spannungspulsen erzeugt. Die einstellbaren Parameter vom ESD-Generator sind die Amplitude der ESD-Spannung zur Beaufschlagung, die Anzahl der ESD-Pulse und das Zeitintervall zwischen den einzelnen Pulsen (Frequenz). Nach jeder ESD-Beaufschlagung werden die *UI*-Kennlinie der LED mit einem Keithley-Source-Meter und der Lichtstrom der LED über eine U-Kugel mit einem Spektrometer von Instruments Systems gemessen. In diesem Versuch werden drei Varianten der Beaufschlagung mit direkter Entladung an den LEDs untersucht (in Sperrrichtung, in Durchlassrichtung und in Sperrrichtung ohne Schutzelement). Der Prüfstand ist nach Norm DIN EN 61000-4-2 [4] für Prüfung der Störfes-

tigkeit gegen die Entladung statischer Elektrizität aufgebaut. Für die Untersuchung von Ausheilungsprozessen werden die zuvor gezielt geschädigten LEDs bei verschiedenen Temperaturen (25 °C, 75 °C) gelagert und nach einem definierten Zeitraum erneut elektrisch und optisch vermessen.

#### 4. Auswertung

Die Auswertung der Messdaten bestätigt deutlich, dass im Allgemeinen bei allen drei Testvarianten die ESD-Ereignisse durch eine Verschiebung der  $UI$ -Kennlinie in den drei charakteristischen Bereichen in Richtung eines linearen Verlaufes messbar sind. In Abbildung 1 ist die Verschiebung der  $UI$ -Kennlinie einer geschädigten Mid-Power LED, gemessen nach der jeweiligen Beaufschlagung (Abbildung 1), dargestellt. Dabei kennzeichnet die  $UI$ -Kennlinie 0 kV (Abbildung 1) die Startwerte, gemessen vor dem ersten ESD-Ereignis. Die  $UI$ -Kennlinie ändert sich je nach Höhe der Amplitude der ESD-Beaufschlagung beginnend im Rekombinationsbereich. Nach jeder weiteren Beaufschlagung mit erhöhter Amplitude verschiebt sich die  $UI$ -Kennlinie weiter in Richtung eines linearen Verlaufes. Zuerst wird der Rekombinationsbereich (I) verschoben, darauf folgen der Diffusions- (II) und zuletzt der Hochstrombereich (III).

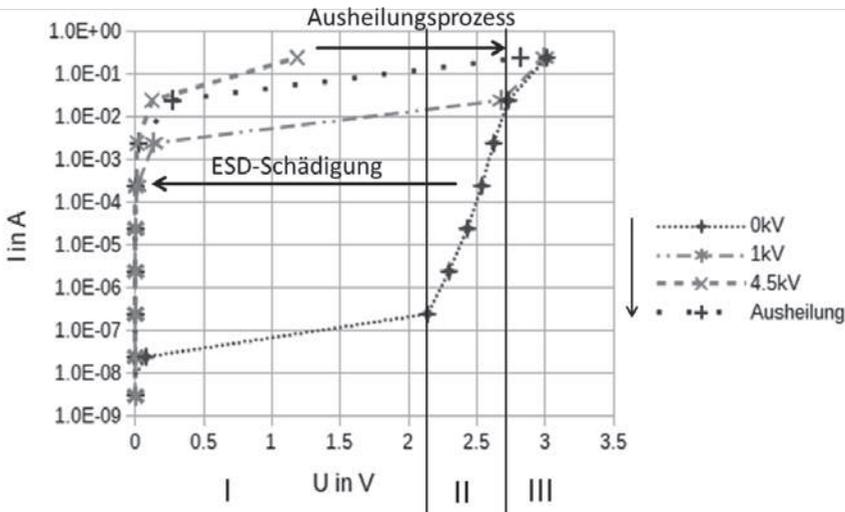


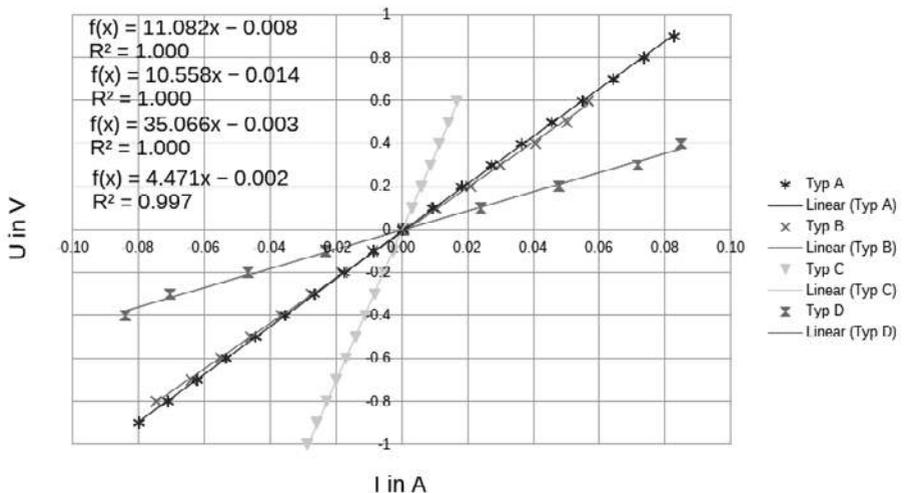
Abbildung 1:  $UI$ -Kennlinien einer geschädigten Mid-Power LED nach der jeweiligen ESD-Beaufschlagung und dem Ausheilungsprozess mit den drei charakteristischen Bereichen Rekombinations- (I), Diffusions- (II) und Hochstrombereich (III)

Im Hochstrombereich liegt normalerweise der Betriebspunkt von LEDs. Im Fall einer starken Schädigung (Abbildung 1, 4,5 kV) wird die Diffusionsspannung der LED ( $U_D = 2,55 \text{ V}$ ) bei dem maximal vom Hersteller angegebenen zulässigen Strom nicht mehr überschritten. Folglich erreicht die anliegende Spannung nicht mehr den Hochstrombereich der verschobenen LED-Kennlinie und die LED emittiert kein Licht (Tabelle 1, letzte Spalte). Dieser Fall entspricht dem Totalausfall. Hingegen emittiert die LED weiterhin Licht, wenn sich die  $UI$ -Kennlinie nur im Rekombinations- und Diffusionsbereich wandelt (Abbildung 1, 1 kV). Der gemessene Lichtstrom bleibt zunächst mit steigender Beaufschlagung annähernd bis zum Totalausfall konstant (Tabelle 1). Die  $UI$ -Kennlinie ermöglicht die Erkennung von unterschiedlich starken ESD-Ereignissen. Über den Lichtstrom ist nur der Totalausfall und keine Vorschädigung erkennbar. Eine Einteilung der ESD-Schädigungen in Kategorien ist aufgrund des Lichtstromes nur für „leuchtet“ und „leuchtet nicht“ möglich. Durch die Stärke der Verschiebung der  $UI$ -Kennlinie ist zunächst eine Einteilung in die Kategorien „leuchtet“ und „leuchtet nicht“ möglich. Für eine weitere Unterteilung der Kategorie „leuchtet“ müssen Lebensdauer und Zuverlässigkeit in einem Dauerversuch mit gezielt geschädigten LEDs untersucht werden. Dieses Verhalten ist bei allen getesteten LED-Typen messbar.

Tabelle 1: Gemessener Lichtstrom einer Mid-Power LED nach den ESD-Beaufschlagungen

ESD-Spannung in kV	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5
Lichtstrom in lm @ 100 mA	27,1	26,4	26,2	26,4	26,1	25,9	26,1	26,2	25,9	0

Die geschädigten LEDs, die kein Licht emittieren und deren  $UI$ -Kennlinien einen linearen Verlauf aufweisen, werden bei Raumtemperatur und im Ofen bei  $75 \text{ °C}$  für 28 Tage gelagert, um mögliche Ausheilungsprozesse zu untersuchen. Die Ergebnisse zeigen, dass die Verschiebung der  $UI$ -Kennlinie durch die Lagerung reversibel ist. Sogar nach einem Totalausfall überschreitet die Spannung mit maximal zulässigem Strom wieder die Diffusionsspannung und die jeweilige LED emittiert Licht (Abbildung 1, Ausheilung). In der für die Untersuchung zur Verfügung stehenden Lagerzeit wurde der ursprüngliche Verlauf der Kennlinie nicht erreicht. Für weitere Untersuchungen wären höhere Temperaturen zur möglichen Beschleunigung des Prozesses nötig (Aktivierungsenergie [5]).

Abbildung 2:  $IU$ -Kennlinie von vier geschädigten LED-Typen

## 5. Modellbildung

Die Auswertung der Messdaten bestätigt eine Verschiebung der  $UI$ -Kennlinie in Folge eines ESD-Ereignisses in Richtung eines linearen Verlaufes und aufgrund von Ausheilungsprozessen im Halbleitermaterial wieder in Richtung des ursprünglichen exponentiellen Verlaufes (Abbildung 1). Die Verschiebung durch die Schädigung ist abhängig von der zugeführten Energie durch die ESD-Beaufschlagung (Amplitude, Frequenz und Anzahl der Pulse). Die Steigung im linearen Verlauf der  $IU$ -Kennlinie entspricht einem ohmschen Widerstand (Abbildung 2). Aus diesem Grund ist dieses Verhalten durch die Parallelschaltung eines ohmschen Widerstandes im Ersatzschaltbild (ESB) von LEDs (Abbildung 3) modellierbar. Die schematische Darstellung des Halbleiter-Schichtaufbaus einer geschädigten LED zeigt den ohmschen Widerstand als Nebenschlusspfad, der an der Stelle des ESD-Durchschlages im pn-Übergang entsteht (Abbildung 3). Die Entstehung von Nebenschlusspfaden durch die Aufschmelzung der Epitaxie und die Metallisierung in pn-Übergängen durch hohe Stromdichten sind bereits bei GaN LEDs belegt [6]. Die Bestätigung des Modells erfolgt durch die Berechnung eines Strom  $I_{\text{leuchtet}}$ , ab dem die an  $R$  abfallende und damit am pn-Übergang der LED anliegende Spannung im Hochstrombereich liegt und die LED Licht emittiert (vgl. Tabelle 2). Allerdings liegt der berechnete Strom oft über dem maximal zulässigen Betriebsstrom und würde die LED weiter schädigen (vgl. Tabelle 2).

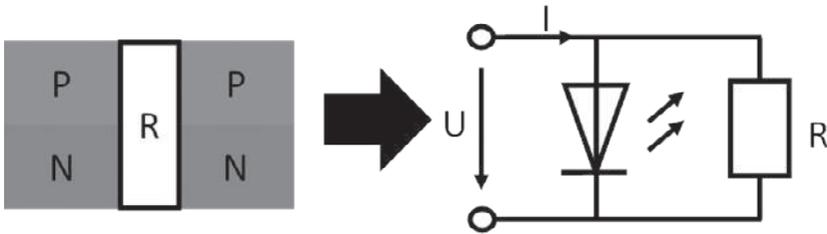


Abbildung 3: Schematische Darstellung des Nebenschlusspfads als Widerstand im pn-Übergang einer geschädigten LED und das daraus resultierende elektrische Ersatzschaltbild einer geschädigten LED

Tabelle 2: Berechneter Strom, ab dem die LED leuchtet

LED Typ	Widerstand $R$ in $\Omega$	Berechneter Strom $I_{\text{leuchtet}}$ in mA	Maximal zulässiger Strom $I$ in mA
A	11,08	235	250
B	10,56	246	180
C	35,07	74	180
D	4,47	582	300

## 6. Zusammenfassung

Die ESD-Schädigung und folgende Ausheilungsprozesse von LEDs sind über die Verschiebung der charakteristischen Bereiche der  $UI$ -Kennlinie messbar (Abbildung 1). Außerdem ist die Folge einer Schädigung aufgrund der Verschiebung in die Kategorien „leuchtet“ und „leuchtet nicht“ unterteilbar. Für weitere Unterteilungen der Kategorie „leuchtet“ sind Langzeituntersuchungen der Zuverlässigkeit geschädigter LEDs notwendig. Eine Kategorisierung der Schädigung ist durch den Lichtstrom nur in „leuchtet“ und „leuchtet nicht“ möglich, weil der Lichtstrom bis zum Totalausfall annähernd konstant bleibt (Tabelle 1). Die ESD-Schädigung ist durch einen zum elektrischen Ersatzschaltbild von LEDs parallelen ohmschen Widerstand modellierbar, weil sich die  $UI$ -Kennlinie in Richtung eines linearen Verlaufs (Abbildung 2) je nach Stärke des ESD-Ereignisses (Abbildung 1) wandelt. Des Weiteren ist der schematische Aufbau des Modells (Abbildung 3) ein Nebenschlusspfad im Halbleitermaterial des pn-Überganges, der durch den ESD-Durchschlag entsteht und als ohmscher Widerstand wirkt. Der ohmsche Widerstand schließt die LED kurz. Wenn der Spannungsabfall bei maximal zulässigem Strom nicht im Hochstrombereich liegt, emittiert die LED kein Licht. Die Auswertung bestätigt das Modell und zeigt weiterhin, dass die Verschiebungen in der

*UI*-Kennlinie aufgrund von Ausheilungsprozessen im Halbleiterkristall reversibel sind. Der Ausheilungsprozess hat zur Folge, dass auch anfängliche Totalausfälle nach einiger Zeit wieder Licht emittieren können. Mit Hilfe dieses Modells sind LEDs- oder Leuchten zu jedem Zeitpunkt des Produktlebenszyklus mit der einfachen elektrischen Messung für Hersteller und Anwender beobachtbar, ob ESD-Schädigungen oder Ausheilungsprozesse stattgefunden haben. Diese Möglichkeit der Überwachung schützt vor Frühausfällen in Leuchten und kostspieligen Spätfolgen.

## Literaturverzeichnis

- [1] Osram Opto Semiconductors, Application Note No. AN020, “ESD protection while handling LEDs”, [www.osram-os.com](http://www.osram-os.com), 2019
- [2] Schwenzfeier-Hellkamp E., Khanh T. Q., Homeyer K., Schierz C.: „Performance Quality Label für LED-Leuchten (PQL)“, Schlussbericht zum IGF-Vorhaben, S. 43-49, 2014
- [3] Datenblatt ESD Generator SESD 230, Schlöder EMV Systeme & Komponenten
- [4] Faber U., Grapentin M., Wettingfeld K.: „Prüfung elektrischer Anlagen und Betriebsmittel - Grundlagen und Methoden verständlich“, VDE-Schriftenreihe Normen 124, VDE Verlag, Berlin, 2012
- [5] Svante Arrhenius, Z. Phys. Chem. 1889, 4, S. 226-248, 1889
- [6] Furitsch M.: „Untersuchung von Degradationsmechanismen an (Al/In) GaN-basierenden Laserdioden“, Dissertation, CUVILLIER VERLAG, Göttingen 2007, 978-3-86727-348-0, S. 113, 2007
- [7] Meneghini M., Vaccari S., Dal Lago M., Marconi S., Barbato M., Trivellin N., Griffoni A., Alfier A., Verzellesi G., Meneghesso G., Zanon E.: „ESD degradation and robustness of RGB LEDs and modules”, *Microelectronics Reliability*, 54, 6-7, S.1143-1149, 2014
- [8] Bourgoin J., Lannoo M.: “Point Defects in Semiconductors II, Experimental Aspects”, volume 35. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New-York, 1983

# Untersuchung des Einflusses der Werkzeugspannmittelauswahl auf HSC-Fräsprozesse

Winkler, M.; Neise, M.; Trommer, F.  
Hochschule Magdeburg-Stendal  
E-Mail: marian.winkler@h2.de

## Kurzfassung

Das dokumentierte Projekt beschäftigt sich mit der Untersuchung des Einflusses der Spannmittelauswahl auf den High-Speed-Cutting-Fräsprozess (HSC). Es wird untersucht, ob und in welchem Maße das eingesetzte Werkzeugspannmittel die Schwingungen in einem modernen Fertigungssystem sowie die Qualität des erzeugten Werkstücks beeinflusst. Zu diesem Zweck wird ein identischer CNC-Fräsprozess mehrfach mit variiertem Spannmittel ausgeführt. Dabei werden sowohl an der Werkzeugspindel als auch am Werkstück auftretende Schwingungen detektiert und mittels eines geeigneten Mess- und Analyseprogramms aufgezeichnet. Anhand der Form- und Maßhaltigkeit des gefertigten Prüfwerkstücks sowie der erzeugten Oberflächengüten erfolgt eine vergleichsbasierte Auswertung der Versuchsergebnisse.

## 1. Einleitung

Durch das verwendete Spannmittel werden innerhalb eines Zerspanungsprozesses unter anderem die Steifigkeit sowie das Schwingverhalten des Werkzeugs verändert. Es ist bekannt, dass aus der Ausprägung dieser Eigenschaften Abweichungen von der Soll-Arbeitsbewegung resultieren,[1] welche sich auf den Werkzeugverschleiß und die Qualität des produzierten Werkstücks auswirken. Während in der Vergangenheit die Werkzeugmaschinen, Werkzeuge und Schneidstoffe fortschreitend optimiert wurden [[2] nach [3]], treffen derzeit weder die Werkzeug- noch die Spannmittelhersteller konkrete Aussagen bezüglich der optimalen Werkzeugspannsituation für einzelne Fertigungsverfahren, Werkstoffe oder Prozessparameter. Moderne Simulationsmethoden weisen große Abweichungen zu experimentell ermittelten Vergleichswerten auf.[4] Für neuentwickelte Spannmittel existieren zudem kaum Erfahrungswerte. Aus diesem Grund ist davon auszugehen, dass die Auswahl der Werkzeugspannung vor allem im Hinblick auf das Schwingungsverhalten im Zerspanungsprozess ein großes Optimierungspotential besitzt.

## 2. Zielsetzung und Methodik

Ziel des Forschungsprojekts ist die versuchsbasierte Analyse der Auswirkung diverser Werkzeugspannmittel auf das Verhalten des Werkzeugs im Rahmen von HSCFräsprozessen, welche prinzipiell hohe Anforderungen hinsichtlich Werkzeugsteifigkeit und -dämpfung stellen.[5] Zu diesem Zweck werden im Zuge der Fertigung eines Prüfwerkstücks die auftretenden Schwingungen am Werkzeug und Werkstück erfasst. Die erzeugte Werkstückqualität wird anhand der drei Parameter *Formgenauigkeit*, *Maßhaltigkeit* und *Oberflächengüte* bewertet. Folgende Spannmittel werden untersucht:

Tabelle 1 – die untersuchten Spannmittel

Spannmittel	Weldonspannfutter	Hydrodehnspannfutter	Präzisionsspannzangenfutter	Schrumpfspannfutter
<b>Hersteller</b>	Garant (Holex)	Schunk	Fahrion	Garant
<b>Bezeichnung</b>	HSK63-A-8-65	204053 D8	Centro P	HSK-A63-8-80
<b>Gesamtlänge</b>	93,6 mm	98,9 mm	128,3 mm	109,9 mm
<b>WZ-Überstand</b>	28,6 mm	28,8 mm	28,7 mm	29,8 mm

Die Auswertung und Interpretation der gewonnenen Messdaten erfolgt vergleichsba-siert.

## 3. Versuchsaufbau

Die Versuche werden auf folgendem Fertigungssystem durchgeführt.

Tabelle 2 – die eingesetzte Technologie

Element	Art	Hersteller	Bezeichnung
Werkzeugmaschine	CNC-Fräsmaschine	DMG Mori	DMU 50
Werkzeugspannmittel	mechanisch	Allmatic	T-Rex
Werkzeug	VHM-Präzisionsfräser	Precitool	GP 175487 ø8

Die Messung der Schwingungen erfolgt durch dreiachsige PiezoBeschleunigungsaufnehmer. Ein Verstärker wandelt deren elektrische Impulse in proportionale Spannungen um.

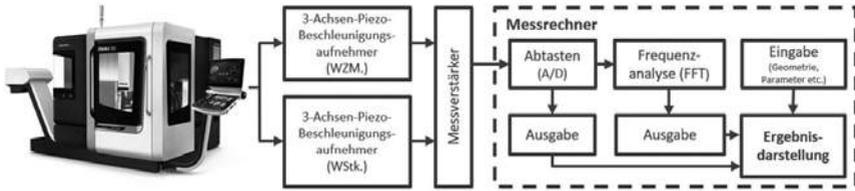


Abbildung 1 – das Blockschaltbild des Messaufbaus [Quelle der Maschinenabbildung: [6]]

Nach der Signaldigitalisierung durch eine A/D-Wandlerkarte erfolgt eine softwarebasierte Auswertung.

#### 4. Versuchsdurchführung

Im Rahmen der Versuche wird mittels eines jeden Spannfutters die in vier Teilarbeitsvorgänge (TAV) gegliederte Endbearbeitung eines Prüfwerkstücks durchgeführt. Als Werkstoff wird der unlegierte Vergütungs- bzw. Baustahl C45 verwendet, welcher sich durch ein sehr gleichmäßiges Materialgefüge auszeichnet.

Tabelle 3 – die chemische Zusammensetzung des verwendeten Werkstoffs C45 [%/Masse]

Werkstoffbezeichnung	C	Si	Mn	P	S
Stahl C45 [1.0503 gem. DIN EN 10083-2]	0,42 – 0,5	≤ 0,4	0,5 – 0,8	≤ 0,045	≤ 0,045
Werkstoffbezeichnung	Cr	Mo	Ni	Cr+Mo+Ni	
Stahl C45 [1.0503 gem. DIN EN 10083-2]	≤ 0,4	≤ 0,1	≤ 0,4	≤ 0,63	

Die Zerspanung erfolgt gleichläufig mit folgenden Parametern:

Tabelle 4 – die Prozessparameter

Parameter	n [min <sup>-1</sup> ]	v <sub>c</sub> <sup>*</sup> [m/min]	a <sub>p</sub> [mm]	a <sub>e</sub> [mm]	v <sub>f</sub> [mm/min]	f <sub>z</sub> [mm/Z]
Einstellwert TAV 1	11.000	276,5	18	0,1	1.000	0,023
Einstellwert TAV 2	11.000	276,5	18	0,1	1.000	0,023
Einstellwert TAV 3	11.000	276,5	0,7	8*	1.000	0,023
Einstellwert TAV 4	11.000	276,5	0,7	8*	1.000	0,023
<b>*Wert ergibt sich aus dem Werkzeugdurchmesser</b>						

Jedes geometrische Element stellt unterschiedliche Anforderungen an das technologische System.

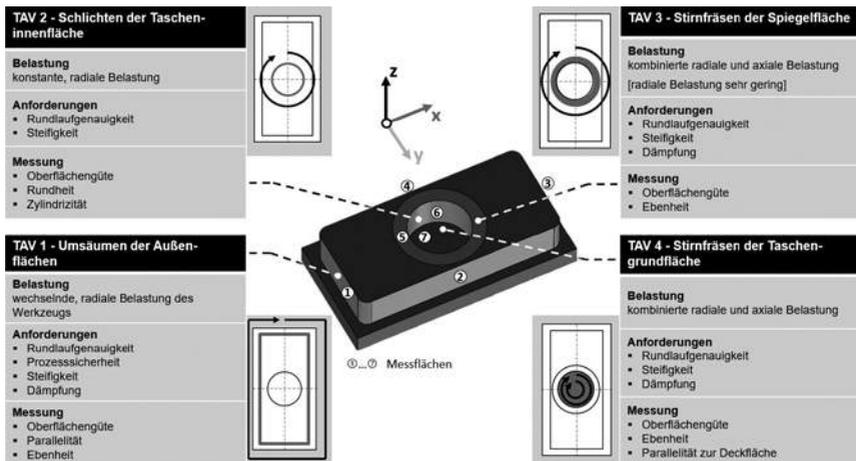


Abbildung 2 – die geometrischen Elemente des Prüfwerkstücks

Da die Rohdaten keine Auswertung ermöglichen, bedarf es ihrer digitalen Aufbereitung. Durch zweifach integrale Umrechnung der Beschleunigungswerte werden die Schwingwege berechnet, welche mit den für die Bewertung relevanten Qualitätsmerkmalen des Werkstücks verglichen werden können. Die Umrechnung der Signale trägt ebenso zu einer Glättung der Messkurve bei wie der eingesetzte Bandpassfilter, welcher Störfrequenzen beseitigt und die Signale auf der Zeitachse anordnet. Die geringfügige Beeinträchtigung der Messwerte wird zu Gunsten der Vergleichbarkeit aller Daten akzeptiert. Betrachtet man die Schwingkurve am Werkstück, so lassen sich die einzelnen TAV erkennen.

## 5. Ergebnisse

Die vergleichsbasierte Aus- und Bewertung des Spanmitteleinflusses erfordert die vorherige Ermittlung einzelner Werte aus den aufbereiteten In-Prozessgrößen sowie den Qualitätsmerkmalen des Werkstücks.

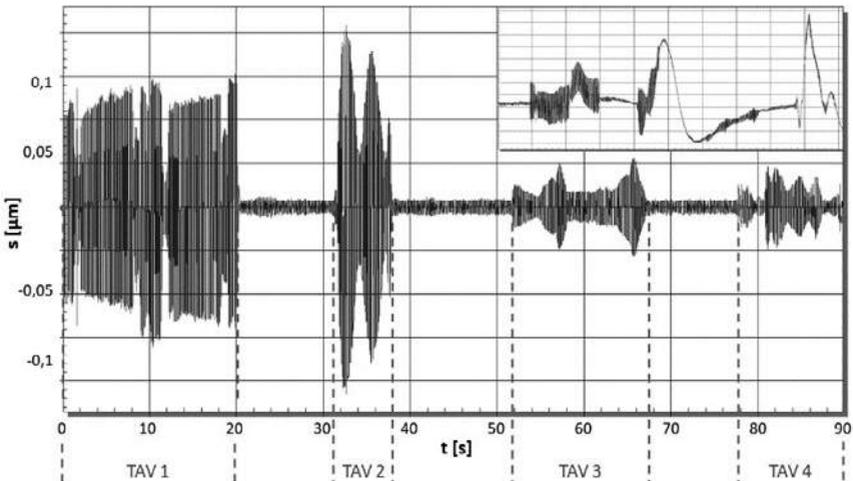


Abbildung 3 – das aufbereitete Wegsignal am Werkstück (exemplarisch des Weldon-Spannfutters in x-Richtung) verglichen mit dem Rohsignal (o.r.)

### 5.1 Effekt auf die systemeigenen Frequenzen

Zum Zweck der Interpretation wird zunächst der Einfluss des Spannmittels auf die Frequenzen des Gesamtsystems betrachtet. Mittels einer FastFourierTransformation (FFT) erfolgt dazu eine Zerlegung der zeitdiskreten Werte in ihre Frequenzanteile.

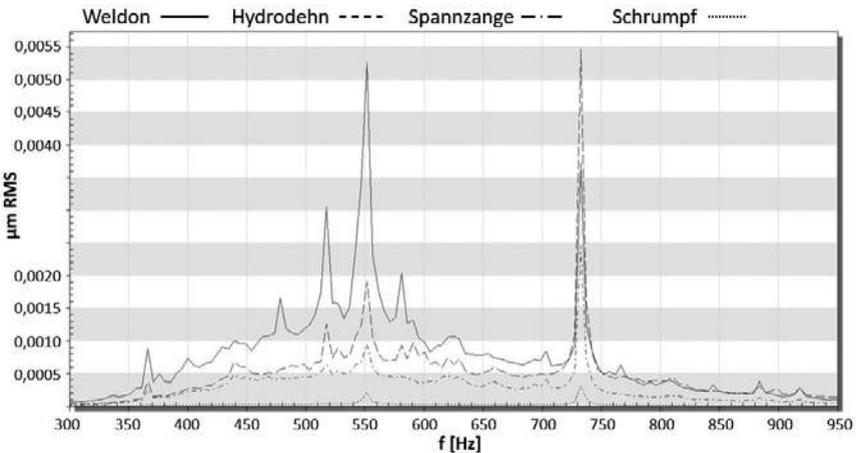


Abbildung 4 – die frequenziellen Schwingungsspektren am Werkzeug in x-Richtung

Es wird deutlich, dass die Werkzeugspannung zwar die Intensität der Amplituden, jedoch nicht deren frequenzielle Lage beeinflusst. Es ist daher anzunehmen, dass der Masseanteil des Spannmittels am Gesamtsystem zu gering ist, um einen signifikanten Effekt auf dessen Frequenzen bewirken zu können. Ein Einfluss auf die Steifigkeit wird durch die unterschiedliche Intensität der Ausschläge – speziell am Werkzeug – jedoch bestätigt.

### 5.2 Beeinflussung des Schwingverhaltens

Um das Ausmaß des Einflusses eines jeden Spannmittels auf das Schwingverhalten bewerten und vergleichen zu können, werden nachfolgend die gemittelten Effektivwerte der gemessenen Schwingungsamplituden tabellarisch aufgelistet:

Tabelle 5 – der Vergleich der repräsentativen Durchschnittseffektivwerte der berechneten Schwingungsamplituden [ $10^{-3}\mu\text{m}$ ]

Ort	Spannmittel	TAV 1			TAV 2			TAV 3			TAV 4		
		x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z
Werkstück	Weldon	4,41	1,82	5,42	4,58	1,83	2,65	1,2	0,64	0,81	1,03	0,55	0,77
	Hydrodehn	7,14	3,41	1,34	8,07	3,91	1,59	2,32	1,01	0,64	1,56	0,79	0,63
	Spannzange	3,91	1,76	0,72	3,92	1,87	0,8	0,79	0,52	0,35	0,79	0,51	0,31
	Schrumpf	4,08	1,85	0,85	4,09	1,98	0,87	1,02	0,56	0,39	0,87	0,54	1,35
Werkzeug	Weldon	73,3	60,4	43,8	5,3	6,69	2,65	3,5	2,53	0,81	3,15	2,52	0,77
	Hydrodehn	40,1	27,7	20,4	8,08	5,73	2,78	6,28	4,67	1,55	5,92	4,97	1,42
	Spannzange	15	12,8	10,5	3,55	2,51	1,13	3,05	1,85	0,94	2,81	1,96	0,81
	Schrumpf	3,4	2,9	1,1	3,61	2,9	0,95	3,14	2,32	0,76	3,1	3,11	0,81

Im Allgemeinen sind die Messwerte am Werkzeug höher als die am Werkstück. Dies ist auf die statische Einspannung, die höhere Masse sowie die robustere Gestaltung des Prüfwerkstücks zurückzuführen.

Die TAV 1 und 2, welche mit stirnseitig freiem Fräser getätigt werden, erzeugen aufgrund der geringeren Systemsteifigkeit höhere Messwerte als die TAV, bei welchen sich die Stirnschneide im Eingriff befindet.

### 5.3 Auswirkung auf die erzeugte Form- und Maßhaltigkeit

Zur Bestimmung ihrer geometrischen Beschaffenheit werden die Werkstücke auf einer 3DKoordinatenmessmaschine vermessen. Die Ergebnisse sind nachfolgend zusammengefasst:

Tabelle 6 – der Vergleich erzeugter Form und Maßhaltigkeiten [ $\mu\text{m}$ ]

	Merkmal	Länge		Durchm.	Ebenheit					Parallelität			Zylindr.	
		Fläche	①-③		②-④	⑥	①	②	③	④	⑤	⑦		①  ③
Abweichung	<b>Weldon</b>	10,2	12,3	<b>-15,5</b>	3,8	<b>2,4</b>	5,7	4,6	<b>6,0</b>	2,4	17,6	<b>4,8</b>	<b>6,3</b>	16,6
	<b>Hydrodehn</b>	6,9	<b>9,0</b>	-21,3	2,8	6,7	4,5	4,1	8,1	2,3	18,4	12,7	8,0	25,1
	<b>Spannzange</b>	<b>6,7</b>	9,5	-20,1	<b>1,9</b>	2,9	3,0	2,9	<b>6,0</b>	<b>2,1</b>	15,2	6,7	7,0	18,1
	<b>Schrumpf</b>	23,5	27,8	-31,4	2,6	3,0	<b>1,5</b>	<b>2,4</b>	9,8	2,3	<b>11,7</b>	7,1	6,6	<b>13,2</b>

### 5.4 Einfluss auf die Oberflächengüte

Die Bestimmung der Oberflächenrauheiten erfolgt mittels taktiler (Flächen ① - ⑥) und optischer (Fläche ⑦) Messtechnik. Abbildung 5 stellt die gemittelten Messwerte ihrem jeweiligen TAV zugeordnet dar.

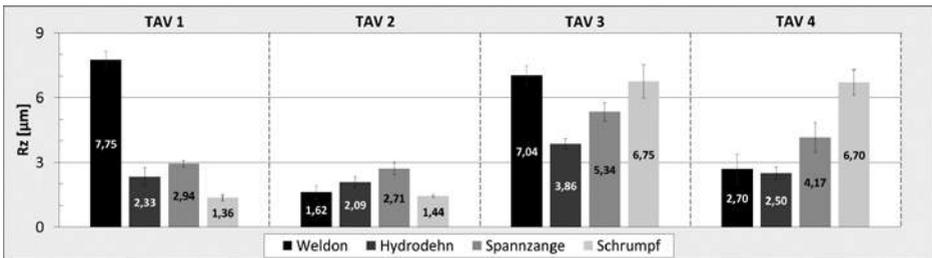


Abbildung 5 – der Vergleich erzeugter Oberflächenrauheiten

Die prinzipiell geringere Rauheit der Fläche ⑦ (TAV 4) gegenüber der Fläche ⑤ (TAV 3) wird auf die höhere Anzahl der Überläufe im Zuge des helikalen Fräsens zurückgeführt.

### 5.5 Zusammenfassung und Diskussion

Die detektierten Messwerte weisen einen grundsätzlichen Einfluss der Spannmittelwahl auf den HSCFräsprozess sowie dessen Ergebnis nach. Zudem geben sie Aufschluss hinsichtlich spezifischer Eigenschaften und daraus resultierender Eignungen der untersuchten Spannmittel.

Die hohen Amplituden im Zuge der wechselnden Belastung des TAV 1 zeigen eine schlechte Dämpfung des **Weldon-Spannfutters** auf. Insbesondere die starken Schwingungen während des Werkzeugeingriffs bzw. deren langsames Abklingen stellen dafür einen sicheren Indikator dar. Durch die konstantere Fräserbelastung im TAV 2 sowie die zusätzliche stirnseitige Auflage im Rahmen der TAV 3 und 4 werden die Amplituden

gesenkt. Folglich fallen die Ebenheiten der radial gefrästen Flächen ① - ④ qualitativ ab. Es wird von einer bestehenden Radialunwucht<sup>1</sup> ausgegangen. Die gute Parallelität der Flächen ① - ④ belegt eine hohe Steifigkeit. Da Oberflächengüte und Ebenheit der Flächen ⑤ und ⑦ zudem gute Werte besitzen, empfiehlt sich das Weldon-Spannfutter für die Stirnflächenbearbeitung.

Aufgrund einer allgemein starken Messwertvarianz sowie hohen Schwingungen im Zuge des Werkzeugeingriffs werden dem **Hydrodehnspannfutter** Rundlauf- und Steifigkeitsdefizite attestiert. Auch Maß- und Formhaltigkeit (insbes. Parallelität und Zylindrizität) der erzeugten Geometrien sind unterdurchschnittlich. Bei stirnschneidigem Eingriff ist infolge des verminderten Steifigkeitsdefizits sowie des geringeren radialen Belastungsanteils der entsprechenden TAV eine Messwertverbesserung festzustellen. Hinsichtlich der generierten Oberflächenrauheit bewirkt die fluide Dämpfung vergleichsweise gute Werte. In Konsequenz sollte auch das Hydrodehnspannfutter vorzugsweise für Stirnfräsprozesse eingesetzt werden.

Wegen guter Dämpfung weist das **Präzisionsspannzangenfutter** im Zuge des TAV 1 geringe Schwingungen auf. Da die Messwerte der TAV 3 und 4 sehr niedrig sind, ist von einer geringen Unwucht auszugehen. Die gute Ebenheit der gefrästen Flächen sowie eine hohe Präzision der Längenmaße bestätigen beide Eigenschaften. Die hohen Werkzeugschwingungen unter der wechselnden Belastung des TAV 1 zeigen die mittelmäßige Steifigkeit des Spannfutters auf. Am Werkstück wird diese speziell in der Zylindrizität der Tasche deutlich. Die Steifigkeitsdefizite werden durch die Stützwirkung im Zuge des Stirnfräsens anteilig kompensiert. Spiegel- und Taschengrundfläche besitzen daher eine hohe Ebenheit. Aufgrund des guten Kompromisses aus Steifigkeit, Rundlauf und Dämpfung empfiehlt sich das Spannzangenfutter für den Allzweck Einsatz. Sowohl hinsichtlich der erzeugten Mittelwerte als auch deren Standardabweichung weist es die beste Eignung zur Fertigung niedrigrauer Oberflächen auf.

Das **Schrumpfspannfutter** erzeugt aufgrund seiner hohen Spannkraft geringe Werkzeugschwingungen. Infolge seiner mittelmäßigen Dämpfung überträgt es davon jedoch einen hohen Anteil auf das Werkstück. Sein guter Rundlauf wird durch die niedrigen Amplituden sowie eine präzise gefertigte Bauteilgeometrie bestätigt. Die vergleichsweise hohen Abweichungen der erzeugten Längen werden auf den größeren Werkzeugüberstand zurückgeführt. Die schlechte Dämpfung zeigt sich unter anderem in der Ebenheit der Spiegelfläche und den Rauheiten der stirngefrästen Flächen, da es die bei axialer Belastung die auftretenden Stöße nur in geringem Maße zu kompensieren vermag. Aufgrund des präzisen Rundlaufs besteht kein signifikanter Rauheitsunterschied zwischen der in einem Überlauf erzeugten Fläche ⑤ und der helikal gefrästen Fläche ⑦. Das Schrumpfspannfutter empfiehlt sich für die allzweckmäßige Verwendung. Seine

---

<sup>1</sup> Der auf der Spannfläche am Werkzeug vorherrschende Spanndruck führt zu einer Exzentrizität zwischen Fräser- und Rotationsachse

Steifigkeits- und Rundlaufvorteile kommen insbesondere dann zur Wirkung, wenn sich die Stirnschneide nicht im Eingriff befindet. Für die Fertigung präziser Spiegelflächen sollte es nicht verwendet werden.

## 6. Ausschluss von Interessenskonflikten

Im Zuge des dokumentierten Forschungsprojekts bestanden keinerlei Interessenskonflikte.

## 7. Literaturverzeichnis

- [1] C. Brecher und M. Weck, „Dynamisches Verhalten von Werkzeugmaschinen“ in *Werkzeugmaschinen Fertigungssysteme*, Berlin, Heidelberg, Springer-Vieweg, 2017.
- [2] M. Munirathman und M. Kreis, „Das Gesamtpaket muss stimmen - Trendbericht: Systemdenken bei der HSC / HPC - Zerspanung steigert die Produktivität“ in *WB Werkstatt und Betrieb*, Bd. 139 Heft 6, Hannover, Hanser-Verlag, 2006, pp. 42 - 50.
- [3] C. Brecher, R. Hermes und M. Esser, „HPC-Stability Simulation“ in *Process Machine Interactions*, Berlin, Heidelberg, Springer, 2013, pp. 179 - 201.
- [4] C. Brecher, E. Witt und F. Klocke, „Simulation of the process stability of HPC milling operations“ in *High Performance Cutting*, Aachen, RWTH, 2004, pp. 227 - 242.
- [5] B. Denkena, T. Grove und P. Helmecke, „Zerspanung von Titanlegierungen - Voraussetzungen für das HPC-Fräsen“ Köln, 2014.
- [6] DMG Mori, „CNC-Universalfräsmaschinen DMU 50/70“ Leonberg, 2017.

## Material specific design of load application elements for semi-finished sandwich structures

Zimmermann, S.

Hochschule Mittweida, FG Konstruktion, Professur Intelligente Maschinensysteme

E-Mail: zehrt@hs-mittweida.de

### Abstract

Both geometry and the principle of reinforcement must be considered by designing of bolted connections subjected to the attachment of load and bending moments. The design of a new insert for sandwich panels which enable an easy manufacture and assembly and easy production and handling is an aim of this research. It is installable post manufacture and correspond to lightweight and material specific design rules. Different experimental and numerical tests are conducted to analyse the behaviour of the invented insert under different loading modes which enables a fine grasp of the difficulties within the nonlinear simulation with directed materials as well as validation of the conducted tests. Furthermore, the patented insert [1] connection is improved and analysed.

### 1. Introduction

Due to the large increase in energy prices, it is worth using more expensive materials and manufacturing processes in series applications. A material with great potential for lightweight construction is carbon fibre reinforced plastic. Compared to steel it has a high strength and only 20 % of its density. Sandwich panels are efficient lightweight components to connect a very high stiffness-to-weight ratio with a high bending strength-to-weight ratio. The panels are often semi-finished products and subjected as shaped components to a complex manufacturing process.

Bending and shear loaded fasteners like bolts, rivets and screws are most frequently used to accommodate moments or forces. Certain types of inserts between sandwich panels and other structural components are common for carrying localised loads [2]. Sandwich structures are vulnerable to failure due to this geometry discontinuity and material transition. Current design procedures for mechanical joints of composite fibre reinforced material tend to be empirically based and exist for only simple cases [3]. Inserts to receive bearings require a high accuracy and stability that it is useful to set the insert into the finished sandwich panel or the finished sandwich component afterwards. The presented research focuses on through the thickness insert joints for composite sandwich structures which consist of carbon fibre reinforced plastic (CFRP) as face sheet and a honeycomb core. The face sheets can be firmly clamped against each other

without a strain on the core material by insertion of spacer elements between the face sheets. The research provides a purely mechanical and form-fitting solution where the distribution of force is defined accurately.

## 2. Motivation

A mistake frequently made in designing is to transfer a constructive solution from one material e.g. steel to “Designing with Black Aluminium”. The disadvantages of CFRP-components can be reduced and the benefits be enhanced by consideration of the material properties and their processing in the design, which is called “Design for Purpose”. The problem of the application of a localised load to sandwich plates has still not been solved satisfactorily. A methodology for creating inserts into CFRP sandwich panels post manufacture has been developed. The insert is made of aluminium, milled from rod raw material and added after manufacturing including the heating process which allows a high precision in positioning. In a first step a hole is drilled in the square test specimen, then aramid honeycomb core material is removed slightly from the edge of the hole to simplify the placing of the insert. Finally, the inserts are added circular with the nib orientated to the centre within the plate, so that a through the thickness hole for a rod is generated. The analysis, development and testing of the necessary basic principles using a prototype for proving structural design and construction are part of this research.

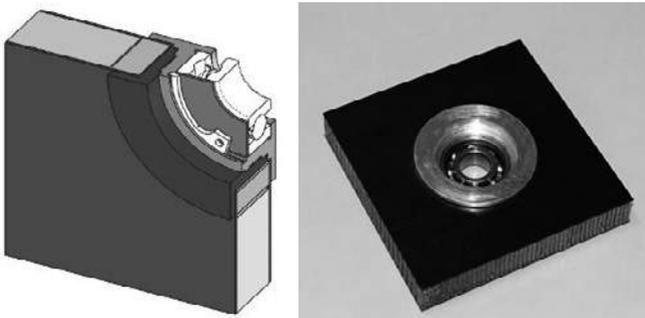


Figure 1: Insert connection for sandwich structures [1]

## 3. Methods

The methodology comprises experimental and numerical investigations to analyse the applicability and functionality of the invented connection. Therefore, a material analysis is conducted to determine material constants for use in the finite element analysis. Several pilot studies were conducted, with element benchmarking and tensile testing. Finite element models are created for different load cases. Test rigs are designed to analyse the invention

under appropriate conditions and validate the numerical results. Linear elastic material behaviour and contact conditions are considered resulting in a nonlinear FEA analysis.

## 4. Results

The work provides a purely mechanical and form-fitting solution in which the force distribution is precisely defined. The load transfer properties are considered in relation to the first failure. The examination of the fibre volume fraction of the used CFRP and an uniaxial tension test, a compression test and a shear test with different layup characterise the engineering constants necessary for the numerical analysis. The material tests show expected results and a good repeatability.

### 4.1 Pull-out and shear test

Composite sandwich structures were used to analyse the behaviour of a common potted insert and the newly developed insert in a pull-out test (Figure 2) and the aluminium insert in a shear test. Structural composite sandwiches are loaded with a shear force by using a screw pull-out test which show estimated results and a good repeatability. The whole structure is subjected to bending loads. The face sheets were mostly loaded with tensile and compression forces while the core is loaded with shear and compression forces. The tests show that shear failure occurs not directly under the application of force what indicate that the shear stresses dominate the compression stresses of the structure.

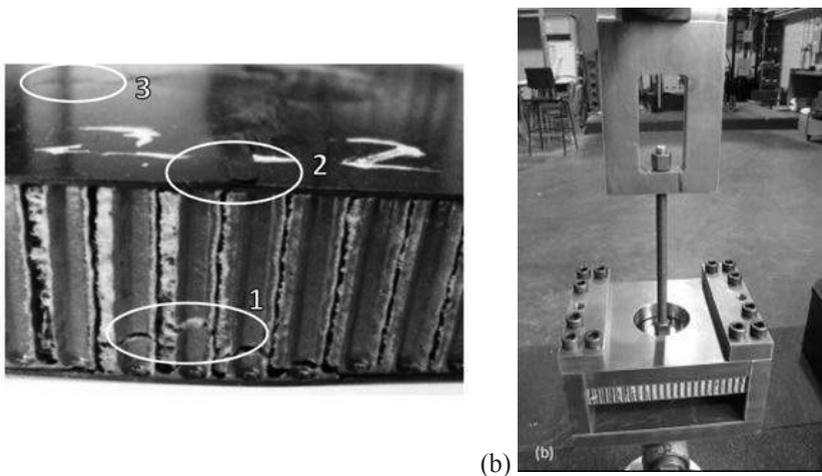


Figure 2: (a) External visible failure modes of standard insert specimen after pull-out test: (1) Shear fatigue crack pattern, (2) Delamination and interlaminar fibre fracture, (3) Fibre fracture; (b) Test rig setup

When the compression stresses dominate the shear stresses the shear failure would occur near the application of the force in which the honeycomb cell wall would buckle and fail irreversibly. The critical failure between the honeycomb core and the adhesive layer causes a separation of the face sheets from the core and leads to a loss of the resistance of the plate against bending stresses. The thereby separated bottom laminate fails under global buckling and causes a catastrophic failure. The setting of the shear test avoids a premature critical bending failure of the whole sandwich structure to focus the behaviour of the insert under in-plane shear stresses. According the ESA [4] the failure modes of the face sheets under in-plane load are tension, shear-out and dimpling. The in-plane shear loaded sandwich plate is subjected to high shear stresses in the honeycomb core. The shear stress in the core leads to buckling of the honeycomb cells and their break. However, the new designed aluminium insert joint is suitable for a sandwich plate under shear stresses caused by the exhibited strength of the structure under high loading.

#### 4.2 Numerical analysis

Numerical models for individual parts and the assembly validate the insert, which have been improved in several iteration steps, in order to reduce the number of prototypes required. Special algorithms and FEA methods are used and discussed. Specific examples for different load cases illustrate the non-linear method considering linear elastic material behaviour and contact conditions.

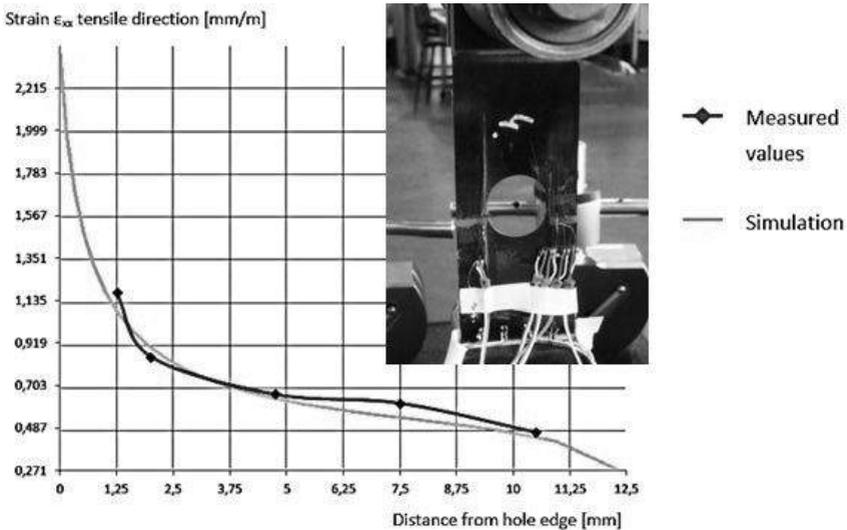


Figure 3: Tensile test of a quarter  $[0/90]_s$  laminate with hole: Measured (red) versus simulated (blue) results

A tensile test of a laminated specimen with circular hole is performed to analyse the behaviour of the CFRP material with the layup [0/90/45/-45] with notch effect displayed in figure 3. The results show the expected behaviour with stress concentrations at the edge of the hole comparable to isotropic material under same conditions. The outcome is validated by experimental test results.

The conducted pull-out test is analysed using finite element method. Therefore, different pilot studies are used. A simplified two-dimensional model is used to analyse the pre-stress and contact problem by beam elements. Pre-stress and contact is modelled in a second analysis using a pretension element in a three-dimensional quarter model. Caused by unsymmetrical responses a full model is made to conform the behaviour of the sandwich plate with insert under pull-out loading.

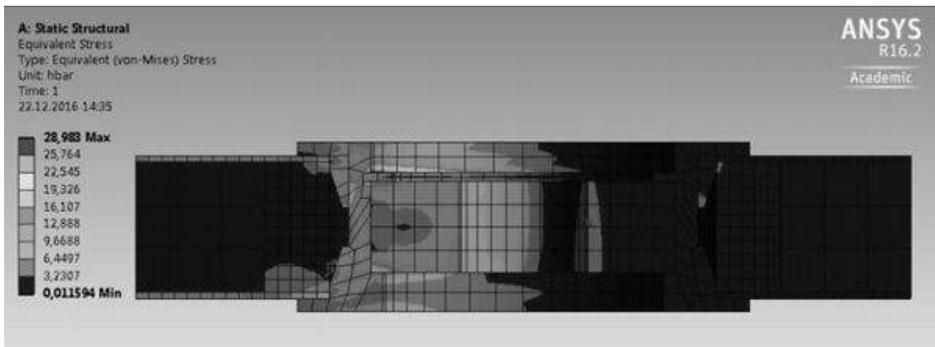


Figure 4: Insert-connection for sandwich structures with large spacer elements: equivalent stresses, preload- and radial force

### 4.3 Note on corrosion protection

It must be added that a corrosion protection is necessary for widespread use. Because of the liability to galvanic corrosion between carbon and aluminium an effective measure for galvanic decoupling is needed. Concerned are compounds of carbon and elements with least electronegativity (ionic, covalent or metallic). For connections between CFRP and aluminium an isolation of the CFRP is necessary, because it could build up an electrochemical potential on them. Possible are corrosion protection by an adhesive layer or fiberglass interlayer, a corrosion inhibitive sealant or zinc chromate paste (toxic) [5,6].

## 5. Summary

The insert developed offers a very good alternative to previous joining inserts for composite sandwich panels [7]. The research focuses on methods to describe and predict

the behaviour and the fracture mechanics of connected laminates and sandwich plates. Numerical models are established for the developed composite sandwich insert joints. Individual parts and the assembly group are analysed. In several iteration steps the insert is improved and optimised. The number of necessary prototypes can be reduced. Specimens with widely used fully potted inserts and the new developed insert were prepared for experimental tests with high repeatability to validate the numerical model. The newly designed insert satisfies the expectations under the given requirements and shows a desired reinforcement behaviour. The parallel numerical analysis enables the further development of improved variants of the patented solution, whereby the numerical results agree with a good correlation to the experimental data. In addition, laminated sensors and a digital twin are to be used to improve the prediction of the first fault.

## 6. Literature

- [1] Zimmermann, St.; Weidemann, F., Bailey, R., Smyth, D.: „*Insert für eine Verbindung von Sandwichkomponenten*“, Patent DE 10 2014 014 624 A1 (2014)
- [2] Heimbs, S.; Pein, M.: „*Failure behaviour of honeycomb sandwich corner joints and inserts*“, In: *Composite Structures*, Vol. 89. pp. 575 - 588, Elsevier, (2009)
- [3] Hassan, N.K.; Mohamedien, M.A.; Rizkalla, S.H.: „*Finite element analysis of bolted connections for PFRP composites*“, In: *Composites: Part B*, Vol. 27, pp 339 - 349, Elsevier (1996)
- [4] European Space Agency (ESA): „*Space engineering – Insert design handbook*“, ESA Requirements and Standard Division, Noordwijk (2011)
- [5] Moser, K.: *Faser-Kunststoff-Verbund – Entwurfs- und Berechnungsgrundlagen*, VDI-Verlag, Düsseldorf (1992)
- [6] Schürmann, H.: *Konstruieren mit Faser-Kunststoff-Verbunden*, Springer, Berlin, Heidelberg (2005)
- [7] Kim, B.J., Lee, D.G.: *Characteristics of joining inserts for composite sandwich plates*, *Composite Structures*, Volume 86, Issue 1-3, Elsevier, pp. 55-60 (2008)

## **Virtual Reality-basierte Bedienhandlungen zur Mitarbeiterqualifizierung am Beispiel einer Werkzeugmaschine**

Eckardt, R.; Goldhahn, L.

Hochschule Mittweida, Fakultät Ingenieurwissenschaften, InnArbeit – Zentrum für innovative Arbeitsplanung und Arbeitswissenschaften, Mittweida

E-Mail: eckardt@hs-mittweida.de

### **Kurzfassung**

Die Virtual Reality (VR) eröffnet weitere Perspektiven im Kontext der Mitarbeitenden-Qualifizierung und stellt eine dem Stand der Technik entsprechende und vor allem für Lernende attraktive Möglichkeit zur Vermittlung und Aneignung von Wissen dar [1]. Der Leitgedanke zum Einsatz von VR für die Mitarbeitenden-Qualifizierung ist, dass Wissen besser behalten wird, wenn es erlebt und nicht abstrakt gelernt werden muss. [2] Daran orientieren sich die vom Institut InnArbeit entwickelten VR-basierten Bedienhandlungen, welche statische und dynamische Modelle zur Wissensvermittlung in VR testen, was im Beitrag aufgegriffen sowie methodisch beschrieben wird.

### **1. Einleitung**

Der digitale Wandel führt dazu, dass zunehmend Anlagen oder Prozesse mit technischen und computerbasierten Hilfsmitteln geplant, an neue Aufgaben angepasst und getestet werden. Auch für die Bewältigung flexibel wechselnder Arbeitsaufgaben, bedingt durch die zunehmende Produktvarianz sind innovative technische Hilfsmittel gefragt, um die Arbeitenden physisch und psychisch zu entlasten. [3] [4] Die Art und Weise wie sich die Menschen an den Anlagen und in den Prozessen mit Informationen versorgen und die Datenbereitstellung ändern sich zunehmend ins Digitale [5]. In den frühen Phasen der Produkt- und Prozessentwicklung, bei der Arbeitssystemgestaltung oder -veränderung lassen sich bspw. Trainings bereits VR-gestützt durchführen, auch wenn der reale Arbeitsbereich noch nicht aufgebaut oder betriebsbereit ist. [6]

Mit VR-basierten Bedienhandlungen innerhalb komplexerer Lernszenarien können Mitarbeitenden, ein frühzeitiges Feedback zur ergonomischen Bedienbarkeit und der Usability softwarebasierter Anzeigen und Bedienfelder geben. [7] Mitgestaltung und Training fördern die spätere Akzeptanz der Gestaltungslösungen.

Das VR-basierte Training von Bedienhandlungen ermöglicht, realitätsnah spezifische technische Handlungsfolgen und die dafür notwendigen Bedienhandgriffe zu üben und zu erlernen. In der Realität entstünden Unterbrechungen der Fertigungsaufgaben, die Ausbringungsmenge der Maschine sänke. Daher sind VR-basierte Bedienhandlungen

effektiv und müssen aber für den entsprechenden Anwendungsfall anlagen- oder prozessbezogen methodisch erarbeitet werden.

Die vorgestellten Ergebnisse entstanden im Rahmen des Transferprojekts Saxony<sup>5</sup>.

## 2. Virtual Reality-basierte Bedienhandlungen

Auf der Basis von 3D-Modellen der Anlagen und Bedienstellen können in VR spezielle Bedienhandlungen wie das Herstellen der Betriebsbereitschaft oder das Rüsten einer Maschine simuliert werden, welche Mitarbeitenden bei der Tätigkeitsqualifizierung unterstützen. Dabei ist es notwendig, die digitalen Anlagen als Modelle mit Simulationseigenschaften zu untersetzen. Der korrekte Aufbau der Bedienfolgen sowie eine exakte Abbildung der 3D-Modelle erzeugen gute Lernumgebungen.

Die Literatur bezeichnet **VR** als die „visuelle Präsentation und Manipulation von 3D-Daten in Echtzeit“. [7] Nach [6] wird VR durch drei Eigenschaften charakterisiert. **Immersion**, die realitätsnahe Darbietung und Wahrnehmung. **Interaktion**, die Beeinflussung und Veränderung in Echtzeit sowie **Imagination**, das Erleben als quasi reale Welt.

Die VDI 3699 definiert die **Bedienung** als „Vorgang, bei dem ein Operator die Arbeitsweise einer bereits angewählten technischen Einrichtung [(z. B. Maschine)] beeinflusst oder die Ausführung einer Funktion veranlasst“. [8]

Eine **Handlung** ist nach [9] „eine in sich geschlossene Einheit der Tätigkeit“.

Die **VR-basierten Bedienhandlungen** bezeichnen zusammenfassend einen ganzheitlichen virtuellen Bedienvorgang zur Veranlassung, Ausführung und Abschluss einer Funktion an einer virtuellen technischen Einrichtung, welche sich unverzüglich, auch mehrstufig, auf die virtuelle technische Einrichtung auswirken kann.

Zur Darbietung und Wahrnehmung einer quasi realen Welt in Form einer Lernumgebung, welche durch virtuelle Bedienhandlungen in Echtzeit beeinfluss- und veränderbar ist, wurden eine VR-Software sowie eine voll-immersive VR-Brille eingesetzt.

Die Tabelle 1 fasst eine beispielhafte VR-basierte Bedienhandlung, welche innerhalb einer virtuellen Lernumgebung (vgl. Abbildung 1) umgesetzt wurde, zusammen. Auch zeigt die Tabelle die Inhalte (Aufgabe, Tätigkeit, Handlung, Operation und Bewegung) einer virtuellen Bedienhandlung. Durch diese hierarchische Klassifizierung ist eine methodische Aufbereitung der virtuellen Bedienhandlungen gegeben. [10] Eine strukturierte und modularisierte Bereitstellung in VR für die Qualifizierungsbedarfe der Mitarbeitenden wird so realisiert. [11]

Tabelle 1 VR-basierte Bedienhandlung zur Herstellung der Energieversorgung einer Werkzeugmaschine (Auszug)

Bedienhandlung		Beschreibung	Information
<b>Aufgabe</b>		Energieversorgung der ausgeschalteten Fräsmaschine herstellen	
<b>Tätigkeit</b>	<b>Handlung</b>	Einschalten der Fräsmaschine Drehen des Drehschalters	
	<b>Operation</b>	Manuelles Drehen des Drehschalters im Uhrzeigersinn bis Endanschlag	
	<b>Bewegung</b>	Hinlangen zum Drehschalter und Betätigen	



Abbildung 1 Bearbeitungsstand VR-basierte Bedienhandlung zur Energieversorgungsherstellung

### 3. Ergebnis/Diskussion

Der aktuelle Entwicklungsstand der VR-basierten Bedienhandlungen umfasst die Schritte, die für die Herstellung der Betriebsbereitschaft (z. B. Energieversorgung einschalten) einer Werkzeugmaschine notwendig sind.

Mit Hilfe der VR-basierten Bedienhandlungen ergeben sich wesentliche Vorteile, wie bspw. das virtuelle Ausprobieren einer Werkzeugmaschine statt abstraktem Frontalunterricht oder die Berücksichtigung unterschiedlicher Wissensstände der Mitarbeitenden.

Im weiteren Verlauf der Entwicklungsarbeiten muss eruiert werden, wie ausgeprägt die benannten Vorteile sind. Dazu sollen Fragebögen nach der Anwendung der VR-basierten Bedienhandlungen ausgegeben und ausgewertet werden.

Das praktische Potenzial der Entwicklung und Anwendung von VR-basierten Bedienhandlungen ergibt sich durch das vereinfachte Anlernen, die Reduzierung von Fehlbedienungen und Gefährdungen der MitarbeiterInnen sowie den stabilen, sicheren Betrieb der Werkzeugmaschinen. Stillstandzeiten werden reduziert und die Ausbringungsmengen erhöht.

### 4. Literaturverzeichnis

- [1] Hirt C., Spahni M., Kompis Y., Jetter D., Kunz A.: Alles rund um die Maschine – Begehbare virtuelle Schulung an Werkzeugmaschinen. In: VAR<sup>2</sup> 2019 – Realität erweitern, Hrsg. Putz M, Klimant P, Klimat F, Chemnitz, ISBN: 978-3-00-064420-7, S. 43 – 58 (2019)
- [2] Haidar, L.: Ingenieure lernen mit der Datenbrille, In: VDI Nachrichten, Nr. 1/ 2 /3, S.31. (2020)
- [3] DIN EN ISO 6385; Grundsätze der Ergonomie für die Gestaltung von Arbeitssystemen (2016)
- [4] Bundesministerium für Arbeit und Soziales: Digitalisierung am Arbeitsplatz; Zugang am Jan 08, 2020, [https://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/PDF-Publikationen/a875-monitor-digitalisierung-am-arbeitsplatz.pdf;jsessionid=7C4EB42D0C7F765A2D22B10EF1832359?\\_\\_blob=publicationFile&v=3](https://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/PDF-Publikationen/a875-monitor-digitalisierung-am-arbeitsplatz.pdf;jsessionid=7C4EB42D0C7F765A2D22B10EF1832359?__blob=publicationFile&v=3), S. 16, (2016)
- [5] Bundesministerium für Wirtschaft und Energie; Den digitalen Wandel gestalten. Zugang Dec 12, 2019, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/digitalisierung.html> (2019)
- [6] Goldhahn, L.: Montageplanung und -ausführung – virtuell und real. 16 th International Scientific Conference Mittweida IWKM. Scientific Reports Nr. 2, 2003, S. 46 – 50 (2003)
- [7] Wiendahl, H.P.; Fiebig, T.: Virtual factory design – a new tool for a co-operative planing approach Nr. 7: S. 535-540 (2003)
- [8] VDI/VDE Richtlinie 3699 – Prozessführung mit Bildschirmen. Berlin, Beuth (2015)
- [9] Hacker, W.: Allgemeine Arbeitspsychologie Psychische Regulation von Arbeitstätigkeiten, Huber Verlag (1998)

- 
- [10] Goldhahn L., Eckardt R., Pietschmann C., Roch S. Competency Profiles as a Means of Employee Advancement for a Resource-Efficient Chipping Production. In: *Advances in Manufacturing, Production Management and Process Control, Proceedings of the AHFE 2019*, 24- 28. Juli 2019, Washington D.C., USA, pp.146-157; DOI: 10.1007/978-3-030-20494-5\_14 (2019)
- [11] Goldhahn, L, Eckardt, R., Pietschmann, C., Roch, S. Lernszenarien und Virtual Reality-basierte Bedienhandlungen zur Mitarbeiterqualifizierung. In: *Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e. V. (Hrsg.): Digitaler Wandel, digitale Arbeit, digitaler Mensch? Bericht zum 66. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 16.-18. März 2020*. Dortmund: GfA Press, ISBN 978-3-936804-27-0, 2020, B1.1. pp. 1-6 (2020)

## **Funktionales Finishen additiv gefertigter, dreidimensionaler Kunststoffbauteile**

Eckhardt, L.<sup>1</sup>; Layher, M.<sup>1</sup>; Hopf, A.<sup>1</sup>; Bliedtner, J.<sup>1</sup>; May, M.<sup>2</sup>; Lachmund, S.<sup>2</sup>; Buttler, B.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Ernst-Abbe-Hochschule Jena

<sup>2</sup> 3Faktur GmbH

<sup>3</sup> GOT Gesellschaft für Oberflächentechnik mbH

E-Mail: Lukas.Eckhardt@eah-jena.de

### **Kurzfassung**

Pulverbasierte, additive Verfahren zur Herstellung von Kunststoffbauteilen haben in den letzten Jahren erheblich an Bedeutung gewonnen. Bisher begrenzen prozessbedingt raue und poröse Bauteiloberflächen jedoch potentielle Anwendungsfelder. In dieser Forschungsarbeit werden daher Verfahren zur Oberflächennachbearbeitung und -funktionalisierung von gesinterten PA12-Bauteilen entwickelt. Im Vordergrund steht das Laserstrahlpolieren in Kombination mit herkömmlichen Beschichtungsverfahren wie Pulverbeschichten oder Metallisieren. Neben einer Glättung der Oberfläche kann so u.a. auch die Abriebfestigkeit, die mechanische Belastbarkeit oder die elektrische Leitfähigkeit von Bauteilen modifiziert werden.

### **1. Einleitung**

Die additive Fertigung durchläuft aktuell den Wandel von der Herstellung geometrisch komplexer Prototypen zur Serienproduktion [1]. Speziell das 2016 eingeführte Multi Jet Fusion Verfahren (MJF) ist auch für große Stückzahlen industriell relevant [2]. Es basiert auf dem Sintern von PA12-Pulver durch Infrarotstrahlung zur schichtweisen Erstellung von Bauteilen und wird für die Fertigung von technischen Kunststoffteilen, oft auch im Sichtbereich eingesetzt. Beispiele hierfür sind Gehäuseteile sowie mechanische Komponenten in der Medizintechnik oder im Interieur von Kraftfahrzeugen.

Während das MJF-Verfahren aufgrund von Bauteilqualität, -festigkeit und Druckgeschwindigkeit enormes Potential bietet [3], weist es auch einige Nachteile auf. Besonders anwendungsspezifische Anforderungen an die Bauteiloberfläche werden beim Druck häufig nicht erreicht. Ziel dieser Forschungsarbeit ist daher die Identifikation und Charakterisierung von Methoden zur Reduzierung der Rauheit sowie zur Anpassung der optischen, haptischen und funktionalen Eigenschaften von MJF-Bauteilen.

## 2. Zielstellung und Methoden

Prozessbedingt weisen Oberflächen von MJF-gedruckten Werkstücken eine körnige Struktur mit einer Rauheit von  $Ra > 5 \mu\text{m}$  auf. Die Glättung dieser Struktur soll durch Laserstrahlpolieren (LSP) erfolgen. Dabei wird die Deckschicht lokal durch einen Laserstrahl aufgeschmolzen, sodass der verwendete PA12-Kunststoff fließt und mit dem Erstarren eine Glättung der Oberfläche erfolgt (Abbildung 1). Das Verfahren bietet gegenüber Kugelstrahlen, Gleitschleifen und anderen konventionellem Post-Processing-Methoden viele Vorteile, da es verschleißfrei, schnell, ohne Verbrauchsmittel und weitestgehend geometrieunabhängig arbeitet. Zudem ist es für viele verschiedene Kunststoffe geeignet [4] und lokal begrenzt zur Nachbearbeitung von definierten Funktionsflächen einsetzbar.

In Vorversuchen wird zur Abgrenzung des LSP-Prozessfensters zunächst das Schmelzverhalten des verwendeten PA12-Polymers in Abhängigkeit der eingebrachten Strahlungsenergie untersucht. Aus beschrifteten Einzelspuren mit variiertes Leistung und Scangeschwindigkeit können die geeigneten Energieeinträge zum Aufschmelzen von PA12 bestimmt werden. Ein flächiges Polieren erfolgt durch das Aneinanderlegen vieler, paralleler Einzelbahnen mit geringem Energieeintrag. In Abhängigkeit von Feldgröße, Fokusbereich und Scangeschwindigkeit ist eine Skalierung der Laserleistung und des Spurversatzes notwendig. Aus der Korrelation der genannten Parameter mit den resultierenden Oberflächenrauheiten lässt sich ein Prozessmodell ableiten, was die Bearbeitung beliebiger Geometrien mit reproduzierbaren Ergebnissen ermöglicht. Das Umschmelzen der Deckschicht schließt die körnige Struktur der Oberfläche zuverlässig und reduziert die Rauheit auf  $Ra < 1 \mu\text{m}$ .

Das Laserstrahlpolieren wird zudem zur Erstellung von Logos, QR-Codes und

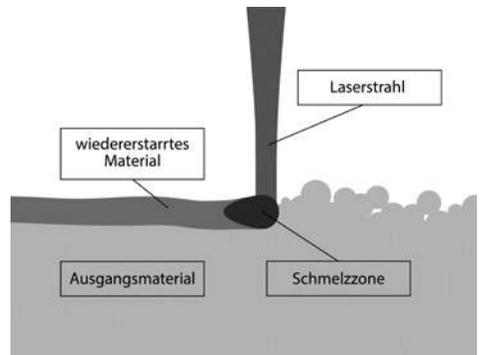


Abbildung 1: Verfahren Laserstrahlpolitur



Abbildung 2: Gefinishte Bauteile:  
 a) pulverbeschichtet, b) metallisiert,  
 c) laserstrahlbeschriftet, d) laserstrahltexturiert,  
 e) 3D-laserstrahlpoliert

geglätteten Funktionsflächen oder in Kombination mit weiteren Finishing-Verfahren eingesetzt (Abbildung 2). Durch ein nachgeschaltetes Laserstrahlbeschriften ist beispielsweise die Erstellung von optisch und haptisch realistischen Texturen möglich. Auch die Qualität galvanischer Beschichtungen profitiert von laserstrahlpolierten Bauteiloberflächen.

### 3. Ergebnisse und Ausblick

Das abgeleitete Prozessmodell ermöglicht die schnelle und reproduzierbare Glättung nahezu beliebiger MJF-Bauteile. In Kombination mit konventionellen Beschichtungsverfahren können Oberflächeneigenschaften auf verschiedene Arten modifiziert werden. Um das Potenzial dieser Technologien zu nutzen, wird in weiterführenden Versuchen die Integration von Bauteilfunktionen in die Oberfläche, beispielsweise durch das selektive Metallisieren von Leiterbahnen angestrebt.

#### Förderhinweis

Das Verbundvorhaben „FunkFin - Entwicklung einer neuartigen Prozesskette zum funktionalen Oberflächenfinishen 3D-gedruckter Kunststoffteile“ (Förderkennzeichen ZF4039614GM8) wird durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Energie

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



### 4. Literaturverzeichnis

- [1] R. Lachmayer, R. B. Lippert und S. Kaieler, Additive Serienfertigung: Erfolgsfaktoren und Handlungsfelder für die Anwendung, Berlin: Springer, 2018. #
- [2] Wohlers Associates, Wohlers Report 2019, Wohlers, 2019.
- [3] H. O'Connor, A. Dickson und D. Dowling, „Evaluation of the mechanical performance of polymer parts fabricated using a production scale multi jet fusion printing process,“ *Additive Manufacturing*, pp. 381-387, 08 2018.
- [4] M. Layher, A. Hopf, L. Eckhardt und J. Bliedner, „Laser Beam Polishing of Polymers,“ *Photonics Views*, pp. 83-87, 03 2019

# Adaption fremder Funktionsprinzipien für die Stickerei

Hahn, J.; Müller, H.

Westfälische Hochschule Zwickau, Institut für Textil- u. Ledertechnik, Reichenbach

E-Mail: julia.hahn@fh-zwickau.de

## Kurzfassung

Inspiziert durch verfahrensfremde Anwendungen steht die sticktechnische Realisierung von funktionalen Strukturen, z.B. das Funktionsprinzip eines Raffrollos, im Fokus. Durch die Kombination der Stickereitechnik, mit ihren einzelnen Komponenten und Materialien unterschiedlicher Eigenschaften werden Varianten entwickelt, welche das Funktionsprinzip adaptieren.

## 1. Einleitung

Als Branchenzweig der Textilindustrie befindet sich die Stickerei im Wandel. Von der klassischen Spitze für Heimtextilien oder Bekleidung hin zur Erschließung neuer Märkte durch die Entwicklung und Etablierung technischer Stickereien. Als Inspiration können Strukturen und Funktionsweisen aus der Natur oder speziellen Anwendungsfeldern dienen. Der Einsatz unterschiedlicher Materialeigenschaften und der Aufbau der Struktur bietet die Möglichkeit neue Anwendungsfelder für die Stickerei zu generieren.

## 2. Stickerei

In der Stickerei ist neben der individuellen Füllung einer Freiform auch die freie lineare Ablage eines Verlegfadens sticktechnisch realisierbar. Er wird mittels eines Fixierfadens, auf ein Trägermaterial aufgestickt, das sich auf einem beweglichen Stickfeld befindet. Durch den annähernd 360° drehbaren Stickkopf mit Legefuß, der den Verlegfaden für das fixierende Stick positioniert, ist eine flexible Orientierung des Verlegfadens möglich (Abbildung 1) [1 S.367-368]. In der klassischen Stickerei wird dieses Verfahren als Soutagestickerei bezeichnet.

## 3. Entwicklungsziel

In der vorgestellten Studie stehen die Konstruktionen in Hinblick auf ihre technische Umsetzbarkeit im Mittelpunkt. Sie werden unabhängig vom Einsatzgebiet bzw. den Einsatzanforderungen betrachtet. Das Ziel der Untersuchungen ist die Eruiierung diverser Strukturen inspiriert durch Konstruktionen und Funktionsweisen anderer Anwendungs-

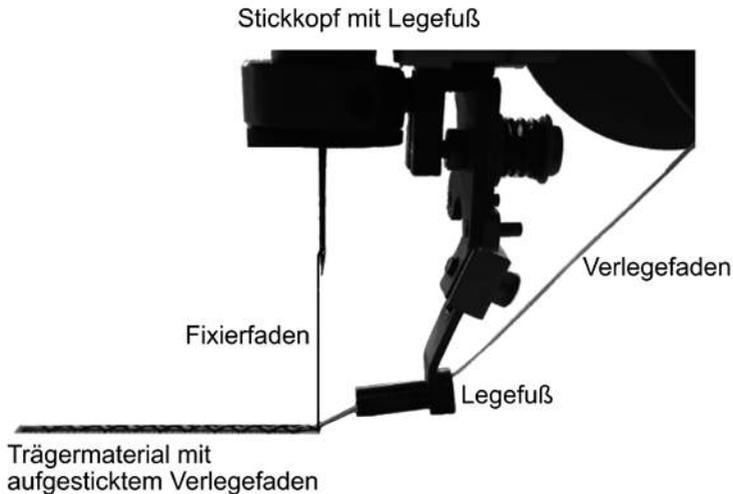


Abbildung 1: Prinzip der Soutagestickerei

felder, z.B. das Funktionsprinzip eines Raffrollos. Bei der Adaption des Funktionsprinzips eines Raffrollos sind zwei Zustände definiert: eine flache, zweidimensionale Struktur und eine gewölbte, dreidimensionale Struktur. Beide Zustände sind reversibel. Konventionell ist die Fertigung eines Raffrollos durch drei Arbeitsschritte bestimmt. Nach Erzeugung der Fläche, z.B. einem Gewebe, wird diese konfektioniert und anschließend ein Band mit Ösen in regelmäßigen Abständen für eine führende Schnur aufgebracht. Durch Betätigung dieser Schnur ist es möglich die o.g. Zustände zu erreichen. Durch die Kombination der einzelnen Komponenten der Stickerei (Trägermaterial, Fixierfaden, Verlegefaden) mit unterschiedlichen Materialeigenschaften, z.B. Elastizität und Steifheit, lässt sich das Funktionsprinzip mittels Stickerei adaptieren.

#### 4. Bearbeitungsablauf

Um die reversiblen Zustände des Raffrollos zu erreichen sind der Aufbau der Struktur (Verlegefadenverlauf), der Einsatz unterschiedlicher Materialeigenschaften der Komponenten und die sticktechnischen Parameter (Stichlänge) maßgebend. Der Aufbau eines Raffrollos lässt sich in einen gefalteten und einen planen Bereich zerlegen. Durch den gezielten Verlauf des Verlegefadens lassen sich diese beiden Bereiche in einer Struktur erzeugen. Die Verwendung konträrer Materialeigenschaften der Komponenten, z.B. elastisch und starr, ermöglichen die Reversibilität der Struktur. Unterstützend wirkt der Einsatz einer individuellen Stichlänge des Fixierfadens.

## 5. Ergebnisse

Im Rahmen der Untersuchung kristallisierten sich zwei Varianten heraus (vgl. Abbildung 2). In Variante A wurde durch die Kombination eines elastischen Verlegefadens mit einem starren Trägermaterial und dem gezielten Verlauf des Verlegefadens eine reversibel verformbare Struktur erzeugt. Bei Entlastung zieht sich die Struktur zusammen und bildet einen dreidimensionalen Körper. Unter Zugbelastung streckt sich der elastische Verlegefaden und die Struktur wird zweidimensional. Durch die systematische Platzierung des Verlegefadens und den individuellen Einsatz der Stichlänge des Fixierfadens kann in Variante B ebenfalls eine reversible Struktur hergestellt werden. Der individuelle Einsatz der Stichlänge für den Fixierfaden ermöglicht es, eine führende Schnur, ähnlich dem Raffrollo, zu erzeugen. Es entsteht eine dreidimensionale Struktur, wenn die Schnur zugbelastet wird. Die Eigenschaft des Trägermaterials ist hier sekundär. Beide Varianten werden in einem Arbeitsschritt hergestellt.

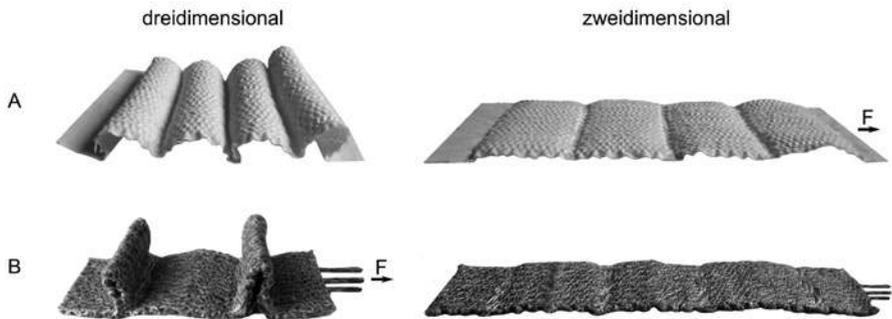


Abbildung 2: Erzeugung einer reversiblen Struktur durch die Kombination eines starren Trägermaterials mit einem elastischen Verlegefaden (A) und der individuellen Stichlänge des Fixierfadens (B)

## 6. Literaturverzeichnis

- [1] Cherif, C. (Hrsg.); Schade, M.: „Gestickte Halbzeuge und Sticktchniken“, In: *Textile Werkstoffe für den Leichtbau*, Springer, Berlin Heidelberg New York (2011)

# Exoskelette zum Heben von Lasten - Biomechanische Simulationen eines zweidimensionalen Starrkörpermodells des Menschen mit ANSYS

Wallsberger, R.<sup>1</sup>; Masri, M. A.<sup>1</sup>; Zawatzki, J.<sup>2</sup>; Hahnemann, Y.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin

<sup>2</sup> Beuth Hochschule für Technik Berlin

E-Mail: Yannis.Hahnemann@htw-berlin.de

## Kurzfassung

In der vorliegenden Arbeit wird ein vereinfachtes Starrkörpermodell eines Menschen, das „Unisex-Modell“, auf Grundlage der DIN 33402-2 erstellt. Damit werden biomechanische Simulationen in *ANSYS Rigid Body Dynamics* durchgeführt, um die Momente in Knie- und Hüftgelenken bei Hebebewegungen zu bestimmen. Ziel ist es, die Auswirkungen eines Exoskeletts (max. Stützmoment 23 Nm) auf diese Momente zu ermitteln. Für diese Simulationen werden die Gelenkwinkel während der Hebebewegung mittels 2D Motion Capturing von sechs Proband:innen gemessen. Die Ergebnisse der Simulation zeigen, dass ein Exoskelett das Moment in der Hüfte bei einer Hebelast von 5 kg um bis zu 14 % reduziert. Außerdem wird die Belastung auf das Kniegelenk durch das Eigengewicht des Exoskeletts erhöht.

## Einleitung

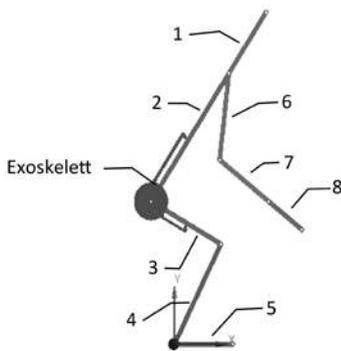
Im Rahmen des IFAF-Projekts „*Exoskelett nach dem Prinzip elastischer Insektenlokomotion*“ (EPI) [1] werden passive Exoskelette zur Lastenhandhabung entwickelt und Prototypen entworfen. Die auftretenden Belastungen des menschlichen Körpers bei deren Verwendung sind aufwendig zu ermitteln und werden deshalb in dieser Arbeit mit Hilfe einer biomechanischen Simulation in der Software *ANSYS Rigid Body Dynamics* [2] simuliert.

## Methode

Hierfür wird eine vereinfachte Darstellung des Menschen als Starrkörpermodell verwendet, welches eine Hebebewegung ausführt. Um ein breites Spektrum der Gesellschaft abzubilden, wird das „Unisex-Modell“, bestehend aus Starrkörpern, auf Grundlage der DIN 33402-2 [3] erstellt. Aus dieser wird jeweils für Männer und Frauen der Altersgruppe 18 - 65 Jahre der Wert des 50. Perzentils ausgewählt und das arithmetische Mittel gebildet. Daraus ergibt sich für das „Unisex-Modells“ eine Gesamtgröße

von 168,9 cm und eine Gesamtmasse von 72,5 kg. Es setzt sich aus acht Starrkörpern zusammen, bei denen die Hüfte und unterer Rücken sowie Kopf und Hals jeweils als ein Element zusammengefasst werden (siehe Abb. 1).

Als Eingangsvariablen für die Simulation werden, wie bei Hwang et al. [4], exakte Winkelverläufe der Gelenke während der Hebebewegung benötigt. Diese werden aus einem 2D Motion Capturing von 6 Proband:innen (3 ♂, 3 ♀) erzeugt. Diese haben ein Alter von  $33,17 \pm 9,39$  Jahren, eine Größe von  $175 \pm 8$  cm und ein Gewicht von  $72,17 \pm 12,38$  kg. Jeweils zwei Hebebewegungen pro Person werden mittels der Tracking Software *Tracker* [5] analysiert und der zeitliche Verlauf der Gelenkwinkel ermittelt. Die Proband:innen heben eine Wasserkiste (10 kg) vom Boden an und führen diese in eine Position vor den Körper mit rechtwinkligen Armen. Die daraus gemittelten Werte werden als Bewegungsmuster in *ANSYS* implementiert. Untersucht wird die Kinematik symmetrischen Hebens aus den Knien (squat lifting) jeweils mit und ohne Verwendung des Exoskeletts in einer 2D Simulation.



Starrkörper/Körperteil mit Positionsnummer	Länge in mm	Masse einzeln in kg	Masse gesamt in kg <sup>1)</sup>	Position des SP in mm <sup>2)</sup>
1 Kopf mit Hals	290	5,08	5,08	145
2 Torso	608	31,18	31,18	295
3 Oberschenkel	348	8,27	16,53	198
4 Unterschenkel	443	3,84	7,69	252
5 Fuß	255	1,31	2,61	145
6 Oberarm	343	2,61	5,22	195
7 Unterarm	270	1,60	3,19	154
8 Hand	183	0,51	1,02	128

Abbildung 1: Gesammelte Werte für das zweidimensionale mechanische „Unisex-Modell“,

<sup>1)</sup> die Starrkörper 3-8 gehen doppelt in die Gesamtmasse ein, da jeweils zwei Körperteile zu einem zusammengefasst werden,

<sup>2)</sup> Dieser Wert ist die Länge zwischen Schwerpunkt (SP) und unterem Ende des Starrkörpers, z.B. für den Unterschenkel zwischen Schwerpunkt und Fußgelenk und für den Oberarm zwischen Schwerpunkt und Ellbogengelenk.

Als rumpfunterstützendes Exoskelett wurde ein Funktionsmodell, ähnlich zu kommerziell vertriebenen Produkten (*Laevo* [6], *Paexo Back* [7], *BackX* [8]), integriert. Es hat ein Gewicht von 2 kg und ein maximales Unterstützungsmoment von 23 Nm, mit einer Rate von  $0,23 \text{ Nm/}^\circ$ . Diese Werte sind an die Arbeit von Glitsch et al. [9] angelehnt. Das Funktionsmodell ist in der Simulation, wie in Abb. 1 gezeigt, konzentrisch zum Hüftgelenk positioniert und stützt sich an Torso und Oberschenkel ab.

## Ergebnis

In Abb. 2 ist zu sehen, dass die Verwendung dieses Exoskeletts das Moment im Hüftgelenk bis zu 14 % reduziert. Zusätzlich wurde beobachtet, dass das Eigengewicht des Exoskeletts das Moment im Kniegelenk erhöht.

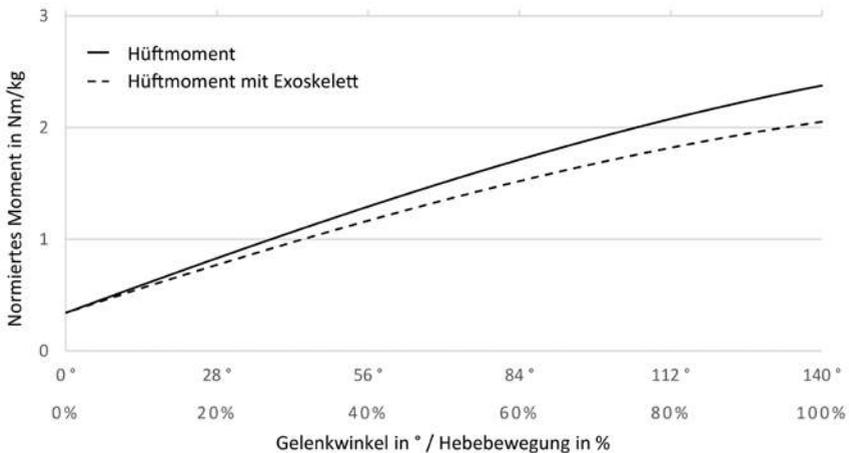


Abbildung 2: Die Reduktion des Moments im Hüftgelenk durch das Exoskelett. Das Moment ist auf das Körpergewicht normiert und über den Gelenkwinkel des Hüftgelenks korrelierend zur prozentualen Hebebewegung aufgetragen.

## Diskussion

Für die Verwendung der vereinfachten Simulation mit *ANSYS* spricht die gute Übereinstimmung der Ergebnisse mit anderen Studien [9-11], die teilweise deutlich detaillierte Simulationsmodelle verwenden. Es wird gezeigt, dass eine Verschiebung der Position des Exoskeletts einen bedeutenden Einfluss auf das Moment im Hüftgelenk hat. Bei cranialer Verschiebung werden die Momente weiter reduziert (um ungefähr 17 %), bei einer dorsalen Verschiebung erhöht sich das auftretende Moment. Das verdeutlicht den Einfluss der Positionierung des Exoskeletts auf das Hüftmoment. Somit muss für eine detaillierte Simulation eine präzisere Definition der Kontaktpunkte am Funktionsmodell vorgenommen werden.

Ein bisher wenig beschriebener Aspekt ist die deutliche Erhöhung des Moments im Knie, besonders in der gehockten Position (100% der Hebebewegung), durch eine vergleichsweise geringe Gewichtskraft des Exoskeletts. Die dorsale Positionierung führt zu einer nachteiligen Änderung des Momentengleichgewichtes um das Knie.

## Schlussfolgerung

Mit dieser Arbeit wird gezeigt, dass *ANSYS* eine funktionelle Alternative zu den spezialisierten biomechanischen Simulationsprogrammen *AnyBody* [12] und *OpenSIM* [13] sein kann. Es eignet sich im Entwicklungsprozess eines Exoskeletts für die Abschätzung der Wirkweise, um den Aufwand detaillierter Simulationen zu minimieren. Für die Fortführung des EPI-Projekts können so neuartige Konzepte mit flexiblen Stäben als passive Energiespeicher validiert und optimiert werden.

## Literatur

- [1] EPI: *Exoskelett nach dem Prinzip elastischer Insektenlokomotion*. Online verfügbar unter <https://www.ifaf-berlin.de/projekte/epi/>.
- [2] ANSYS, Inc. (2021): ANSYS. Version Workbench 2020 R1: ANSYS, Inc. Online verfügbar unter <https://www.ansys.com>, zuletzt geprüft am 22.01.2021.
- [3] DIN 33402-2:2005-12. *Ergonomie - Körpermaße des Menschen - Teil 2: Werte*
- [4] S. Hwang, Y. Kim und Y. Kim, *Lower extremity joint kinetics and lumbar curvature during squat and stoop lifting* (eng), BMC musculoskeletal disorders, Jg. 10, S. 15, 2009, doi: 10.1186/1471-2474-10-15
- [5] Brown, D. Hanson, R. und Christian, W.: Tracker - Video and Modeling Tool. 5.1.5. Open Source Physics. [Online]. Verfügbar unter: <https://physlets.org/tracker/>
- [6] Leavo Exoskeleton: Laevo V2. Online verfügbar unter <https://www.laevo-exoskeletons.com/>.
- [7] Ottobock Industrials (2020): Paexo Back - Das Exoskelett für die Entlastung des Rückens. Online verfügbar unter <https://paexo.com/paexo-back/>, zuletzt aktualisiert am 26.02.2020, zuletzt geprüft am 26.02.2020.
- [8] suitX (2021): suitX | Affordable, Modular, Intelligent Exoskeletons. Online verfügbar unter <https://www.suitx.com/>, zuletzt aktualisiert am 22.01.2021, zuletzt geprüft am 22.01.2021.
- [9] Glitsch, U., Bäuerle, I., Hertrich, L., Heinrich, K., & Liedtke, M. (2019). *Biomechanische Beurteilung der Wirksamkeit von rumpfunterstützenden Exoskeletten für den industriellen Einsatz*. Zeitschrift Für Arbeitswissenschaft, 21(5), 456. <https://doi.org/10.1007/s41449-019-00184-9>
- [10] Koopman, Axel S.; Kingma, Idsart; Faber, Gert S.; Looze, Michiel P. de; van Dieën, Jaap H. (2019): *Effects of a passive exoskeleton on the mechanical loading of the low back in static holding tasks*. In: Journal of biomechanics 83, S. 97–103. DOI: 10.1016/j.jbiomech.2018.11.033.
- [11] Koopman, Axel S.; Kingma, Idsart; Looze, Michiel P. de; van Dieën, Jaap H. (2020): *Effects of a passive back exoskeleton on the mechanical loading of the low-back during symmetric lifting*. In: Journal of biomechanics 102, S. 109486. DOI: 10.1016/j.jbiomech.2019.109486.
- [12] AnyBody Technology A/S: AnyBody: AnyBody Technology A/S. Online verfügbar unter <http://www.anybodytech.com/>, zuletzt geprüft am 30.11.2020.
- [13] Simbios: OpenSim. Online verfügbar unter <https://simtk.org/>

# Regelung eines Bremssystems für einen Abstandsregeltempomat in Sommerrodelbahnen

Menz, C.; Rönnecke, S.; Bachmann, S.  
Hochschule Schmalkalden, Fakultät Elektrotechnik  
E-Mail: c.menz@hs-sm.de

## Abstract

In diesem Beitrag wird die Regelung eines Bremssystems von Fahrzeugen einer schienegeführten Sommerrodelbahn mittels der Methode der exakten Linearisierung beschrieben. Mit diesem Ansatz wird es ermöglicht, dass das geregelte Bremssystem aus Sicht eines übergeordneten Abstands- oder Geschwindigkeitsreglers ein deterministisches, lineares Verhalten aufweist. Dies vereinfacht dessen Entwurf und ermöglicht u.a. die Anwendung linearer Methoden des Reglerentwurfs.

## 1. Einführung

Sommerrodelbahnen sind Personentransportsysteme, bei denen ein bis zwei Personen in einem schienen- oder wannengeführten Fahrzeug einem vorgegebenen Bahnverlauf folgen. Typischerweise kann mit Hilfe eines Bremshebels manuell eine Bremse betätigt werden. In der Vergangenheit funktionierten solche Systeme ohne die Unterstützung elektronischer Systeme, so dass die Verantwortung für das Einhalten von Sicherheitsabständen und das rechtzeitige Bremsen ausschließlich beim Fahrgast und dem Bahnpersonal lag und teilweise schwere Unfälle zur Folge hatte.

Ziel ist es, mit einem elektronischen Geschwindigkeits- und Abstandsregelungssystem – ähnlich zu dem eines Abstandsregeltempomaten im Kraftfahrzeug – die Sicherheit für die Fahrgäste zu erhöhen. Solche Systeme bestehen meist aus überlagerten Regelkreisen: Ein äußerer Regelkreis berechnet aus dem Abstand und der Relativgeschwindigkeit zum vorausfahrenden Fahrzeug eine Sollgeschwindigkeit, die durch einen Geschwindigkeitsregler realisiert wird. Dieser generiert eine Stellgröße für den Antriebsstrang bzw. das Bremssystem [1]. Die Aufgabe des inneren Kreises ist die Regelung der Dynamik des Stellgliedes, auf die in diesem Beitrag eingegangen wird.

## 2. Modell des Bremssystems

Das vorliegende Bremssystem besteht im Wesentlichen aus einem elektromotorisch vertikal verfahrbaren Permanentmagneten, der in Abhängigkeit der Position  $b$  eine Bremskraft auf Basis des Wirbelstromprinzips erzeugt. Der Motor kann als ein lineares System

$$\dot{x} = Ax + bu = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & -\frac{k_r}{J} & \frac{k_m}{J} \\ 0 & -\frac{k_m}{L} & -\frac{R}{L} \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ -\frac{1}{L} \end{bmatrix} u$$

mit den Parametern Motorkonstante  $k_m$ , Reibzahl  $k_r$ , Induktivität  $L$ , Trägheitsmoment  $J$  und Widerstand  $R$  modelliert werden. Die Motorposition  $x_1 = \varphi$ , die Winkelgeschwindigkeit  $x_2 = \omega$  und der Motorstrom  $i$  werden als Zustandsgrößen, die angelegte Spannung  $u = u_s$  als Eingangsgröße modelliert. Die Position des Bremsmagnets  $y = b$  ergibt sich aus der nichtlinearen Ausgangsgleichung

$$y = l \sin x_1 ,$$

wobei  $l$  ein durch die Konstruktion vorgegebener Parameter ist.

### 3. Exakte Linearisierung

Die Idee der exakten Linearisierung besteht darin, den Zustandsvektor so zu transformieren, dass in Verbindung mit einer Zustandsrückführung  $v = -k^T z$  des transformierten Vektors  $z = T(x)$  und anschließender Rücktransformation  $u = T^{-1}(v, z)$  ein lineares Ein-/Ausgangsverhalten erzeugt wird [2]. Um eine Führungsgröße  $w$  vorgeben zu können, wird der Vektor  $z$  um das Fehlerintegral

$$e_i = \int y - w dt$$

erweitert. In Abbildung 1 zeigt die Regelungsstruktur mit dem erweiterten Zustandsvektor  $z_{erw}$ .

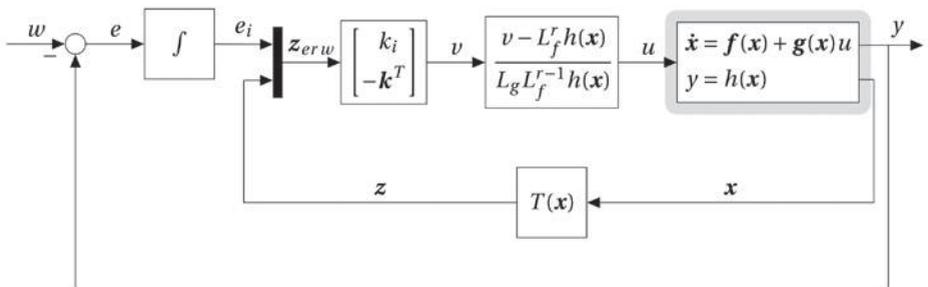


Abbildung 1: Regelungsstruktur

Die Transformation des Zustandsvektors erfolgt – vereinfacht formuliert – dadurch, die Ausgangsgröße so oft abzuleiten, bis die Eingangsgröße explizit in die Ableitung eingeht. Mit den Lie-Ableitungen

$$L_f h(\mathbf{x}) = \frac{\partial h}{\partial \mathbf{x}} \mathbf{f}(\mathbf{x}), \quad L_g h(\mathbf{x}) = \frac{\partial h}{\partial \mathbf{x}} \mathbf{g}(\mathbf{x})$$

lassen sich die zeitlichen Ableitungen des Ausgangs in der Form

$$\dot{y} = L_f h(\mathbf{x}) + \underbrace{L_g h(\mathbf{x})}_{=0} u$$

$$\ddot{y} = L_f^2 h(\mathbf{x}) + \underbrace{L_g L_f h(\mathbf{x})}_{=0} u$$

⋮

$$y^{(r)} = L_f^{(r)} h(\mathbf{x}) + L_g L_f^{(r-1)} h(\mathbf{x}) u$$

darstellen, wobei  $r$  den relativen Grad, d.h. die Anzahl der Ableitungen bis der Eingang explizit erscheint, bezeichnet. Für das vorliegende System ergibt sich die Transformation folgendermaßen:

$$\mathbf{z}_{erw} = T(\mathbf{x}) = \begin{bmatrix} e_i \\ z_1 \\ z_2 \\ z_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e_i \\ y \\ \dot{y} \\ \ddot{y} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e_i \\ h(\mathbf{x}) \\ L_f h(\mathbf{x}) \\ L_f^2 h(\mathbf{x}) \end{bmatrix}$$

Mit  $\dot{z}_3 = v$  lässt sich das System in der linearen Form

$$\dot{\mathbf{z}}_{erw} = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \mathbf{z}_{erw} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} v + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} w$$

darstellen, für das, z.B. mittels Polvorgabe [3], eine Rückführung  $v = -\mathbf{k}^T \mathbf{z}_{erw}$  entworfen werden kann. Die Stellgröße  $u$  ergibt sich durch die Rücktransformation

$$u = \frac{v - L_f^3 h(\mathbf{x})}{L_g L_f^2 h(\mathbf{x})}.$$

### 4. Ergebnisse

Die beschriebene Methodik wurde auf das vorliegende System analytisch angewandt und simulativ erprobt. Abbildung 2 zeigt den Verlauf ausgewählter Größen für das geregelte System, wobei verschiedene Eigenwerte zur Bestimmung der Reglerparameter vorgegeben wurden. Die verwendeten Modellparameter lauten (ohne Einheiten):  $k_m = 5,36$ ,  $k_r = 0,76$ ,  $L = 0,002$ ,  $J = 0,3$ ,  $R = 1,9$  und  $l = 65$ .

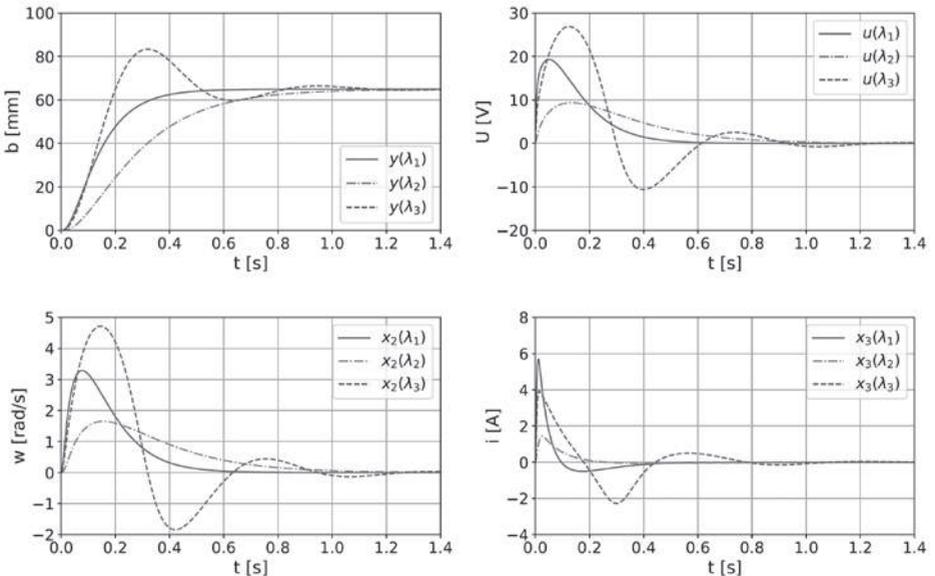


Abbildung 2: Verlauf in Folge eines Sollwertsprungs ( $w = 65$  mm) für die Eigenwerte  $\lambda_1 = [-400, -300, -20, -10]$ ,  $\lambda_2 = [-200, -150, -10, -5]$  und  $\lambda_3 = [-400, -300, -4 + 10j, -4 - 10j]$

### 5. Diskussion und Ausblick

Ein Ziel der Simulationen besteht darin, den Verlauf der Stellgröße dahingehend zu optimieren, dass die im realen System maximal mögliche Spannung nicht überschritten wird. Zudem soll ein Überschwingen des Systems verhindert werden, um die mechanische Beanspruchung zu minimieren.

Die beschriebene Methodik ist im Vergleich zu anderen Ansätzen, z.B. der Transformation des Sollwertes und einer darauf basierenden linearen Regelung, komplexer, hat sich jedoch als zweckmäßig erwiesen. Es wird ermöglicht, ein nach außen hin lineares

Verhalten zu generieren, wodurch der Entwurf übergeordneter Regelungsstrukturen erleichtert wird. Dies ist insbesondere hinsichtlich der Entwicklung modellbasierter Verfahren, z.B. der modellprädiktiven Regelung [4] von Vorteil.

## 6. Literatur

- [1] Winner, H.; Danner, B.; Steinle, J.: „Adaptive cruise control.“ In: Handbuch Fahrerassistenzsysteme, S. 478–521. Springer, 2009.
- [2] Allgöwer, F.; Gilles, E.D.: „Nichtlinearer Reglerentwurf auf der Grundlage exakter Linearisierungstechniken.“ In: Nichtlineare Regelung: Methoden, Werkzeuge, Anwendungen; VDI/VDE-GMA-Aussprachetag 13./14. 5. 1993, Langen, S. 209–234. VDI-Verlag, 1993
- [3] Ackermann, J.: „Der Entwurf linearer Regelungssysteme im Zustandsraum“, In: Automatisierungstechnik, 20(1-12):297–300, 1972
- [4] Takahama, T.; D. Akasaka, D.: „Model predictive control approach to design practical adaptive cruise control for traffic jam.“ International Journal of Automotive Engineering, 9(3):99–104, 2018.

# Studie zur Untersuchung der Auswirkung von Fräsbahnstrategien auf die Oberflächenqualität von mittels SLM gefertigten Metallteilen

Pfeiffer, J.<sup>1</sup>; Balç, N.<sup>2</sup>; Gebhardt, A.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> FH Aachen, University of Applied Sciences, Maschinenbau & Mechatronik,

<sup>2</sup> Technical University of Cluj-Napoca, Department of Manufacturing Engineering,

<sup>3</sup> FH Aachen, University of Applied Sciences, Maschinenbau & Mechatronik

E-Mail: pfeiffer@fh-aachen.de

## Kurzfassung

Für die Herstellung von metallischen Bauteilen wird in der heutigen Zeit eine Vielzahl von Verfahren auf dem Markt angeboten. Dabei stehen die additiven im Wettbewerb zu den konventionellen Verfahren. Die erreichbaren Oberflächenqualitäten der additiven sind nicht mit denen spanender Verfahren vergleichbar. Für diesen Beitrag wurde analysiert, ob sich ein mittels Selektivem Laserschmelzen (SLM) additiv hergestellter Edelstahl hinsichtlich seiner Oberflächenqualität nach der Zerspanung von einem umgeformten konventionell hergestellten Edelstahl gleicher Sorte unterscheidet.

## 1. Einleitung

Generell spricht der Kostenfaktor, insbesondere bei großen Stückzahlen, für die konventionellen Verfahren. Betrachtet man allerdings die sehr hohe Flexibilität, die Freiheit bei der Bauteilgestaltung und die niedrigen Herstellungszeiten, wird das weitreichende Potenzial von generativen Verfahren in Bereichen wie Automobilbau, Weltraumtechnik und Medizin deutlich.

Das derzeit wegen seiner großen spezifischen Dichte bedeutsamste generative Verfahren, das Laserstrahlschmelzen (engl.: Selective Laser Melting, SLM), zeichnet sich durch schichtweises Aufschmelzen eines metallischen Ausgangspulvers im Fokus des Laserstrahls zum fertigen Bauteil aus. Teile, die durch selektives Laserschmelzen (SLM) hergestellt werden, weisen eine Rauheit auf, die auf die Dicke der Schmelzschichten, aber auch auf teilweise gesinterte Partikel zurückzuführen ist, die am Rand der Teile haften. Um ein fertiges Produkt mit üblichen Maß- und Oberflächenanforderungen herzustellen, ist daher eine spanende Nachbearbeitung des SLM-Bauteils erforderlich.

Ziel der Studie ist es, den Einfluss unterschiedlicher Frässtrategien beim 3D-Fräsen auf die resultierende Oberflächenqualität anhand von im SLM-Verfahren hergestellten Probenkörpern aus RSH-Stahl mit dem Einfluss auf die erreichbaren Oberflächen bei der Bearbeitung handelsüblicher Halbzeuge zu vergleichen.

## 2. Material und Methode

Der für die Versuche verwendete RSH-Stahl X2CrNiMo17-12-2 (1.4404), Tab. 2.1, ist ein rostfreier austenitischer Stahl mit sehr hoher Korrosionsbeständigkeit. Anwendungsgebiete dieses Stahls sind u.a. die Petrochemie, Lebensmittel- und Automobilindustrie, der Maschinenbau und die Medizintechnik.

Tab. 2.1: Chemische Zusammensetzung X2CrNiMo17-12-2 nach DIN 10088<sup>1</sup>

C	Si	Mn	P	S	N	Cr	Ni	Mo
[Gew. %]								
0,03	1,00	2,00	0,045	0,015	0,10	16,50-18,50	10,0–13,00	2,00 - 2,50

Die auf einem 3-D-Metalldrucker<sup>2</sup> generierten und anschließend gefrästen Versuchsteile werden mit aus dem Vollen gefrästen Geometrien, Bild 1 A), gleicher Form und Abmessung aus konventionell hergestelltem Edelstahl verglichen. Zum Einsatz kamen Kugelkopffräser der Firma FRAISA, mit den empfohlenen Fräsparametern, Tab. 2.2.

Tab. 2.2: Vom Hersteller empfohlene Fräsparameter<sup>3</sup>

Kippwinkel [°]	n [min. <sup>-1</sup> ]	v <sub>c</sub> [mm/min.]	v <sub>f</sub> [mm/min.]	a <sub>c</sub> [mm]	a <sub>p</sub> [mm]	d <sub>eff.</sub> [mm]
10	10070	140	1612	0,2	0,2	4,42
25	6755	140	1081	0,2	0,2	6,59
45	5800	140	813	0,2	0,2	8,77
60	4590	140	734	0,2	0,2	9,71

Die Ermittlung der Härte nach Brinell ergab für die Probenkörper aus konventionell hergestelltem Stahl einen Wert von 158HBW<sub>2,5/10</sub> und für die SLM-Probenkörper von 224HBW<sub>2,5/10</sub>. Dabei wurde jede Messung insgesamt fünfmal an unterschiedlichen Stellen auf der gemessenen Oberfläche wiederholt und das arithmetische Mittel gebildet. Die Versuchsteile haben die Größe 10x25x5 mm. Die messtechnische Untersuchung der nach dem Fräsen vorliegenden Topographien erfolgte auf einem 3D Laserscanning-Mikroskop, Bild 1 B).

1 DIN EN 10088-1 Nichtrostende Stähle – Teil 1, Beuth Verlag 2014

2 CONCEPT Laser GmbH, 2017 (<http://www.conceptlaserinc.com/machines/>)

3 FRAISA, Milling tools, 2019 (<https://www.fraisa.com/en/online-tools>)

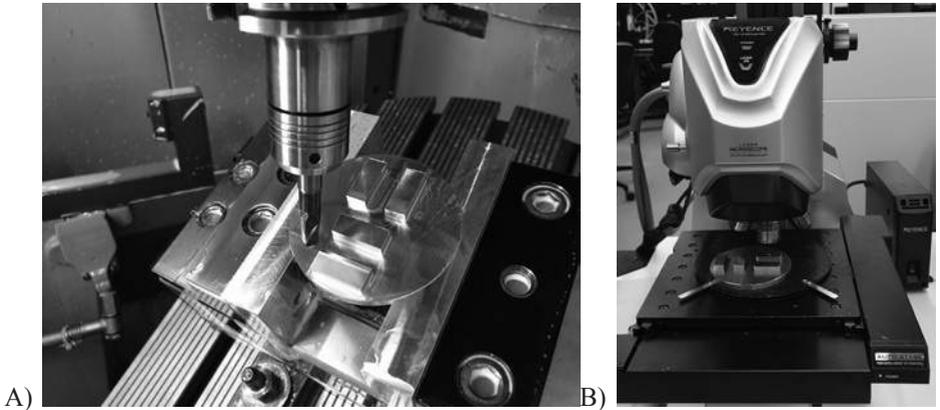


Bild 1: A) Aufgespanntes Versuchsteil<sup>4</sup>, B) 3D Laserscanning-Mikroskop<sup>5</sup>

Die während des Fräsprozesses wirkenden Kräfte sind maßgeblich für die Oberflächenrauheiten verantwortlich. Daher wurden gemäß<sup>6</sup> folgende Frässtrategien gewählt: Ziehschnitt/Längs/Gleichlauf (ZSN/L/GL), Bohrschnitt/Längs-/Gegenlauf (BSN/L/GGL), Zeichnungsschnitt/Quer-/Gegenlauf (ZSN/Q/GGL) und Bohrschnitt/Quer-/Gleichlauf (BSN/Q/GL). Der für die 5-Achsen-Fräsmaschine gewählte Kippwinkel liegt im Bereich von 10°- 60°.

### 3. Versuchsergebnisse

Die Auswertung der Oberflächenrauheiten  $S_z$  in  $\mu\text{m}$  sind Diagramm 1 und 2 gezeigt.

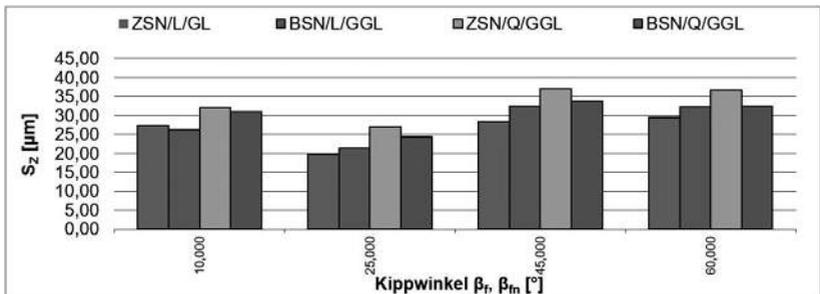


Diagramm 1: RSH-Stahl 1.4404 konventionell hergestellt

4 DMG MORI, DMU50EVO, 2019 (<https://de.dmgmori.com/>)

5 Keyence Deutschland GmbH, 2020 ([https://www.keyence.de/landing/measure-sys/pr\\_vk-x1000.jsp](https://www.keyence.de/landing/measure-sys/pr_vk-x1000.jsp))

6 Toh, C.K.: Cutter path orientations when high speed finish milling inclined hardened steel”, London: Springer Verlag, 2005

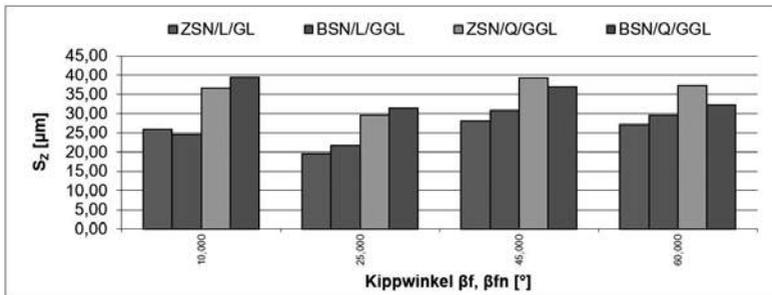


Diagramm 2: RSH-Stahl 1.4404 additiv gefertigt (SLM)

Jede Messung von  $S_z$  wurde insgesamt fünfmal an unterschiedlichen Stellen auf der gemessenen Oberfläche wiederholt und das arithmetische Mittel gebildet. Im Ergebnis sind die Oberflächenrauheiten der additiv gefertigten Bauteile vergleichbar mit konventionell hergestelltem RSH-Stahl X2CrNiMo17-12-2. Bei der Bearbeitung der SLM-Bauteile treten verursacht durch die höhere Härte größere Schnittkräfte auf und sind der Grund für die teils größeren Oberflächenrauheiten.

**Fazit:** Die drei Frässtrategien ZSN/L/GL, BSN/L/GGL, sind hinsichtlich der Zielsetzung, ein fertiges Produkt mit Oberflächenqualitäten eines Industrieteils zu gewährleisten, zu bevorzugen.

#### 4. Literaturverzeichnis

- [1] DIN EN 10088-1 Nichtrostende Stähle – Teil 1, Beuth Verlag 2014
- [2] CONCEPT Laser GmbH, 2017 (<http://www.conceptlaserinc.com/machines/>)
- [3] FRAISA, Milling tools, 2019 (<https://www.fraisa.com/en/online-tools>)
- [4] DMG MORI, DMU50EVO, 2019 (<https://de.dmgmori.com/>)
- [5] Keyence Deutschland GmbH, 2020 ([https://www.keyence.de/landing/measure-sys/pr\\_vk-x1000.jsp](https://www.keyence.de/landing/measure-sys/pr_vk-x1000.jsp))
- [6] Toh, C.K.: Cutter path orientations when high speed finish milling inclined hardened steel”, London: Springer Verlag, 2005

# Untersuchungen zur Prozesseffizienz beim Laserauftragschweißen

Rochholz, C.; Güpner M.; Bliedner J.  
Ernst-Abbe-Hochschule Jena  
E-Mail: christian.rochholz@eah-jena.de

## Kurzfassung

Mittels des pulverbasierten Laserstrahlaufragschweißens ist es möglich komplexe Bauteilgeometrien, Reparaturschweißungen oder Beschichtungen herzustellen. Hierfür werden einzelne Schweißnähte auf- und aneinander gefügt. Auf die einzelne Schweißnaht haben dabei eine Vielzahl an Prozessparametern Einfluss. In diesem Beitrag werden die Schweißergebnisse verschiedener Laserstrahldurchmesser (2,9 mm, 3,9 mm und 4,9 mm) bezüglich ihrer Prozesseffizienz verglichen. Als Basis dienen dafür Prozessparameter für Einzelschweißungen, welche bei konstanter Pulverzufuhr bezüglich ihrer Vorschubgeschwindigkeit optimiert wurden. Anhand dieser wurden die Bearbeitungszeiten für einen Quader mit variabler Breite und Höhe ermittelt, sowie die Schweißungen bezüglich ihres Wirkungs- und Pulvernutzungsgrades verglichen.

## 1. Einleitung

Metallbasierte additive Fertigungsverfahren, im Besonderen das Laserstrahlaufragschweißen, kurz LAS, eignen sich ideal zum Herstellen komplexer Bauteilgeometrien, als Reparaturverfahren oder zur Schichtfunktionalisierung (z.B. Verschleißschutz oder Korrosionsschutz). Der Einsatz moderner Roboter gekoppelt mit Lasersystemen ermöglicht hierbei eine Senkung des Maschineneinsatzes und der Energiekosten [1], da Werkstücke partiell bearbeitet werden können. Ein Anpassen der Laserleistung an Bauteilgeometrie sowie Werkstoff ermöglicht es den Wärmeeintrag in das Werkstück zu minimieren, um thermischen Verzug zu verringern oder hitzeempfindliche Bauteilkomponenten zu schonen.

## 2. Zielstellung

Flächige Beschichtung und Volumenauftrag werden beim Laserstrahlaufragschweißen durch das Aneinanderreihen von Einzelspuren erreicht. Im Rahmen dieser Arbeit soll daher verglichen werden, ob ein geringer Volumenauftrag mit hoher Vorschubgeschwindigkeit oder ein großer Auftrag mit niedriger Bearbeitungsgeschwindigkeit effektiver ist. Dafür werden Schweißungen mit Strahldurchmessern von 2,9 mm, 3,9 mm, und 4,9 mm durchgeführt und bezüglich ihrer Prozesscharakterisierung sowie Prozesseffizienz verglichen.

Die Schweißversuche werden mit einem „Beo D70“ Bearbeitungskopf der Firma Trumpf durchgeführt. Für die nötigen Verfahrswege und Geschwindigkeiten ist dieser an einem „KR70“ Sechs-Achs-Roboter der Firma KUKA montiert. Als Laserstrahlquelle dient ein „TruDisk 4002“ der Firma Trumpf. Das Pulver wird durch einen Pulverförderer „PF 2/2“ der Firma GTV zugeführt. Zusätzlich können je nach Messverfahren Pyrometer oder eine Infrarotkamera in den Versuchsstand integriert werden. Als Substrat sowie Pulverwerkstoff wird der Warmarbeitsstahl 1.2343 verwendet. Dieser findet aufgrund seines hohem Verschleißwiderstandes u.a. Anwendung als Werkstoff für Warmscherenmesser oder als Formplatten und Einsätze für Druckgieß- und Spritzgießwerkzeuge [2].

Für einen möglichst hohen Volumenauftrag pro Einzelspur sind die Laserleistung mit 4000 W sowie der Pulvermassenstrom mit 33,5 g/min maximiert. Die Optimierung der Einzelspuren der verschiedenen Fokusbereiche erfolgte über die Bearbeitungsgeschwindigkeit.

### 3. Ergebnisse

Aufgrund der höheren Intensitäten der kleineren Fokusbereiche wird das Schmelzbad im Bearbeitungsbereich schneller über Schmelztemperatur erwärmt, wodurch höhere Vorschubgeschwindigkeiten realisierbar sind. Dem gegenüber stehen höhere Nahtbreiten und Auftragshöhen durch größere Schmelzbäder der größeren Fokusbereiche.

Tabelle 1: Optimierte Bearbeitungsparameter der Strahldurchmesser

Strahldurchmesser [mm]	Vorschubgeschwindigkeit [mm/s]	Nahtbreite [mm]	Nahthöhe [mm]
2,9	70	2,97	0,55
3,9	42,1	3,72	0,66
4,9	18	5,34	0,97

Anhand der optimierten Strahlparameter wurde eine Simulation für den 3D-Auftrag eines Quaders durchgeführt. Abbildung 1 zeigt den Strahldurchmesser, welcher für die jeweilige Kombination aus Breite und Höhe die geringste Bearbeitungszeit aufweist. Als Strahlversatz bzw. Höhenstellung wurde mit 70 % der zugehörigen Größe gerechnet.

In 95 % der Fälle ist die Bearbeitungsgeschwindigkeit für den 2,9 mm Strahldurchmesser am geringsten. Es existieren jedoch Kombinationen aus Breite und Höhe des Quaders in welchen, durch die geringeren Nahtbreiten und Aufträgen, die erhöhte Bearbeitungsgeschwindigkeit dies nicht ausgleichen kann.

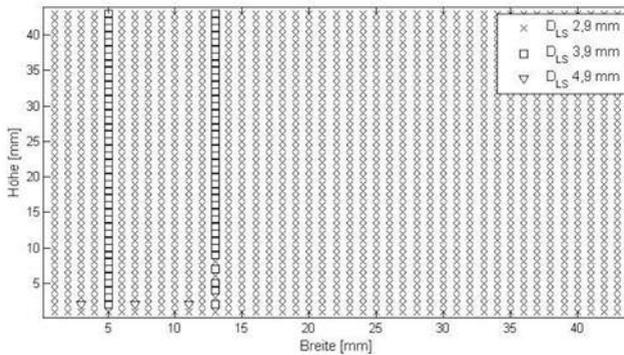


Abbildung 1: Darstellung des Laserstrahldurchmessers mit der Bearbeitungszeit eines Quaders variabler Breite und Höhe

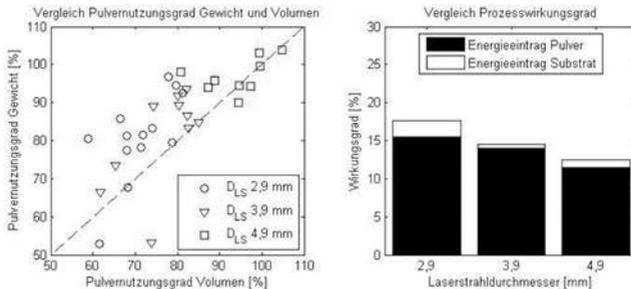


Abbildung 2: Darstellung des Laserstrahldurchmessers Pulvernutzungsgrades (links) sowie des Prozesswirkungsgrades (rechts).

Für den Wirkungsgrad des Laserauftragschweißens wird die Schmelzleistung zur ins Verhältnis gestellt.

Der Pulvernutzungsgrad (Abbildung 2 links) steigt mit zunehmenden Strahldurchmesser. Für den 2,9 mm Strahldurchmesser beträgt er 76,5 % und wird für den 4,9 mm Durchmesser auf 96,2 % gesteigert. Grund hierfür ist das größere Schmelzbad aufgrund des größeren Strahldurchmessers. Dieses kann mehr Material in Form von Pulver aufnehmen, wodurch im Vergleich mehr Material für die Schweißung zur Verfügung steht.

#### 4. Ausblick

Für eine weitere Steigerung der Bearbeitungsgeschwindigkeit sollte die Ausgangsleistung der Laserstrahlquelle gesteigert werden. Es muss zusätzlich darauf geachtet

werden, dass die Pulverförderrate mit erhöht wird, da sonst nicht genügend Pulver zu Verfügung gestellt wird um nennenswerte Auftragsvolumina zu erreichen.

### **Literaturverzeichnis**

- [1] S. Huang, L. Zhang, D. Li, W. Zhang und W. Zhu, „Comparison of the microstructure and mechanical properties of FeCrNiBSi,“ *Surface & Coatings Technology*, 5 11 2019.
- [2] Stauberstahl, „Werkstoffdatenblatt 1.2343,“ 20 1 2020. [Online]. Available: <https://www.stauberstahl.com/werkstoffe/12343-werkstoff-datenblatt/>.
- [3] A. Ott, „Oberflächenmodifikation von Aluminiumlegierungen mit Laserstrahlung: Prozessverständnis und Schichtcharakterisierung (Surface modification of aluminium alloys with laser radiation: processes understanding and layer characterisation),“ Herbert Utz Verlag, München, 2010.

# Partizipative Vorgehensmodelle für die Produktentwicklung in der Bekleidungswirtschaft am Beispiel digitalisierter Fahrradbekleidung

Tihon, L.

Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin

E-Mail: tihon@htw-berlin.de

## Kurzfassung

Ziel der Dissertation ist eine prozessorientierte, partizipative Produktentwicklungsmethodik, die agil, interaktiv und modular auf Veränderungen auf dem Markt für Bekleidung reagiert. Das Modell wird unter Einbeziehung von Innovationschancen und -grenzen von Smart Garments in der globalen Supply Chain erprobt und mit Fokusgruppen evaluiert.

## 1. Einleitung

Die Digitalisierung wird alle Bereiche der Gesellschaft durchdringen [1] und die Art und Weise verändern, wie wir Konnektivität unserer Kleidung im Internet der Dinge verstehen. Intelligente Bekleidung bietet großes Expansionspotenzial für die deutsche Bekleidungsindustrie [2]. Gleichzeitig beeinflussen die Megatrends Nachhaltigkeit und Individualismus die Art und Weise, wie Menschen konsumieren [3]. Mit intelligenter Bekleidung kommen neue Material- und Informationsflüsse auf die globale Lieferkette der Bekleidungsindustrie zu, die im Hinblick auf Nachhaltigkeit und Individualismus hinterfragt werden müssen, um markttaugliche und zukunftssträchtige Produkte hervorzubringen.

## 2. Vorhabensbeschreibung

Das Forschungsvorhaben wird in sechs Schritten beschrieben: **(1)** Ausgehend vom theoretischen Definitionsrahmen, wird der aktuelle Forschungsstand zur Produktentwicklung in der Bekleidungswirtschaft erfasst und **(2)** mit Hilfe einer Fallstudie in den Produktionsländern Vietnam und Indonesien auf industrielle Umsetzung geprüft. Die erfassten Einflussfaktoren für den Markt für Bekleidung bedingen eine Veränderung der bisherigen, geschlossenen Prozess- und Produktentwicklung. **(3)** Mit Smart Garments wird innovative Bekleidung erodiert, die innerhalb neuer Produktentwicklungsmethodik umgesetzt werden soll. Dazu werden in qualitativen Leitfadeninterviews Experten\_innen aus der Forschung nach den Chancen und Risiken von Smart Garments befragt. **(4)** Aufbauend auf den Ergebnissen wird eine neue Produktentwicklungsmethodik für konventionelle Bekleidung und Smart Garments erstellt. **(5)** Das Modell wird

in einer Produktionsstätte in Vietnam an Hand einer smarten Fahrradjacke erprobt und mit einer Fokusgruppe aus Sicht der Nutzer\_innen evaluiert. (6) Die Evaluation führt in einem iterativen Prozess zur Optimierung des Modells.

### 3. Prozessablauf der Produktentwicklung im Agenturgeschäft

Abb. 1 fasst die Ergebnisse der empirischen Erhebung zum Prozessablauf der Produktentwicklung innerhalb des Agenturgeschäftes zusammen. Es wird deutlich, dass die unterschiedlichen Arbeitsschritte der Akteure u.a. parallel verlaufen, obwohl die Herstellung des Produktes selber linear angelegt ist. Der Nutzer\_in erscheint in diesem Ablauf als passive\_r Käufer\_in und hat bislang wenig Einfluss auf die Produktentwicklung selbst.

### 4. Ergebnisse

Die Haupthindernisse für die industrielle Produktion von Smart Garments sind Kommunikation zwischen Elektronik- und Bekleidungsindustrie, waschbare Batterien, Kontakt zwischen Batterie und Leiterbahn, Preis und nützliche Anwendung. Der Problemlösungszyklus wird daher eine modulare Produktentwicklung beinhalten. Das Kleidungsstück selbst wird nur die leitfähige Infrastruktur bilden. Der Endkonsument\_in kann die einzelnen Module selbstständig ergänzen. Das Ergebnis ist ein individualisiertes Produkt, das vom Nutzer\_in wieder auseinandergenommen werden kann. Auf der Ebene des Managements müssen Elektronik- und Bekleidungsunternehmen kooperieren. Die Produktionsstätten können bisherige Produktionsstrukturen und Maschinen übernehmen, indem sie die Vorrichtungen auf die neuen Bauteile anpassen.

### 5. Ausblick

Der Stand der Dissertation befindet sich momentan am Punkt 5 der Vorhabensbeschreibung. Die Evaluation des Prozesses durch den Endkonsumenten\_in ist unbedingt notwendig. Überproduktion muss vor allem bei ressourcenstarkem Einsatz von digitalisierter Bekleidung verhindert werden. Partizipation kann dafür eine Antwort liefern.

### 6. Literaturverzeichnis

- [1] Vgl. Hofmann, Josephine (Hg.): „Arbeit 4.0 - Digitalisierung, IT und Arbeit. IT als Treiber der digitalen Transformation.“ Wiesbaden, Springer Vieweg (2018), S.5.
- [2] Vgl. Kern, Jana; Vogt, Alex: “Future. Fashion. Economics.”, Deutscher Fachverlag, Frankfurt am Main (2016), S.49,50 und Gesamtverband Textil und Mode: „Wearables: Revolution der Modebranche. Bis 2021 sollen weltweit etwa 237,5 Millionen Wearables produziert werden.“, Berlin (11.08.2017), S.1.

- [3] Vgl. Kleinhüchelkotten, Silke; Neitzke, Peter; Schmidt, Nora: „Slow Fashion: Gestalterische, technische und ökonomische Innovationen für massenmarktaugliche nachhaltige Angebote im Bedarfsfeld Bekleidung.“, Hg. v. Forschungsverband InNaBe, Hannover (2018), S.96.

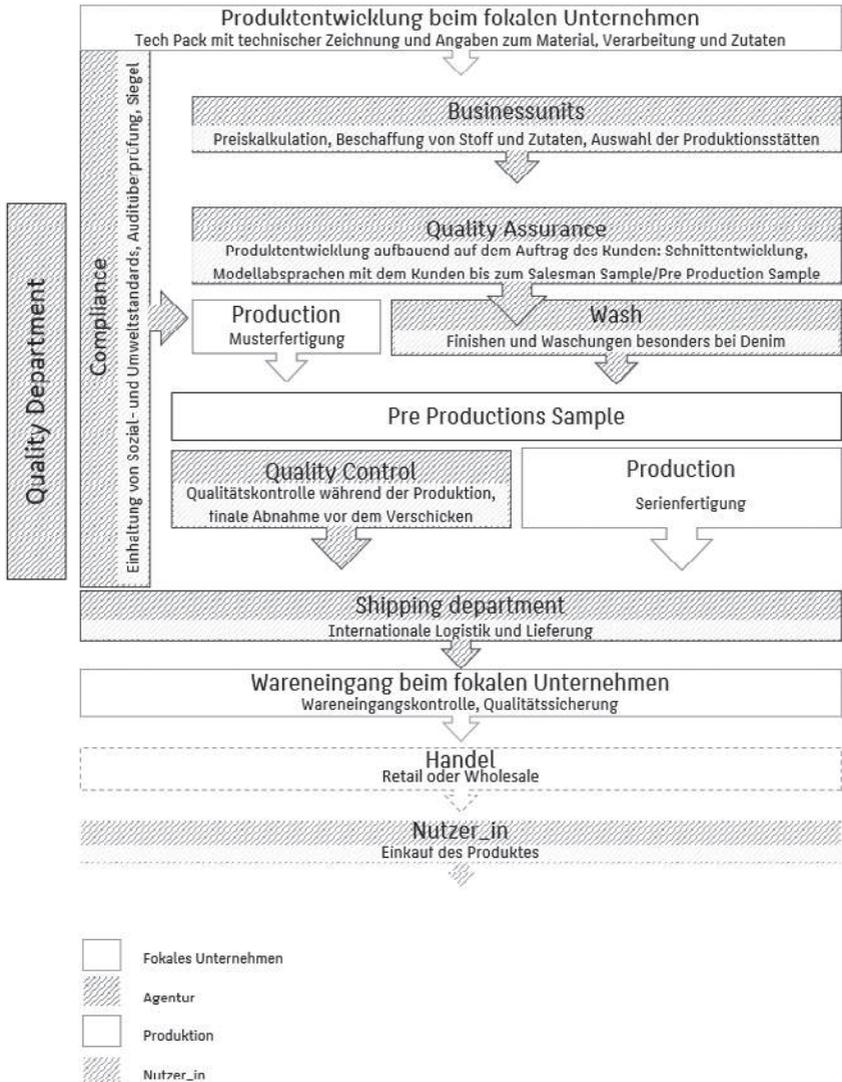


Abbildung 1: Prozessablauf der Produktentwicklung und Beschaffung, eigene Darstellung nach empirischer Erhebung

# Fertigung und Erprobung mikrostrukturierter Drehwerkzeuge

Uschmann, C.<sup>1</sup>; Patz, M.<sup>1</sup>; Meier, P.<sup>2</sup>; Wächter, S.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Ernst-Abbe-Hochschule Jena

<sup>2</sup> Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb, TU Berlin

<sup>3</sup> Günter-Köhler-Institut für Fügetechnik und Werkstoffprüfung GmbH, Jena

E-Mail: christian.uschmann@eah-jena.de

## Kurzfassung

Im Rahmen eines Forschungsvorhabens mit Partnern aus Industrie und Forschung wurde das Potenzial mikrostrukturierter Wendeschneidplatten mit interner Kühlschmierstoff (KSS)-Zuführung für das Fertigungsverfahren Drehen evaluiert. Dieser Beitrag beschäftigt sich mit der Fertigung der Mikrostrukturen und Bohrungen sowie der Erprobung des neuartigen Werkzeugsystems bei der Bearbeitung verschiedener Nichteisen (NE)-Metalle.

## 1. Einleitung

Aktuelle Ansätze für eine ressourcenschonende und wirtschaftliche Fertigung verwenden hochspezialisierte Werkzeuge für die Bearbeitung ausgewählter Werkstoffe mit einem stark eingegrenzten Prozessfenster. Im Gegensatz dazu wurde im Forschungsvorhaben ein neuartiges Werkzeugsystem entwickelt, gefertigt und erprobt, welches für verschiedene Werkstoffgruppen gleichermaßen eingesetzt werden kann. Das Werkzeugsystem ist durch grabenförmige Mikrostrukturen auf der Spanfläche sowie darin austretende Bohrungen charakterisiert. Durch diese Bohrungen wird der KSS unter Hochdruck direkt in die Wirkzone zwischen Span und Werkzeug appliziert. Zur geometrischen Auslegung kamen Methoden der numerischen Simulation zum Einsatz [1].

## 2. Werkzeugfertigung

Nach der schleiftechnischen Fertigung der Wendeschneidplatten erfolgte deren Mikrostrukturierung und das Einbringen der Bohrungen (siehe Abbildung 1) unter Zuhilfenahme eines Ultrakurzpuls (UKP)-Lasers der Wellenlänge  $\lambda = 532$  nm. Infolge der geringen Pulseinwirkzeiten kann eine ausgeprägte Wärmeübertragung in die Wendeschneidplatte ausgeschlossen werden. Die dreieckige Querschnittsgeometrie der Mikrostruktur auf der Spanfläche entsteht durch den schichtweisen Abtrag schmäler werdender Eingriffsbereiche. Dazu kam eine Scannereinheit zum Einsatz, die den Laserstrahl

flächlich ablenkt. Im Ergebnis der Arbeiten wurden die Mikrostrukturen mit weniger als 4 % Abweichung zur vorgegebenen Geometrie realisiert.

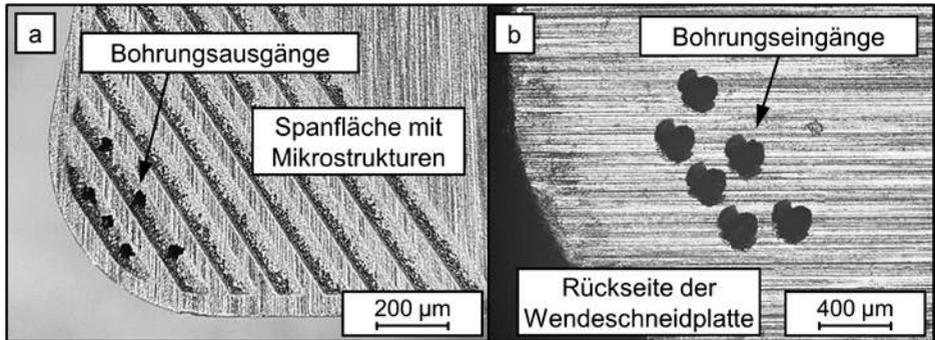


Abbildung 1: Wendeschneidplatte mit Mikrostrukturen und Bohrungen

Im nächsten Schritt wurden die Bohrungen mittels einer Trepanieroptik im Wendelbohrverfahren von der Rückseite der Wendeschneidplatten aus eingebracht. Während des Bohrvorganges versetzt eine rotierende Optik den Laserstrahl in eine kreisförmige Taumelbewegung. Auf diese Weise lassen sich Durchmesser  $d < 100 \mu\text{m}$  und Aspektverhältnisse (Tiefe/Durchmesser) von bis zu 50:1 erzeugen. Durch die Verwendung einer Haltevorrichtung zur beidseitigen Bearbeitung der Wendeschneidplatten konnten Positioniergenauigkeiten der Bohrungen relativ zur Mikrostruktur von  $\pm 5 \mu\text{m}$  erreicht werden. Der Austrittsdurchmesser auf der Spanfläche der Wendeschneidplatten betrug lediglich  $d_{\text{aus}} = 60 \mu\text{m}$ .

### 3. Erprobung des Werkzeugsystems

Die Zielstellung für die Erprobung des Werkzeugsystems bestand in einer verbesserten Bauteilqualität. Hierfür wurden vier verschiedene NE-Metalle mit den in Abbildung 2 dargestellten Schnitt- und Eingriffsgrößen bearbeitet. Für die Versuche wurde das neuartige Werkzeugsystem konventionellen Wendeschneidplatten mit Überflutungskühlschmierung gegenübergestellt. Nach einem definierten Vorschubweg von  $l_f = 100 \text{ mm}$  wurde der arithmetische Mittenrauwert  $R_a$  axial auf dem Werkstückumfang gemessen. Es zeigte sich, dass bei bestimmten Materialien eine Reduzierung von  $R_a$  um 43 % möglich ist [2]. Ferner konnte festgestellt werden, dass die Messinglegierung CuZn31Si1 ein verbessertes Spanbruchverhalten aufweist. Darüber hinaus reduzierte sich die Neigung zur Aufbauschneidenbildung. Der zuvor simulativ festgestellte Effekt der Hohlraumbildung [3] in den Mikrostrukturen während des Spanüberlaufes konnte mit Hilfe von Mikroskopaufnahmen bestätigt werden.

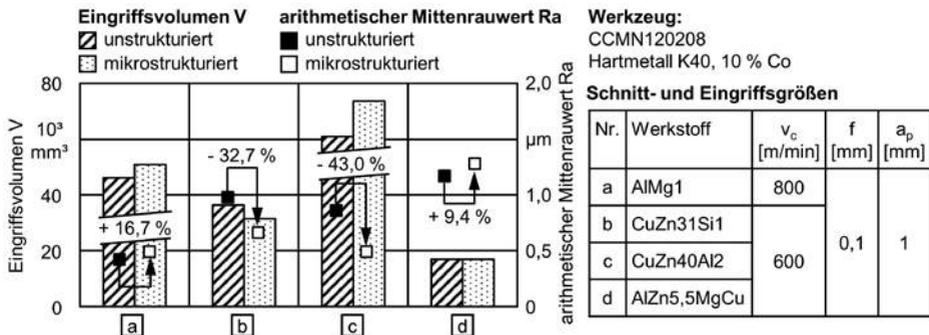


Abbildung 2: Rauheitswert Ra auf den Oberflächen der eingesetzten NE-Metalle nach definiertem Eingriffsvolumen V sowie verwendete Schnitt- und Eingriffsgrößen

#### 4. Diskussion der Ergebnisse

Es ist festzustellen, dass durch das UKP-Verfahren ein definierter und reproduzierbarer Abtrag des Schneidstoffes möglich ist. Neben den geringen geometrischen Abweichungen der geforderten grabenförmigen Mikrostrukturen konnte eine exakte Positionierung der Bohrungsausritte in der Mikrostruktur realisiert werden. Die Ergebnisse der Erprobung zeigen eine verbesserte Bauteiloberfläche und eine verminderte Neigung zur Aufbauschneidenbildung.

Um das Werkzeugsystem in ein marktfähiges Produkt zu überführen, muss der zeitliche Aufwand zur Fertigung der Wendeschneidplatten reduziert werden. Darüber hinaus sind die Zerspanversuche auf andere Werkstoffgruppen auszuweiten.

#### 5. Literaturverzeichnis

- [1] Uschmann, C.; Patz, M.: Innovative Drehwerkzeuge mit Spanflächenkühlung und -schmierung, Teil 1/2: Simulationsgestützte Auslegung der Werkzeuggeometrie. FORUM 32 (2019) 4, S. 92 - 96.
- [2] Uschmann, C.; Meier, P.; Patz, M.; Wächter, S.: Innovative Drehwerkzeuge mit Spanflächenkühlung und -schmierung, Teil 2/2: Werkzeugfertigung und Erprobung im industriellen Umfeld. In: FORUM 33 (2020) 1, S. 118 - 122.
- [3] Uschmann, C.; Patz, M.; Meier, P.; Uhlmann, E.: Simulationsgestützte Auslegung mikrostrukturierter Drehwerkzeuge für die Hochleistungszerspanung. In: Sackmann, D.; Rix, J.; Witkowski, I. (Hrsg.): BOOK OF ABSTRACTS, 20. Nachwuchswissenschaftlerkonferenz, Hochschule Merseburg, 18./19. 06. 2019.

# **Life Sciences**

## **Entwicklung eines genetischen Biomonitoring-Protokolls basierend auf von Bestäubern gesammelten Pollen**

Prudnikow, L.; Leidenfrost, R.; Wünschiers, R.

Fachgruppe Biotechnologie und Chemie, Hochschule Mittweida University of Applied Sciences

E-Mail: lprudnik@hs-mittweida.de

### **Kurzfassung**

Standardisierte Methoden für Biomonitoring-Anwendungen werden mit den wachsenden Herausforderungen des Anthropozäns immer wichtiger. Die Auswirkungen intensiver Landwirtschaft und Urbanisierung treffen vor allem Bestäuber. Mit der Analyse gesammelten Pollens soll dem entgegengewirkt werden. Dafür wird in dieser Arbeit Pollen-DNA mit Hilfe der Nanoporesequenzierung entschlüsselt und deren Information anschließend verwendet, um das Sammelverhalten der Bestäuber sowie die Diversität des um den Standort vorhandenen Pflanzenangebots zu beurteilen. Dies wird in unterschiedlichen Landschaftsszenarien durchgeführt. Mit den Ergebnissen dieser Arbeit soll ein Protokoll erstellt werden, welches in Biomonitoring-Projekten eingesetzt werden kann.

### **1. Einleitung**

Die Analyse von Bestäuber-Pflanzen-Netzwerken ist von hohem Interesse für die Wissenschaft. Dies gilt nicht nur für den Agrarraum, sondern auch für urbane Ökosysteme [1]. Jedoch sind Bestäuber, deren Dienst unabdingbar ist, durch landwirtschaftliche Stressoren sowie der zunehmenden Urbanisierung gefährdet [2]. In Stadtgebieten, vor allem in Parks und privaten Kleingärten, steht ein intensives florales Angebot für Bestäuber zur Verfügung. Die Fähigkeit urbaner Ökosysteme sowie in Städten lebende Bestäuber, eine ausreichende Bestäubungsleistung zu erbringen, ist noch nicht ausreichend erforscht [3]. Mit Hilfe geeigneter Biomonitoring-Methoden soll Verständnis über das Sammelverhalten der Tiere in verschiedenen Landschaftsszenarien erreicht werden. Die Zuordnung gesammelter Pollen zu Herkunftspflanzen erweitert solche Untersuchungen. Bestehende Methoden umfassen die mikroskopische Pollenanalyse, jedoch etablierte sich durch den technischen Fortschritt der letzten Jahre die Untersuchung des Erbmaterials der Pollenkörner [4]. Die Pollenanalyse erlaubt außerdem die Biodiversität des umliegenden Pflanzenangebots zu beurteilen. Informationen dieser Art erlauben sinnvolle Managementstrategien und Konzepte für den Naturschutz zu erstellen. Ein Protokoll, mit dem dies durchgeführt werden kann, soll mit dieser Arbeit entwickelt werden.

## 2. Methoden

Um die Herkunftspflanzen des gesammelten Pollens standardisiert zu ermitteln, werden Honigbienen (*Apis mellifera*), Hummeln (*Bombus terrestris*) und Mauerbienen (*Osmia bicornis* bzw. *cornuta*) eingesetzt. Angepasst an die Lebenszyklen der Tiere, wird der eingelagerte Pollen an verschiedenen Standorten der Bienenkästen wiederholt geerntet. Die Standorte befinden sich in sowie am Standrand von Chemnitz in Sachsen und weiterhin neben einem Feld in Ottendorf, Sachsen. Die gewonnenen Pollenhöschen werden für die darauffolgende DNA-Extraktion verarbeitet. Da Pollenkörner aus sehr robusten Zellmaterial bestehen, muss eine geeignete Zellaufschlussmethode angewandt werden, die eine ertragreiche DNA-Extraktion ermöglicht. Dies wird mit dem Mikroskop bewertet. Von der Pollen-DNA wird anschließend per Polymerase-Ketten-Reaktion (PCR) die ITS2-Sequenz amplifiziert. Dieser zur Identifikation von Pflanzen verwendete Barcode [5] wird danach mittels Nanoporesequenzierung entschlüsselt. Dafür wird der portable Sequenzierautomat *Flongle* von *Oxford Nanopore Technologies* verwendet. Liegen die Sequenzen vor, werden sie bioinformatisch prozessiert und mit einer modifizierten von der Universität Würzburg bereitgestellten ITS2-Pflanzendatenbanken verglichen [6]. Dies erfolgt mit dem BLAST-Algorithmus. Da sich die Standorte in Parks und privaten Kleingartenanlagen befinden, ist es möglich, dass sich nicht-heimische Pflanzen in den Sequenzdaten wiederfinden. Aus diesem Grund wird die ITS2-Pflanzendatenbank zum einen auf Sächsische Pflanzen und auch auf Deutsche Pflanzen gefiltert, jedoch auch vollständig verwendet. Die entstehenden Daten werden danach auf Unterschiede verglichen. Es erfolgt außerdem eine quantitative Untersuchung der Sequenzdaten und eine Bewertung mit Hilfe von Biodiversitätsindizes.

Da dieses Projekt an Jahreszeiten gebunden ist, wurden erste Parameter für den Zellaufschluss und die DNA-Extraktion mit kommerziellen Lebensmittel-Pollen experimentell ermittelt und beurteilt. Da Pollen so ein außergewöhnliches Material ist, wurden verschiedene Extraktionskits ausprobiert.

## 3. Erste Ergebnisse

Mit Hilfe von 1,4 mm sowie 2,8 mm großen Keramik- und Stahl-Beads konnten erste Ergebnisse beim Zellaufschluss erlangt werden. Dabei zeigte sich, dass je nach Intensität und Zeit der mechanischen Behandlung die Pollenkörner unterschiedlich stark gebrochen werden konnten und der Zellinhalt freigesetzt wurde. Aktuell besteht die Vermutung, dass es für die DNA-Extraktion vorteilhafter ist, wenn die Zellwand des Pollens nicht komplett zerstört, sondern lediglich leicht beschädigt wird, da in diesem Fall höhere DNA-Konzentrationen erreicht wurden. Dies könnte mit freigesetzten DNA-abbauenden Enzymen oder auch mit der Kompatibilität der verwendeten DNA-Extraktions-Kits auf den Zelltyp zusammenhängen.

## 4. Weiterer Verlauf des Projekts

Mit Beginn des Frühlings und dem Lebenszyklus der einzusetzenden Bestäuber werden erste Pollen-Proben von den Standorten eingeholt und die mit den Lebensmittel-Pollen erprobten Parameter für den Zellaufschluss angewandt. Da frisch gesammelte Pollenhöschen wesentlich lockerer gepackt sind, ist es möglich, dass sich hier neue Bedingungen ergeben, die dementsprechend adaptiert werden müssen. Wenn das Protokoll soweit angepasst ist, dass eine ausreichende DNA-Konzentration für die Nanoporesequenzierung erreicht wird, kann dies erfolgen.

## 5. Ausblick

Das entstehende Protokoll für dieses Biomonitoring-Verfahren soll darauf abzielen, auch vor Ort die gesammelten Pollenhöschen der Tiere sequenzieren zu können. Mit dem Nanoporen-basierten Sequenziergerät *Flongle* ist dies möglich [7]. Durch eine entsprechende Ausrüstung, die die Pollenverarbeitung, DNA-Extraktion, PCR und auch die Sequenzierung direkt neben dem Bienenstock ermöglicht, kann somit schnell beurteilt werden, von welchen Pflanzen die Bestäuber gesammelt haben.

## 6. Literaturverzeichnis

- [1] Udy, K.; Reininghaus, H. & Scherber, C. et al.: Plant-pollinator interactions along an urbanization gradient from cities and villages to farmland landscapes. In: *Ecosphere*. 11(2). DOI: 10.1002/ecs2.3020 (2020)
- [2] Chemnitz, C.; Rehmer, C. & Wenz, K.: Insektenatlas 2020 – Daten und Fakten über Nütz- und Schädlinge in der Landwirtschaft. 2. Auflage
- [3] Wenzel, A.; Grass, I. & Bevaldi, V. et al.: How urban pollination is driving pollinator diversity and pollination – a systematic review. In: *Biological Conservation*. 241: 108321. DOI: 10.1016/j.biocon.2019.108321 (2020)
- [4] Bänisch, S.: Managing strawberry pollination with wild bees and honey bees: Facilitation or competition by mass-flowering resources? 136 pages. Göttingen, Georg-August-Universität Göttingen, department of agroecology, Dissertation (2019)
- [5] Yao, H.; Song, J. & Liu, C. et al.: Use of ITS2 Region as the Universal DNA Barcode for Plants and Animals. In: *PLoS one*. 5(10):e13102. DOI:10.1371/journal.pone.0013102 (2010)
- [6] Förster, F.: Eukaryota.all.fasta.bz2. URL: [https://github.com/BioInf-Wuerzburg/ITS2database\\_update\\_2015/blob/master/data/2015/eukaryota.all.fasta.bz2](https://github.com/BioInf-Wuerzburg/ITS2database_update_2015/blob/master/data/2015/eukaryota.all.fasta.bz2). (2015)
- [7] Feng, Y.; Zhang, Y. & Ying, C. et al.: Nanopore-based Fourth-generation DNA Sequencing Technology. In: *Genomics Proteomics Bioinformatics*. 13(1):4-16. doi: 10.1016/j.gpb.2015.01.009 (2015)

# Evaluierung der PAM-Fluorometrie als Online-Messsystem für Mikroalgen-Bioprozesse

Ringleben, L.<sup>1,2</sup>; Reinecke, J. M.<sup>1,3</sup>; Demmel, J.<sup>1,3</sup>; Pfaff, M.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ernst-Abbe-Hochschule Jena, Fachbereich Medizintechnik und Biotechnologie

<sup>2</sup> Friedrich-Schiller-Universität Jena, Fakultät für Biowissenschaften

<sup>3</sup> Technische Universität Ilmenau, Fakultät für Informatik und Automatisierung

E-Mail: Lucas.Ringleben@eah-jena.de

## Kurzfassung

Mikroalgen kommt als nachhaltiger Wertstoffquelle eine maßgebliche Bedeutung in der Bioökonomie zu. Sie können in Photobioreaktorsystemen kontrolliert kultiviert werden. Um Mikroalgen-Bioprozesse effizient zu betreiben, ist das Online-Monitoring von Bioprozess-Parametern von besonderer Bedeutung. Zur Ermittlung von Parametern der Photosyntheseaktivität wurde ein Online-Messsystem auf Basis der Puls-Amplituden-Modulations-(PAM)-Fluorometrie entwickelt. Dazu wurden Messungen von *Rapid Light Curves* (RLCs) evaluiert und verschiedene mathematische Modelle an die Messdaten angepasst. Anhand statistischer Kriterien erfolgte die Auswahl der Modelle, die zum physiologischen Online-Monitoring am Bioprozess geeignet sind.

## 1. Einleitung

Die Photosynthese ist ein photochemischer Prozess, bei der die Absorption von Licht durch Chlorophyll eine Reihe biochemischer Reaktionen auslöst. Dabei werden aus energiearmen Stoffen ( $H_2O$ ,  $CO_2$ ) unter Bildung von  $O_2$  energiereiche Stoffe synthetisiert. Zur Ermittlung der Photosyntheseproduktivität wird für gewöhnlich die  $O_2$ -Bildungsrate oder  $CO_2$ -Assimilationsrate bei unterschiedlichen Lichtintensitäten über relativ lange Zeiträume gemessen. Eine schnellere Methode ist die Messung der Chlorophyllfluoreszenz bei unterschiedlichen Lichtintensitäten (RLCs). Durch die Absorption von Photonen werden die Elektronen im Chlorophyll angeregt. Die Rückkehr in den Grundzustand erfolgt auf drei konkurrierenden Wegen, durch Emission eines roten Fluoreszenzquants, durch Emission von Wärmestrahlung oder durch photochemische Reaktionen. Je mehr der absorbierten Strahlung in chemische Energie umgewandelt wird, desto geringer ist die Fluoreszenzhelligkeit des Chlorophylls [1]. Zur *in-situ*-Messung der Chlorophyllfluoreszenz hat sich die PAM-Fluorometrie etabliert [2], da die durch Umgebungslicht verursachte Fluoreszenz keinen Einfluss auf das Messsignal hat.

## 2. Material und Methoden

Für die hier durchgeführten Experimente wurde der Mikroalgen-Stamm *Nannochloropsis granulata* diskontinuierlich bei 22°C und pH = 7,2 in einem tubularen 5-L-Photobioreaktorsystem (xCubio-PBR, IGV GmbH/bbi-biotech GmbH, DE) kultiviert. Als Kultivierungs- und Verdünnungsmedium diente das modifizierte künstliche Salzwasser-Medium ES1 (*Enriched Seawater*) [3].

Für jedes Experiment wurde eine Probe der Mikroalgen aus dem Photobioreaktor entnommen und für die Analyse mit dem PAM-Fluorometer vorbereitet. Zunächst wurde die optische Dichte bei 750 nm  $OD_{750}$  mittels UV/VIS-Spektrometer (Specord 205, Analytik Jena AG, DE) gemessen. Dafür wurden verschiedene Zellsuspensionen mit einer  $OD_{750}$  im Bereich von ca. 1 bis 21 hergestellt, in ein luftbegastetes Gefäß überführt und über einen pumpenbetriebenen Rücklauf durch eine Messküvette geleitet, sodass eine ständige Durchmischung der Suspension gewährleistet war. Die zeitliche Ansteuerung der Pumpe (Masterflex L/S, Cole-Parmer Instrument Company, US), des PAM-Fluorometers Junior-PAM und dessen Software Win Control 3 (Heinz Walz GmbH, DE) erfolgte so, dass der Pumpenfluss für die Dauer der Messung gestoppt wurde.

In Abb. 1 ist der Versuchsaufbau schematisch dargestellt. Die Ansteuerung sowie alle Schritte der Datenverarbeitung erfolgten mit der Programmiersprache Python; die Anpassung der Modellparameter erfolgte mit der Funktion „LMFIT.minimize()“ und der Methode „least squares“. Die Chlorophyllfluoreszenzdaten wurden mittels dreier PAM-Fluorometer in Form von RLCs aufgenommen, wobei eine Sequenz von dreizehn Lichtpulsen (Bereich: 0-1500  $\mu\text{mol, m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , Dauer: 600 ms) appliziert wurde. Dabei wurde auch getestet, welchen Einfluss das Zeitintervall ( $\Delta t$ ) zwischen den Lichtpulsen (5 s und 10 s) auf die Messwerte hat. Insgesamt wurden pro Probe und Gerät sechs Messungen durchgeführt, wobei ein Messzyklus zwischen 65 s ( $\Delta t = 5$  s) und 130 s ( $\Delta t = 10$  s) dauerte. Auf jeden Messzyklus folgte ein Pumpzyklus (20 s).

Zur Aufnahme von RLCs wird eine Probe Lichtpulsen steigender photosynthetischer Photonenflussdichte *PPFD* ausgesetzt. Dabei wird kontinuierlich das Fluoreszenzsignal gemessen. Aus der Fluoreszenz  $F'$  kurz vor und der maximalen Fluoreszenz  $F'_m$  kurz nach dem Lichtpuls ergibt sich die Quantenausbeute des Photosystems II  $Y(II)$  [4], Gl. (1).

$$Y(II) = \frac{F'_m - F'}{F'_m} \quad (1)$$

Die relative Elektronentransportrate *rETR* hängt direkt mit der Photosyntheseaktivität zusammen [4]. Für die Berechnung der *rETR* existieren verschiedene Gleichungen [4-7], deren Grundlage das Produkt aus  $Y(II)$  und der *PPFD* ist Gl. (2).

$$rETR = PPFD \cdot Y(II) \quad (2)$$

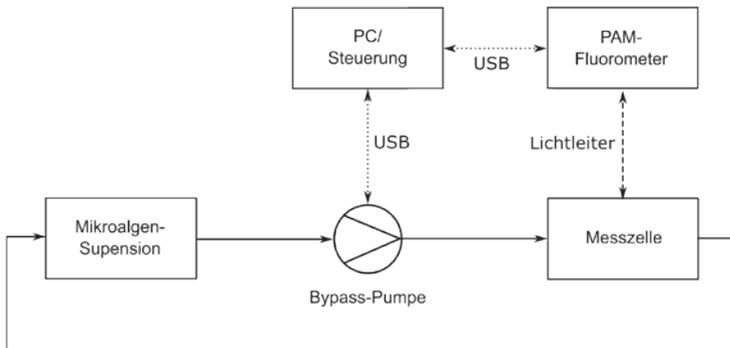


Abbildung 1: Schema des Versuchsaufbaus zur automatisierten Messung der Chlorophyllfluoreszenz.

Tab. 1 zeigt eine Auswahl von verschiedenen Autoren untersuchter mathematischer Modelle, die für die Beschreibung von RLCs modifiziert wurden. Damit können wesentliche Parameter bestimmt werden:

- Initialer Anstieg  $\alpha$  (Quanteneffizienz der Photosynthese)
- Maximale Elektronentransportrate  $ETR_{max}$
- Minimale Sättigungsstrahlung  $E_K$
- Verschiedene Lichtinhibitionsparameter wie  $\beta, I_b, K_i$

In den meisten Publikationen erfolgt die Auswertung von RLCs anhand der  $rETR$ . Alternativ ist die Auswertung anhand der  $Y(II)$  möglich, indem die Modelle mittels Gl. (2) umgerechnet werden [8]. Hier wurden beide Auswertungsmethoden für die aufgelisteten Modelle angewandt.

Tabelle 1: Modelle zur mathematischen Beschreibung von *Rapid Light Curves*.

Modell-Nr.	Autoren	Modell- und Parameter-Gleichungen
1	Platt et al. 1980 [9]	$rETR = ETR_{pot} \cdot \left( 1 - e^{-\frac{\alpha \cdot PPFD}{ETR_{pot}}} \right) \cdot e^{-\frac{\beta \cdot PPFD}{ETR_{pot}}}$ $E_K = \frac{ETR_{max}}{\alpha}; ETR_{max} = ETR_{pot} \cdot \left( \frac{\alpha}{\alpha + \beta} \right) \cdot \left( \frac{\beta}{\alpha + \beta} \right)^\alpha; I_b = \frac{ETR_{pot}}{\beta}$
2	Webb et al. 1974 [10]	$rETR = ETR_{max} \cdot \left( 1 - e^{-\frac{\alpha \cdot PPFD}{ETR_{max}}} \right)$ $E_K = \frac{ETR_{max}}{\alpha}$

Tabelle 1 (Fortsetzung): Modelle zur mathematischen Beschreibung von *Rapid Light Curves*.

Modell-Nr.	Autoren	Modell- und Parameter-Gleichungen
3	Jassby & Platt 1976 [11]	$rETR = ETR_{max} \cdot \tanh\left(\frac{\alpha \cdot PPFD}{ETR_{max}}\right)$ $E_K = \frac{ETR_{max}}{\alpha}$
4	Ritchie (2008) [12]	$rETR = ETR_{max} \cdot \frac{PPFD}{PPFD_{opt}} \cdot e^{1 - \frac{PPFD}{PPFD_{opt}}}$ $\alpha = \frac{ETR_{max} \cdot e}{PPFD_{opt}}; E_K = \frac{ETR_{max} \cdot e}{\alpha}$
5	Eilers & Peeters 1988 [13]	$rETR = \frac{PPFD}{\frac{1}{\alpha \cdot E_{opt}^2} \cdot PPFD^2 + \left(\frac{1}{ETR_m} - \frac{2}{\alpha \cdot E_{opt}}\right) \cdot PPFD + \frac{1}{\alpha}}$ $E_K = \frac{ETR_{max}}{\alpha}$
6	Haldane 1930 [14]	$rETR = \frac{ETR_{pot} \cdot PPFD}{K_S + PPFD + \frac{PPFD^2}{K_I}}$ $E_K = K_S; ETR_{max} = \frac{ETR_{pot}}{1 + 2 \cdot \sqrt{\frac{K_S}{K_I}}}; E_{opt} = \sqrt{K_S \cdot K_I}$
7	Lin 2015 [15]	$rETR = \alpha \cdot \frac{\left(1 - \frac{PPFD}{\beta}\right) \cdot PPFD}{1 + \frac{\alpha}{ETR_m} \cdot PPFD}$ $E_K = \frac{ETR_{max}}{\alpha}; PPFD_{opt} = \sqrt{\frac{ETR_{pot} \cdot (\alpha \cdot \beta + ETR_{pot}) - ETR_{pot}}{\alpha}}; ETR_{max} = \alpha \cdot \frac{\left(1 - \frac{E_{opt}}{\beta}\right) \cdot PPFD_{opt}}{1 + \frac{\alpha}{ETR_m} \cdot PPFD_{opt}}$

### 3. Ergebnisse und Diskussion

Für zehn Proben unterschiedlicher  $OD_{750}$  (1-21) wurden mit drei PAM-Fluorometern und je zwei unterschiedlichen Geräteeinstellungen ( $\Delta t = 5$  s und  $\Delta t = 10$  s) RLCs in Sechsfachbestimmung aufgenommen. Die Modellierung und Auswertung der RLCs wurde an den  $Y(II)$ - und  $rETR$ -Messdaten vorgenommen.

Abb. 2 vergleicht die Messungen mit 5-s- und 10-s-Intervallen. Die RLCs zeigen exemplarisch für zwei Proben die  $Y(II)$ - und  $rETR$ -Messwerte über der  $PPFD$ . Insbesondere in der  $rETR$ -Darstellung zeigt sich mit steigender  $PPFD$  die zunehmend stärkere Streuung der Messwerte. Die  $Y(II)$ -Darstellung zeigt im  $PPFD$ -Bereich 45-125  $\mu\text{mol}_l \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  ein Plateau im Messwertverlauf; die potenziell messtechnischen bzw. biologischen Gründe wurden bislang nicht weiter untersucht. Die Heatmaps zeigen, dass die relative Standardabweichung der  $Y(II)$ -Messwerte mit sinkender  $OD_{750}$  und steigender  $PPFD$

tendenziell zunimmt. Dies gilt analog für die *rETR*-Messwerte (hier nicht dargestellt). Außerdem zeigte sich, dass 5s-Intervalle zwischen den Pulsen zu einer höheren Streuung führen als 10-s-Intervalle.

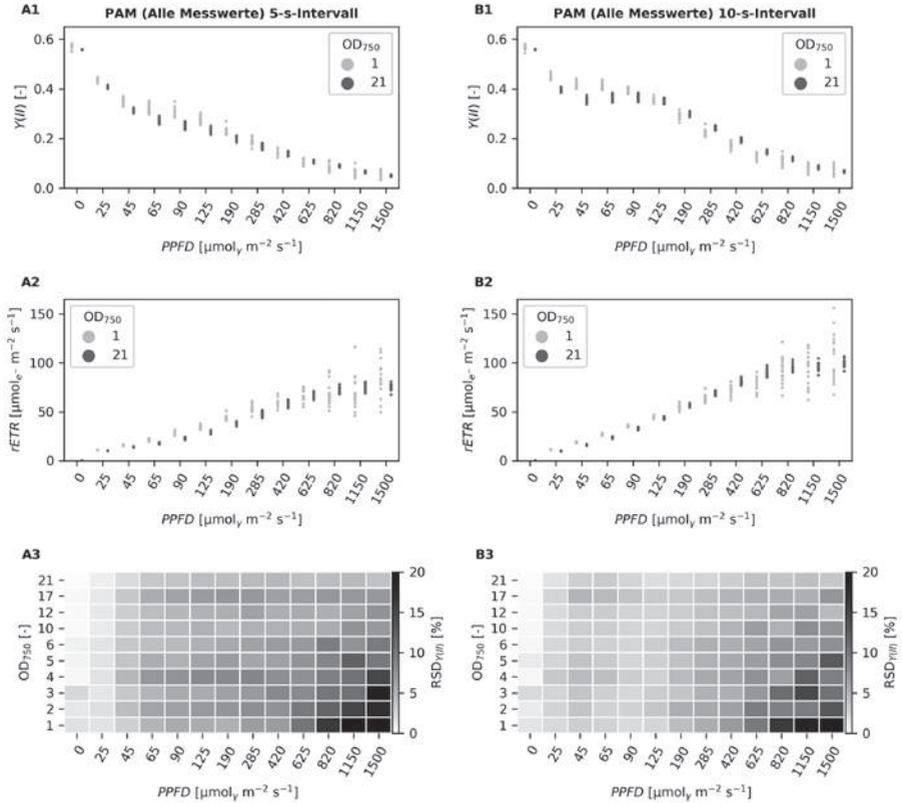


Abbildung 2: Vergleichende Darstellung der Messungen mit  $\Delta t = 5\text{ s}$  (A) und  $\Delta t = 10\text{ s}$  (B) von *Rapid Light Curves* der  $Y(II)$ -Daten (1) und  $rETR$ -Daten (2) sowie der Heatmaps (3) mit den relativen Standardabweichungen aller  $Y(II)$ -Messwerte ( $RSD_{Y(II)}$ ; Werte  $> 20\%$  auf  $20\%$  gesetzt).

Zur Beurteilung der Güte der Modellanpassung wurde der Standardfehler der Schätzung SEE herangezogen. Der SEE entspricht dem durchschnittlichen Abstand der Messwerte von den Modellwerten.

In Abb. 3 wurde zur Vergleichbarkeit der unterschiedlich skalierten  $Y(II)$ - und  $rETR$ -Messwerte jeweils der SEE zum mittleren Abweichungsquadrat ins Verhältnis gesetzt und damit als korrigiertes Bestimmtheitsmaß  $R^2$  dargestellt. Die Ergebnisse der Anpas-

sungen an die  $Y(II)$ -Messwerte zeigten bei den Messungen mit 5-s-Intervallen einen größeren Fehler als bei denen mit 10-s-Intervallen, während dies bei den Anpassungen an die  $rETR$ -Messwerte nicht erkennbar ist. Bei Betrachtung der SEE über den  $OD_{750}$ -Werten zeigen sich für die  $Y(II)$ -Anpassungen nur geringe Unterschiede. Vereinzelt wurden größere SEE für die  $OD_{750}$ -Werte 1 und 4 berechnet. Für die  $rETR$ -Anpassungen dagegen ist eine Tendenz zu kleineren SEE bei höheren  $OD_{750}$ -Werten erkennbar. Auffällig sind die relativ hohen SEE für die Probe mit  $OD_{750} = 1$ . Bei den  $Y(II)$ -Anpassungen wiesen die Modelle 2 (nur für  $\Delta t = 5$  s), 4, 5 und bei den  $rETR$ -Anpassungen die Modelle 2 und 5 eine vergleichsweise hohe SEE auf. Insgesamt betrachtet sind vor allem die Modelle 4 und 5 zur Beschreibung der Messdaten weniger gut geeignet.

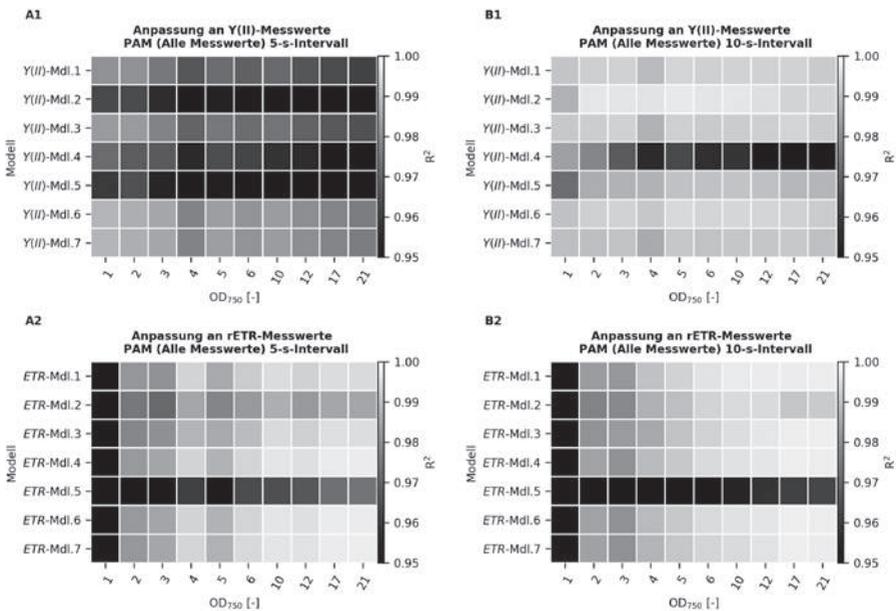


Abbildung 3: Korrigierte Bestimmtheitsmaße der angepassten Modelle ( $R^2$ ; Werte  $< 0,95$  auf  $0,95$  gesetzt). Heatmap-Darstellungen der Werte der Messungen mit  $\Delta t = 5$  s (A) und  $\Delta t = 10$  s (B) für die  $Y(II)$ -Messwerte (1) und die  $rETR$ -Messwerte (2).

Zusätzlich zu den SEE wurden die relativen Standardfehler der Modellparameter  $RSE(\hat{\beta}_j)$  zur Beurteilung der Modellgüte herangezogen.  $RSE(\hat{\beta}_j)$  quantifiziert die Sicherheit der Parameterschätzung.

Abb. 4 zeigt die  $RSE(\hat{\beta}_j)$  der geschätzten Parameter der einzelnen Modelle. Die Heatmaps zeigen, dass die  $RSE(\hat{\beta}_j)$  nicht davon abhängen, ob die Anpassungen an  $Y(II)$ -

oder *rETR*-Messwerte erfolgen. Hinsichtlich der beiden Geräteeinstellungen ergeben sich tendenziell höhere RSE ( $\hat{\beta}_j$ ) für das kleinere Zeitintervall  $\Delta t = 5$  s; dies ist mit der stärkeren Streuung der Messwerte erklärbar. Somit ist die Einstellung  $\Delta t = 10$  s vorzuziehen.

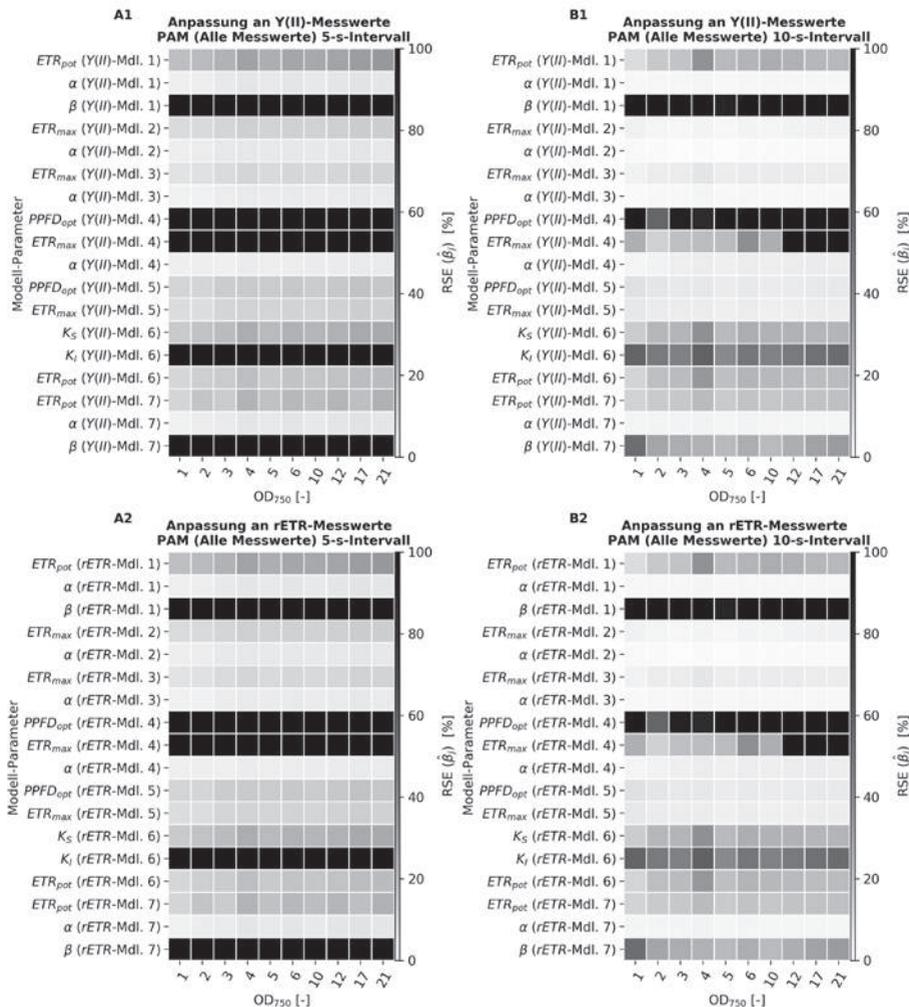


Abbildung 4: Relative Standardfehler der Parameter der angepassten Modelle ( $\hat{\beta}_j$ ); Werte > 100% auf 100% gesetzt). Heatmap-Darstellungen der Messungen mit  $\Delta t = 5$  s (A) und  $\Delta t = 10$  s (B) für die Anpassungen an die *Y(II)*-Messwerte (1) und die *rETR*-Messwerte (2).

Zusammenfassend betrachtet haben alle Modelle (außer 4 und 5) einen relativ geringen SEE. Unter Einbezug des RSE ( $\hat{\beta}_j$ ) ergibt sich, dass alle Modelle mit Lichtinhibitionsparametern (1, 4, 5, 6, 7) aufgrund des hohen RSE ( $\hat{\beta}_j$ ) für die Beschreibung der hier experimentell erhobenen Daten ungeeignet sind. Dafür sind die beiden strukturell ähnlichen Modelle 2 und 3 mit ausschließlicher Beschreibung der Lichtlimitation zu favorisieren.

Diese Ergebnisse bestätigen frühere Untersuchungen [16], die keine Lichtinhibition des Wachstums von *Nannochloropsis* spp. bei PPFD < 2000  $\mu\text{mol}, \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$  zeigten.

Die Parameter  $\alpha$  und  $ETR_{\text{max}}$  sowie die aus ihnen ableitbare minimale Sättigungsstrahlung  $E_K$  sind die wichtigsten Kenngrößen, die die Beurteilung der Photosyntheseaktivität in Mikroalgen-Bioprozessen ermöglichen. Stressbedingte Veränderungen im Photosynthesystem sind so als Veränderung der RLC-Modellparameter erkennbar. Daran könnten ungünstige Prozessbedingungen, die zu Inhibition oder Limitation führen würden, frühzeitig erkannt und behandelt werden. Somit ist das hier vorgestellte System für das physiologische Online-Monitoring von Mikroalgen-Bioprozessen grundsätzlich gut geeignet, bedarf aber noch weiterer technischer Entwicklung.

#### 4. Literaturverzeichnis

- [1] Kautsky, H.; Hirsch, A.: Neue Versuche zur Kohlensäureassimilation. *Naturwissenschaften* 19 (48), 1931.
- [2] Maxwell, K.; Johnson, G. N.: Chlorophyll fluorescence – a practical guide. *Journal of Experimental Botany* 51 (345), 2000.
- [3] Weise, T.; Reinecke, J. M.; Schuster, S.; Pfaff, M.: Optimizing turbidostatic microalgal biomass productivity: A combined experimental and coarse-grained modelling approach. *Algal Research* 39, 2019.
- [4] Genty, B.; Briantais, J.-M.; Baker, N. R.: The relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence. *Biochimica et Biophysica Acta – General Subjects* 990 (1), 1989.
- [5] Saroussi, S.; Beer, S.: Alpha and quantum yield of aquatic plants derived from PAM fluorometry: Uses and misuses. *Aquatic Botany* 86 (1), 2007.
- [6] Ralph, P. J.; Gademann, R.: Rapid light curves: A powerful tool to assess photosynthetic activity. *Aquatic Botany* 82 (3), 2005.
- [7] Schreiber, U.; Klughammer, C.; Kolbowski, J.: High-end chlorophyll fluorescence analysis with the MULTI-COLOR-PAM. I. Various light qualities and their applications. Heinz Walz GmbH, PAM Application Notes (1), 2011.
- [8] Silsbe, G. M.; Kromkamp, J. C.: Modeling the irradiance dependency of the quantum efficiency of photosynthesis. *Limnol. Oceanogr. Methods* 10 (9), 2012.
- [9] Platt, T.; Callegos, C. L.; Harrison, W. G.: Photoinhibition of photosynthesis in natural assemblages of marine phytoplankton. *Journal of Marine Research* 38 (4), 1980.

- 
- [10] Webb, W. L.; Newton, M.; Starr, D.: Carbon dioxide exchange of *Alnus rubra*. A mathematical model. *Oecologica* 17, 1974.
- [11] Jassby, A. D.; Platt, T.: Mathematical formulation of the relationship between photosynthesis and light for phytoplankton. *Limnol. Oceanogr.* 21 (4), 1976.
- [12] Ritchie, R. J.: Fitting light saturation curves measured using modulated fluorometry. *Photosynthesis Research* 96 (3), 2008.
- [13] Eilers, P.; Peeters, J.: A model for the relationship between light intensity and the rate of photosynthesis in phytoplankton. *Ecological Modelling* 42 (3-4), 1988.
- [14] Haldane, J.: *Enzymes*. Longmans, Green and Co. London, 1930.
- [15] Lin, M.; Wang, Z.; He, L.; Xu, K.; Cheng, D.; Wang, G.: Plant photosynthesis-irradiance curve responses to pollution show non-competitive inhibited Michaelis kinetics. *PloS one* 10 (11), 2015.
- [16] Demmel, J.: Experimentelle und modellgestützte Untersuchungen des photoautotrophen Wachstums von *Nannochloropsis salina* in einem Turbidostat-Photobioreaktorsystem. Masterarbeit, Ernst-Abbe-Hochschule Jena, 2016.

# Vom Plasmid-Design zur *in vitro* transkribierten RNA: Eine komplette RNA-Produktionslinie

Schumann, V.; Börner, R.

Laserinstitut Hochschule Mittweida, University of Applied Sciences Mittweida

E-Mail: vschuman@hs-mittweida.de

## Kurzfassung

An der Hochschule Mittweida soll eine Ribonukleinsäure (RNA) -Produktionslinie eingeführt werden. Ziel ist es einen RNA-Tertiärkontakt mittels Methoden des *molecular cloning* und der *in vitro*-Transkription in ausreichenden Mengen herzustellen, um anschließende Untersuchungen zur Faltungsdynamik der RNA anstellen zu können.

## 1. Motivation

Unsere aktuelle Forschung zielt auf die Etablierung einer kompletten RNA-Produktionslinie vom Plasmid-Design bis zur Aufreinigung der *in vitro* transkribierten RNA ab. RNA ist das zentrale Molekül innerhalb des zentralen Dogmas der Molekularbiologie und an den meisten essenziellen Prozessen innerhalb einer Zelle beteiligt [1]. Die Funktionalität der RNA kommt oft erst in ihrer kompakten dreidimensionalen Struktur zum Tragen. Ähnlich wie Proteine faltet sich die RNA hierarchisch. Die RNA-Sequenz bildet die Primärstruktur. In der Sekundärstruktur werden Motive wie Ausbuchtungen, Verzweigungen und Haarnadelschleifen gebildet. RNA-Tertiärkontakte wie Kissing Loops und Pseudoknoten sind essenziell für die Stabilisierung der dreidimensionalen Faltung der RNA. Sie werden durch die Interaktion von mehreren Sekundärstrukturelementen gebildet und ergeben die Tertiärstruktur der RNA. Die Faltungsdynamik solcher Tertiärkontakte kann Einblicke in RNA-RNA-Wechselwirkungen geben und erlaubt es, die Kinetik dieser Wechselwirkungen näher zu charakterisieren [2]. Der untersuchte Tertiärkontakt besteht aus einem Kissing Loop und einem GAAA-Tetraloop. Der Kissing Loop dient als Tetraloop-Rezeptor. Ihre Interaktion beeinflusst die Faltung der ribosomalen RNA (rRNA) und soll in weiteren Arbeiten näher untersucht werden.

## 2. Methodik

Zur Etablierung der RNA-Produktionslinie wurden hauptsächlich Methoden des *molecular cloning* angewandt. Die zu untersuchende rRNA wurde als Template-DNA entworfen. Während einer Polymerase-Kettenreaktion (PCR) sollen Restriktionsschnittstellen an die Template-DNA angefügt werden. Dazu wurden spezifische *Primer* entworfen,

welche die entsprechenden Erkennungssequenzen der Restriktionsendonukleasen enthalten. Durch die PCR wurde das Insert generiert, welches durch Restriktionsverdau und Ligation in ein Vektorplasmid ligiert werden kann. Anschließend soll das neu erhaltene Plasmid in *E. coli* kloniert werden, um ausreichende Mengen des Plasmids amplifizieren zu können. Durch nachfolgende Plasmid-Reinigungsschritte soll ein linearisiertes Plasmid für die *in vitro*-Transkription der RNA, mittels T7-RNA-Polymerase, vorliegen (Abbildung 1) [3,4].

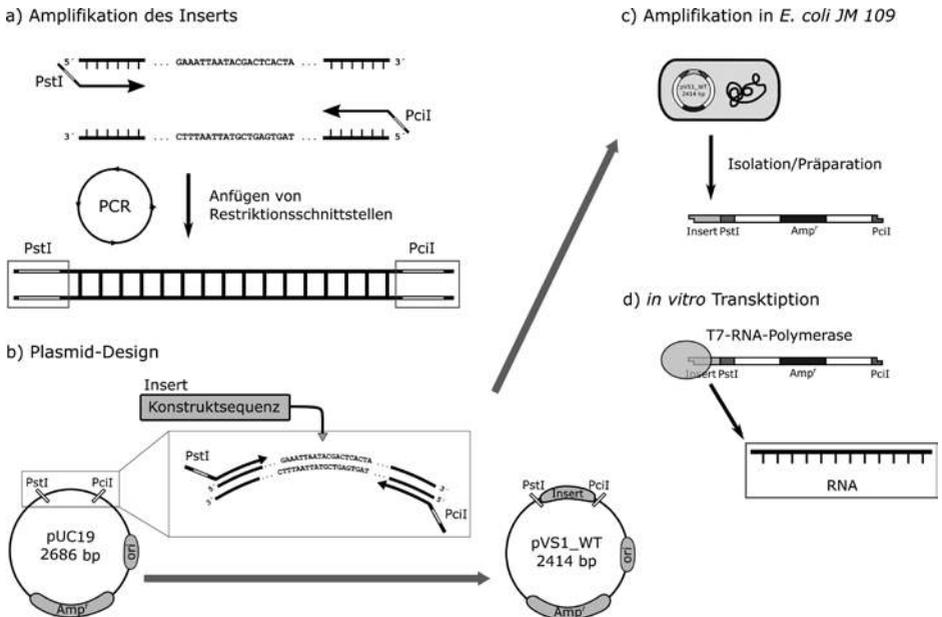


Abbildung 1: Schematische Darstellung zur Methodik der Etablierung einer RNA-Produktionslinie an der Hochschule Mittweida:

- a) Amplifikation des Inserts durch Anfügen von Restriktionsschnittstellen an die Template-DNA.
- b) Plasmid-Karte des neu entworfenen Plasmids mit Ampicillin-Resistenzgen (*Amp<sup>r</sup>*), Insert, Replikationsursprung (*ori*) und den Schnittstellen von *PciI* und *PstI*.
- c) Klonierung des Plasmids in *E. coli* zur Amplifikation.
- d) *in vitro*-Transkription der RNA

### 3. Danksagung

Ich möchte mich an dieser Stelle bei all denen bedanken, die mich bei der Erarbeitung dieses Projektes unterstützt haben. Zuallererst möchte ich Richard Börner für das spannende Thema und die Betreuung meiner Arbeit danken. Weiterhin möchte ich mich bei

Röbbe Wünschiers für die Zweitbetreuung, sowie Susann Zelger-Paulus und Sandra Feik für die Unterstützung im Labor und für die anregenden Diskussionen bedanken. Weiterhin möchte ich mich bei Klaus Grundmann und bei Manfred Glätzner für den Aufbau einer Elektrophorese-Anlage für die RNA-Aufreinigung bedanken. Außerdem möchte ich der gesamten Forschungsgruppe des B-Labs für die großartige Arbeitsatmosphäre danken. Wir bedanken uns ausdrücklich für die finanzielle Unterstützung beim Aufbau des Börner Labs bei der Hochschule Mittweida und dem Laserinstitut Hochschule Mittweida.

#### 4. Literaturverzeichnis

- [1] Crick, F.: „Central dogma of molecular biology“, *In: Nature* 227 (1970)
- [2] Tinoco, I; Bustamate, C.: „How RNA folds“, *In: Journal of Molecular Biology* 293.2 (1999)
- [3] Gallo, S.; Furler, M.; Sigel, R. K. O.: „In vitro Transcription and Purification of RNAs of Different Size“, *In: CHIMIA* 59.11 (2005)
- [4] Sambrook, J.; Russell, D. W.: „Molecular Cloning – A Laboratory Manual“, Third Edition, Vol. 1,2; Cold Spring Harbor Laboratory Press (2001)

# Evaluierung einer Analysemethode zur Detektion von Parkinson bedingtem Freezing of Gait

Weichenhain, L.<sup>1,2</sup>; Rudek, F.<sup>1,2</sup>; Hartmann, P.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Westsächsische Hochschule Zwickau

<sup>2</sup> Fraunhofer IWS Institut für Werkstoff- und Strahltechnik Dresden

E-Mail: Linda.Weichenhain@fh-zwickau.de

## Kurzfassung

Parkinson ist eine neurodegenerative Erkrankung, bei der die Erkrankten neben den Kardinalsymptomen zusätzlich an Freezing of Gait (FoG) leiden können. Im Rahmen dieser Arbeit erfolgte die Untersuchung einer alternativen Analysemethode zur Detektion von FoG, welche die klassische Ermittlung des Freeze-Index (FI) ergänzen soll. Die Arbeit basiert auf der Verwendung geeigneter mathematischer Auswerteverfahren zur Ermittlung der Bewegungsfrequenz (Kadenz), welche im Vorfeld auf Grundlage einer Ganganalyse erfolgte. Auf Basis eines FoG-Datensatzes mit Beschleunigungsdaten, konnte anhand einer Korrelationsanalyse der Parameter Bewegungsfrequenz und FI die These aufgestellt werden, dass bei verschiedenen Korrelationskoeffizienten die Freezingarten variieren und klassifizieren werden können.

## 1. Einleitung

Morbus Parkinson gehört weltweit zu den häufigsten neurodegenerativen Erkrankungen [1]. Laut Daten einer gesetzlichen Krankenkasse, sind etwa 400.000 Patienten in Deutschland von Parkinson betroffen [2]. Neben den Kardinalsymptomen entwickeln die Patienten im Verlauf häufig Symptome des FoG. Dieses ist definiert als die Unfähigkeit, eine Bewegung zu starten oder fortzuführen. In frühen Stadien, leiden bereits etwa 7 % der Erkrankten an FoG, wobei der prozentuale Anteil auf 80 % im Verlauf der Erkrankung ansteigt [3; 4]. FoG führt durch seine temporäre Bewegungsunfähigkeit zu einem erhöhten Sturzrisiko und einer verminderten Lebensqualität. Parkinson ist eine unheilbare Erkrankung, in deren Verlauf sich das therapeutische Fenster zur medikamentösen Behandlung von FoG minimiert. Um Patienten im Alltag zu unterstützen, sind technische Hilfsmittel, welche FoG-Episoden automatisch erkennen können und geeignete Hinweisreize aussenden zur Überwindung besonders geeignet.

Die bisher durchgeführten Studien zur Detektion von FoG, erfolgten meist auf Grundlage des FI, welcher keine weiteren Gangparameter zur Detektion berücksichtigt, was im Informationsverlust von aufkommenden FoG-Episoden resultiert. Durch den FI können

Freezing-Episoden detektiert werden, jedoch ist keine Vorhersage oder eine Klassifizierung der Art von auftretenden FoG-Episoden möglich.

## 2. Material und Methoden

### 2.1 Analyse realer Freezing-Episoden

Im Rahmen der Arbeit erfolgte die Analyse von realen Freezing-Episoden auf Grundlage des Datensatzes: „*Daphnet Freezing of Gait Dataset*“ [5], welches im Rahmen der Studie von Bächlin et. al. (2010) publiziert wurde. Der Datensatz beinhaltet Messdaten von Beschleunigungssensoren, welche jeweils an der Hüfte, am Oberschenkel und am unteren Schienbein mit einer Abtastfrequenz von 64 Hz aufgenommen wurden. Die an 10 Probanden durchgeführten Messreihen beinhalten die Bewegungsaufgaben: straight walk, random walk and activity of daily living (ADL). [5; 6]

Die Auswertung erfolgte anhand eines Datensatzes, welcher eine Sensivität und Spezifität größer als 90 % aufwies. Im Datenausschnitt in Abb. 1 wurden im Zeitausschnitt die Beschleunigungswerte des Datensatzes S02R02 der horizontalen Achse (Richtung Vorwärts) dargestellt, welche am unteren Schienbein des Probanden aufgenommen wurden.

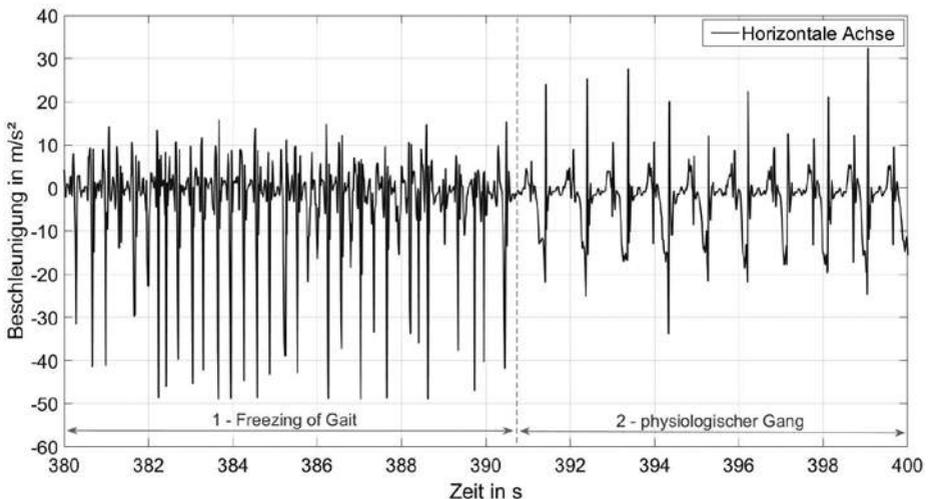


Abbildung 1: Beispieldarstellung einer FoG-Episode und physiologischer Gang. Datensatz S02R02 [5].

Bei der Analyse zeigte sich (in Abbildung 1 im Bereich 1 – links dargestellt), dass die positiven Ausschläge auf der horizontalen Achse im Vergleich zum physiologischen

Gang (in Abbildung 1 im Bereich 2 – rechts dargestellt) gemindert sind, wobei besonders intensive negative Ausschläge zu verzeichnen sind.

## 2.2 Analysealgorithmus zur Detektion von FoG

In Abgrenzung zur klassischen Bestimmung des FI konnte ein Algorithmus anhand des Schemas in Abbildung 2 entwickelt werden. Dieser stellt besonders die Ermittlung der Bewegungsfrequenz und des FI in den Fokus. Um eine FoG-Erkennung zu ermöglichen, muss im Vorfeld der Threshold durch Ermittlung des FI von jedem Probanden individuell ermittelt werden.

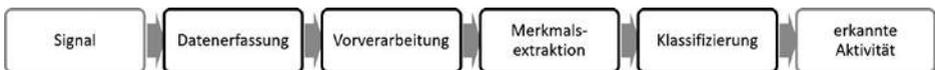


Abbildung 2: Ablaufschema zur Detektion von FoG

Zur Detektion von FoG werden zunächst die Beschleunigungswerte in drei Achsen am Bein mit einer definierten Abtastfrequenz aufgenommen und in die Maßeinheit  $\text{m/s}^2$  umgerechnet. In der Vorverarbeitung erfolgt die Fensterung der Messdaten auf jeweils 6 Sekunden. Zur Bewegungsfrequenzermittlung erfolgt die Multiplikation der einzelnen Beschleunigungswerte zum Messzeitpunkt und nachfolgend die Ermittlung der positiven Peaks durch Nutzung der Findpeaks-Funktion in Matlab. Zur Ausführung der Fouriertransformation und um Sensorplatzierungsungenauigkeiten zu minimieren, werden die absoluten Beschleunigungsdaten der drei Achsen addiert. Nach Durchführung der FFT erfolgt die numerische Integration zur Ermittlung des Freeze-Index nach:

$$FI = \frac{\text{Fläche des Freezingbands}}{\text{Fläche des Lokomotionbands}} \quad (1)$$

Das Freezband ist definiert als der Bereich zwischen 3 Hz bis 8 Hz und das Lokomotionsband zwischen 0,5 bis 3 Hz. [5; 6]

Die Merkmalsextraktion erfolgt durch die Ermittlung der Bewegungsfrequenz und des FI. Im Anschluss wird der FI durch den Threshold klassifiziert. Ist der FI größer als der Threshold, wurde Freezing detektiert. Ist dieser kleiner als der Threshold, liegt kein Freezing vor. Ein uneindeutiges Ergebnis resultiert, wenn der FI dem Threshold entspricht. In diesem Falle müssen weitere Parameter zur eindeutigen Klassifizierung herangezogen werden.

### 3. Ergebnisse

Der Threshold des Datensatzes S07R02 wurde definiert anhand des kleinsten FI im Übergang von Freezing und kein-Freezing. Für den Datensatz wurde hierbei ein Threshold von 1,13 für den entwickelten Algorithmus und ein Threshold von 1,07 für den Studienalgorithmus ermittelt werden.

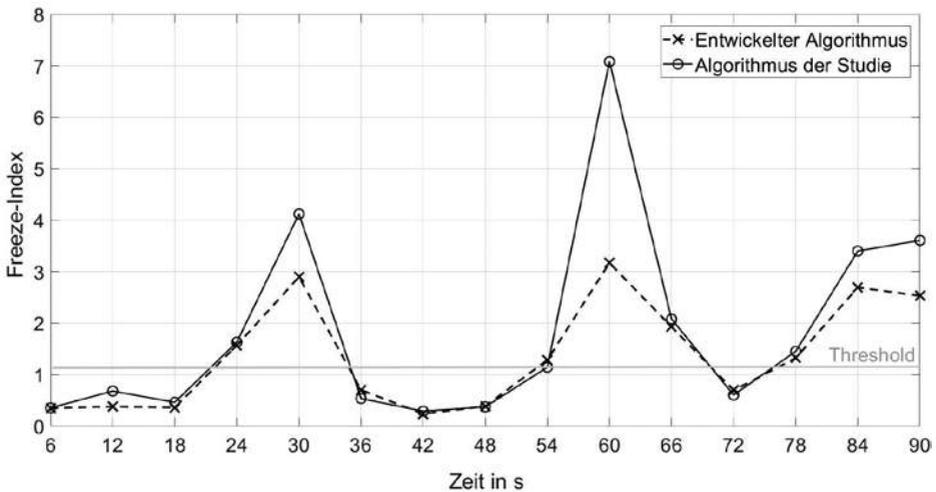


Abbildung 3: Freeze-Index der Auswertungsverfahren in Zeitbereichen.

Wie in Abbildung 3 zu erkennen, ergibt der entwickelte Algorithmus ähnlich gute Ergebnisse der FI, wobei diese im Vergleich zu den FI-Werten des Studienalgorithmus gemindert sind. Trotz der kleineren Werte heben sich diese bei vorliegendem Freezing weiterhin gut ab.

Bei Gegenüberstellung der Bewegungsfrequenzen mit den FI (siehe Abbildung 4) zeigte sich, dass bei vorliegendem FoG die Bewegungsfrequenz ansteigt. Der Anstieg der Funktion durch lineare Regression ist beim Studienalgorithmus größer als beim entwickelten Algorithmus, da die vorermittelten FI größer sind.

Diese Vermutung bestätigte die Ermittlung des Pearson-Korrelationskoeffizienten mit einem Wert für den entwickelten Algorithmus von  $r = 0,58$  und  $r = 0,69$  [7]. Dies bedeutet, dass sich die Bewegungsfrequenz im vorliegendem Datensatz mit steigendem FI erhöht.

Bei der Analyse weiterer einzelner Datensätze, wie in Tabelle 1 dargestellt, resultieren unterschiedliche Korrelationskoeffizienten zwischen dem FI und der Bewegungsfre-

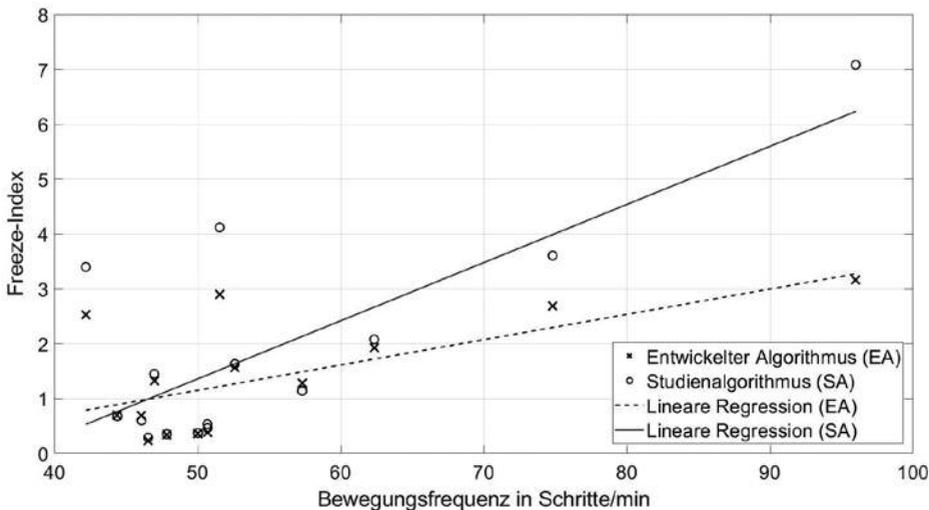


Abbildung 4: Bewegungsfrequenzen und Freeze-Index der Algorithmen

quenz. Bei Betrachtung des Beschleunigungsbildes der einzelnen Datensätze, lässt sich die These aufstellen, dass es sich bei den variierenden Beschleunigungsbildern um die verschiedenen Freezingarten handeln könnte.

Tabelle 1: Korrelationskoeffizienten des FI und der Bewegungsfrequenz einzelner Datensätze

Datensatz	S07R02		S01R02		S05R01		S09R01	
	Entwickelt	Studie	Entwickelt	Studie	Entwickelt	Studie	Entwickelt	Studie
<b>Pearson-Korrelationskoeffizient r</b>	0,58	0,69	-0,69	-0,62	-0,51	-0,48	0,00	0,02

Bei einer positiven Korrelation könnte es sich um die Festination handeln, bei der es zu weniger intensiven Schritten mit gleichzeitiger Erhöhung der Bewegungsfrequenz kommt. Im Falle eines negativen Wertes, könnte es sich um das „trembling in place“ handeln, bei dem der Patient auf der Stelle zittert und keine physiologischen Vorwärtsbewegungen resultiert. Sofern keine Korrelation nachweisbar ist, könnte es sich um das akinetische Freezing handeln, bei der sich die anderen Freezingarten kombiniert manifestieren. [1]

## 4. Zusammenfassung

Die Untersuchung der realen FoG-Episoden brachten Erkenntnisse zum Beschleunigungsbild, dem FI und der Bewegungsfrequenz. Hierdurch konnte ein geeignetes Analyseverfahren äquivalent zur bisherigen, in der Literatur beschriebenen Analyse, eruiert werden. Durch die erweiterte Analyse mittels der Bewegungsfrequenz konnte im analysierten Datensatz erstmals eine lineare Korrelation mit dem FI nachgewiesen werden. Mit der erweiterten Analyseverfahren lassen sich FoG-Episoden nicht nur detektieren, sondern auch unter der Berücksichtigung der These die jeweilig vorliegende Freezingart klassifizieren. Für eine gesicherte Validierung der gefundenen neuen Zusammenhänge sind weitere Untersuchungen notwendig.

## 5. Literaturverzeichnis

- [1] Berg, D.; Bötzel, K. et al: Parkinson-Syndrome kompakt. Diagnostik und Therapie in Klinik und Praxis. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, (2018).
- [2] Dorsey E. R., Elbaz A. et al: Global, regional, and national burden of Parkinson's disease, 1990–2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. In: The Lancet Neurology, (2018).
- [3] Georgy E.: Freezing of Gait in Parkinson's disease: Impact on fall risk, walking aids utilization, and assistance-seeking behaviour. In: EUJAPA (2010).
- [4] Amarell M., Cepuran F. et al: Diagnostik und Therapie von "Freezing of Gait" bei Patienten mit Morbus Parkinson. In: Fortschr Neurol Psychiatr (2014).
- [5] UCI Machine Learning Repository: Daphnet Freezing of Gait Data Set. Unter: <https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/Daphnet+Freezing+of+Gait>, Zugriff am 6.7.2020
- [6] Bächlin M., Plotnik M. et al: Wearable assistant for Parkinson's disease patients with the freezing of gait symptom. In: IEEE Trans Inf Technol Biomed, (2010).
- [7] Rasch, D.; Schott, D.: Mathematische Statistik. Für Mathematiker, Natur- und Ingenieurwissenschaftler. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co KGaA, Weinheim, (2016).

# Model-based Bioprocess Optimisation of Microalgal Cultivations in Tubular Photobioreactors Considering Diurnal and Annual Rhythms of Light Availability

Weise, T.<sup>1,2,3</sup>; Henkel, S.<sup>3</sup>; Schuster, S.<sup>2</sup>; Pfaff, M.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> University of Applied Sciences Jena, Department of Medical Engineering and Biotechnology

<sup>2</sup> Friedrich Schiller University Jena, Department of Bioinformatics

<sup>3</sup> BioControl Jena GmbH

E-Mail: tobias.weise@eah-jena.de

## 1 Introduction

The biotechnological use of microalgae is becoming increasingly important in various fields of application like algae-based dietary supplements or bioactive compounds in potential medical applications. Many of these compounds like  $\omega$ -3 fatty acids (e.g. docosahexaenoic acid, eicosapentaenoic acid) or carotenoids (e.g.  $\beta$ -carotene, astaxanthin) are predominantly located within cell membranes and their formation is directly growth-related. Therefore, biomass productivity  $Pr$  is of particular importance with respect to process economy.

Photoautotrophic growth strongly depends on the light availability  $q_{ph}$ , which in turn is influenced by various factors, such as the light intensity at the reactor surface  $I_0$ , the light attenuation due to self-shading of the biomass and the geometry of the photobioreactor [1]. The model applied here has been validated for both, continuous operation at lab scale [2] and discontinuous operation at pilot scale [3].

In this work, the model was adapted to more realistically describe  $q_{ph}$  and to additionally consider nocturnal biomass decline. The work in general demonstrates a methodology for model-based bioprocess optimisation of  $Pr$  in tubular photobioreactors for phototrophic cultivation using natural sunlight, which was here applied to *Nannochloropsis granulata*.

## 2 Materials and Methods

### 2.1 Growth Model

The growth model used here describes the  $q_{ph}$ -dependent specific growth rate  $\mu$  including the nightly biomass decline. The light is considered to be a homogeneous field with the intensity  $I_0$  that illuminates the reactor tube from one side. Eq. 1 describes the length of an individual light path  $l$  in parallel to the light field, in dependence on the coordinate  $y$ , perpendicular to that field [2]. Eq. 2 describes the light intensity absorbed by the respective biomass concentration  $c_x$  averaged over all individual light path lengths.

The light absorption is calculated following *Lambert-Beer's* law using an absorption cross section  $a_X$  of  $0.254 \text{ m}^2 \text{ g}_X^{-1}$  (calculated from data provided by Huesemann et al. [4]).  $q_{\text{ph}}$  is then calculated by Eq. 3 taking into account the reactor liquid volume  $V_L$  and the illuminated reactor surface  $A$  of the respective reactor compartment  $z$ .

$$l(r, y) = 2 \sqrt{r^2 - y^2} \quad (1)$$

$$I_{\text{abs}}(I_0, r, c_X) = I_0 - \frac{1}{r} \int_{y=0}^r I_0 \cdot e^{-a_X c_X l(r,y)} dy \quad (2)$$

$$q_{\text{ph}}(c_X) = \frac{1}{V_L \cdot c_X} \sum_{z=1}^c I_{\text{abs},z} \cdot A_z \quad (3)$$

To finally calculate  $\mu(q_{\text{ph}})$ , Eq. 4 relies on a modified *Monod-like* function proposed by Weise et al. [3] using the maximum specific growth rate  $\mu_{\text{max}}$ , the specific half-saturation constant for the light availability  $K_{S,\text{ph}}$  and the specific photon maintenance coefficient  $m_{\text{ph}}$ .

$$\mu(q_{\text{ph}}) = \mu_{\text{max}} \frac{(q_{\text{ph}} - m_{\text{ph}})}{K_{S,\text{ph}} + (q_{\text{ph}} - m_{\text{ph}})} \quad (4)$$

## 2.2 Light Model

In the light model, a modified sine function (Eq. 5) is used to simulate  $I_0$  diurnally and annually, i. e. over the course of the day (Fig. 2-D) and the year (Fig. 2-C). Eq. 5 employs the intra-year maximum light intensity  $I_{0,\text{max}}$  (Eq. 6, Fig. 2-A) and the intensity offset  $\varepsilon_{I_0}$ , which depends on the duration of daylight (Fig. 2-B) as calculated using Eqs. 7 and 8.

$$I_0(t) = \max \left( 0, \left[ \frac{I_{0,\text{max}}}{1 - \varepsilon_{I_0}} \cdot \sin \left( 2\pi \cdot t - \frac{\pi}{2} \right) - \varepsilon_{I_0} \right] \right) \quad (5)$$

To calculate  $I_{0,\text{max}}$  and the daylight duration  $t_{\text{daylight}}$ , Eqs. 6 and 7 were applied using modified cosine functions with the respective individual parameters, gain  $K$  and offset  $\varepsilon$ , as well as the parameter phase shift  $\Delta\Phi$  (Table 1).  $\varepsilon_{I_0}$  (Eq. 8) is used as offset in Eq. 5 to adjust the time span between the zeros of the positive half-wave to the value of  $t_{\text{daylight}}$ .

$$I_{0,\max}(t) = K_{I_{0,\max}} \cdot \cos\left(2\pi \left[\frac{t}{365 \text{ d}} - \frac{\Delta\Phi}{365 \text{ d}}\right]\right) + \varepsilon_{I_{\max}} \quad (6)$$

$$t_{\text{daylight}}(t) = K_{t_{\text{daylight}}} \cdot \cos\left(2\pi \left[\frac{t}{365 \text{ d}} - \frac{\Delta\Phi}{365 \text{ d}}\right]\right) + \varepsilon_{t_{\text{daylight}}} \quad (7)$$

$$\varepsilon_{I_0} = \sin\left(\left[1 - t_{\text{daylight}}\right] \cdot \pi - \frac{\pi}{2}\right) \quad (8)$$

### 2.3 Experiment and Simulation

The growth model was parametrised using experimental data from a chemostatic cultivation in a 5 l tubular photobioreactor (Fig. 1) applying 12 h/12 h and 16 h/8 h light/dark cycles (Fig. 2-E). The dilution rate  $D$  (for medium supply and harvest) was deactivated during the dark intervals while illumination was provided at a constant  $I_0$  of  $500 \mu\text{mol}_{\text{ph}} \text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$  during the light intervals (Fig. 2-F).

In order to simulate diurnal and annual rhythms of light, a “standard year” light profile was calculated by averaging time-resolved global radiation profiles, recorded over nine years at the weather station Meiningen/Germany (data provided by *Gewässerkundlicher Dienst Bayern*; recording point 10548). The light model was then fitted to this profile. The global radiation values in  $\text{W m}^{-2}$  of the original time series data were transformed to  $I_0$ -values in  $\mu\text{mol}_{\text{ph}} \text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$  using the conversion factor 2.02 as provided by Mavi and Tupper [5].

Both parametrised models were combined to simulate batch cultivations at any time of the year (Fig. 2-G) applying the three process parameters inoculation biomass concentration  $c_{X,0}$ , batch cultivation time  $t_{\text{cyc}}$  and start date  $t_{\text{date},0}$ . Numerical bioprocess optimisation was finally carried out to optimise these process parameters with respect to  $Pr$  under different batch bioprocess regimes (Fig. 4).



Fig. 1. Experimental set-up; **left**: xCubio PBR (bbi Biotech); **right**: Outline of the experimental chemostat set-up (adapted from Weise et al. [2]).

## 2.4 Parameter Estimation

In order to estimate the model parameters  $\mu_{\max}$ ,  $K_{S,\text{ph}}$  and  $m_{\text{ph}}$ , the experimental data was simulated using the growth model and the ODE for  $c_X$  under continuous operation (Eq. 9). An initial set of parameters was obtained from Weise et al. [3]. The parameters (vectorised as  $\theta$ ) were estimated by minimising the cost function  $J(\theta)$  (Eq. 10) using the downhill-simplex method [6] with respect to  $\theta$ , which results in the optimum parameter vector  $\Omega$  (Eq. 11).

$$\frac{dc_X}{dt} = \mu(q_{\text{ph}}) \cdot c_X - D \cdot c_X \quad (9)$$

$$J(\theta) = \sum_{i=1}^n (c_{X,\text{data},i} - c_{X,\text{model},i}(q_{\text{ph},i}, \theta))^2 \quad (10)$$

$$J(\Omega) = \min_{\theta} J(\theta) \quad (11)$$

Since the available data originates from one continuous experiment, bootstrapping was carried out to determine the 95 % confidence intervals (CI) of the parameters. 231 bootstraps were created by permutative strapping of light/dark intervals from the data set, constrained by a minimum of four remaining coherent light/dark intervals.

## 2.5 Numerical Optimisation

Numerical optimisation of  $Pr$  (Fig. 2-G and Eq. 12) was carried out regarding the process parameters  $c_{X,0}$ ,  $t_{\text{cyc}}$ ,  $t_{\text{date},0}$  (vectorised as  $\theta_{\text{Pr}}$ ) following the procedure described in Section 2.4 by minimising the cost function  $J(\theta_{\text{Pr}})$  (Eq. 13) and resulting in the optimum parameter vector  $\Omega_{\text{Pr}}$  (Eq. 14).

$$\frac{dc_X}{dt} = \mu(q_{\text{ph}}) \cdot c_X \quad (12)$$

$$J(\theta_{\text{Pr}}) = -Pr(\theta_{\text{Pr}}) \quad (13)$$

$$J(\Omega_{\text{Pr}}) = \min_{\theta} J(\theta_{\text{Pr}}) \quad (14)$$

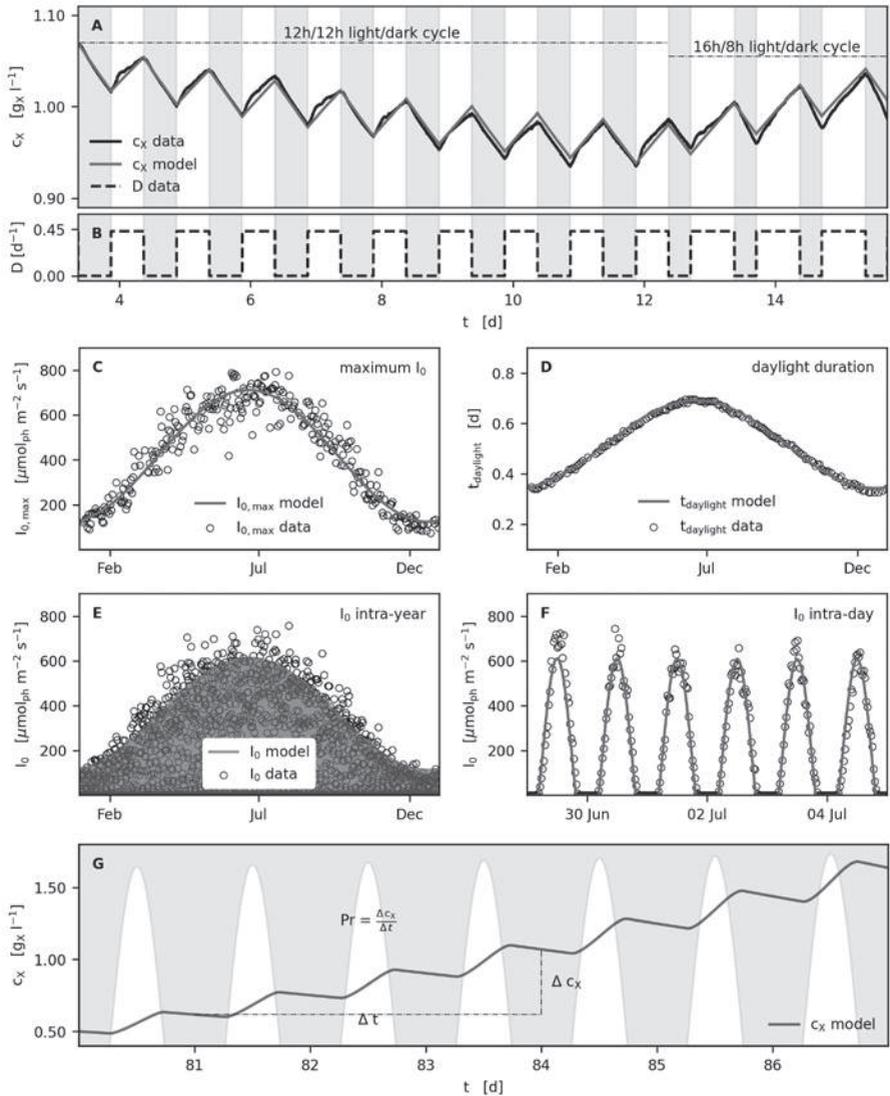


Fig. 2. Biomass data, fitted growth model and light model output; black -data, green -model; **A**:  $c_x$  data and  $c_x$  model under different light/dark cycles; **B**: Dilution rate  $D$  with nightly deactivation; **C**: Intra-year maximum light intensities  $I_{0,max}$ ; **D**: Intra-year daylight duration; **E** and **F**:  $I_0$  data and fitted light model output over the year and over several days; **G**: Modelled  $c_x$  for a batch bioprocess using the fitted light model.

### 3 Results and Discussion

The growth model was successfully parametrised (Table 1-upper part) using the data of the chemostat experiment (Fig. 2-A and B) and accurately describes  $q_{\text{ph}}$ -dependent growth as well as nightly biomass decline. Also, the nightly  $D$  deactivation and the different light/dark cycles are well reflected by the model. Parameter values are within their expected ranges.

Table 1. Overview of parameters; **upper part**: growth model parameter estimated (mean values and 95 % CI; **lower part**: light model parameters set for simulations.

Parameter	$\Omega(\mu)$			Unit	
	Lower CI	Mean	Upper CI		
$\mu_{\text{max}}$	0.938	0.945	0.953	$\text{d}^{-1}$	
$K_{S,\text{ph}}$	2.36	2.40	2.44	$\text{mol}_{\text{ph}} \text{g}_X^{-1} \text{d}^{-1}$	
$m_{\text{ph}}$	0.228	0.230	0.233	$\text{mol}_{\text{ph}} \text{g}_X^{-1} \text{d}^{-1}$	
Parameter	$\Omega(I_{0,\text{max}})$		$\Omega(t_{\text{daylight}})$		
	Value	Unit	Parameter	Value	Unit
$K_{I_{0,\text{max}}}$	250	$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$	$K_{t_{\text{daylight}}}$	0.151	d
$\varepsilon_{I_{\text{max}}}$	364	$\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$	$\varepsilon_{t_{\text{daylight}}}$	0.471	d
$\Delta\Phi$	171	d	$\Delta\Phi$	171	d

Also, the five light model parameters were fitted to the standard year light profile (Fig. 2-C to F, Table 1-lower part) with a remaining error of  $\text{RMSE} = 54 \mu\text{mol}_{\text{ph}} \text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ . Using both models combined, batch bioprocesses were simulated regarding the process parameters  $c_{X,0}$ ,  $t_{\text{cyc}}$  and  $t_{\text{date},0}$  (Fig. 2-G). Due to the switch-like behaviour of Eq. 5 at light/dark interval changes, simulations were carried out using a piecewise numerical integration for simulation and optimisation.

Prior to the optimisation, a *Sobol* parameter sensitivity analysis [7] was carried out in order to assess the process parameters  $t_{\text{date},0}$ ,  $t_{\text{cyc}}$  and  $c_{X,0}$  with respect to their influence on the model output. Results show that  $t_{\text{date},0}$  is the dominant parameter regarding the first order ( $S_1$ ) and total order ( $S_T$ ) sensitivity indices (Fig. 3).  $c_{X,0}$  shows a moderate sensitivity regarding its interaction ( $S_2$ ) with  $t_{\text{date},0}$  while  $t_{\text{cyc}}$  seems to be almost insensitive with respect to the model's output. Thus, it can be expected that optimum biomass productivity  $Pr_{\text{opt}}$  is achieved mainly by adjusting  $c_{X,0}$  to the respective  $t_{\text{date},0}$ .

Optimisation results show that  $Pr_{\text{opt}}$  primarily depends on  $t_{\text{date},0}$  with its maximum around the transit from the astronomical spring to the summer period, caused by highest  $I_{0,\text{max}}$  and  $t_{\text{daylight}}$  (Fig. 4-A). The variation of  $t_{\text{cyc}}$  showed no relevant gains in  $Pr_{\text{opt}}$  if  $c_{X,0}$  is optimised simultaneously (Fig 4-B), although the optimisation indicates higher  $Pr_{\text{opt}}$  for shorter  $t_{\text{cyc}}$ . Since less  $c_X$  is accumulated during shorter  $t_{\text{cyc}}$ , self-shading is reduced and

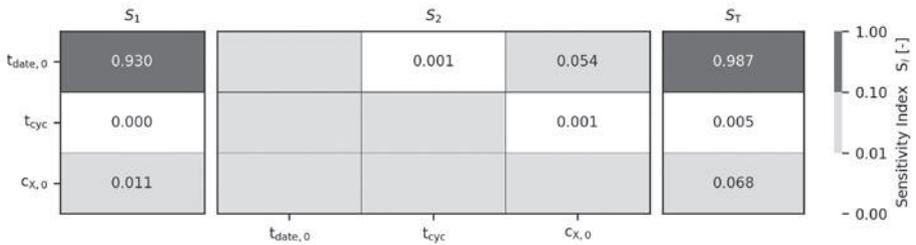


Fig. 3. Sobol sensitivity analysis for the process parameters.

results in a higher light availability. In turn, the  $c_{X,0,opt}$  to be set rises for shorter  $t_{cyc}$  to achieve the respective  $Pr_{opt}$ .

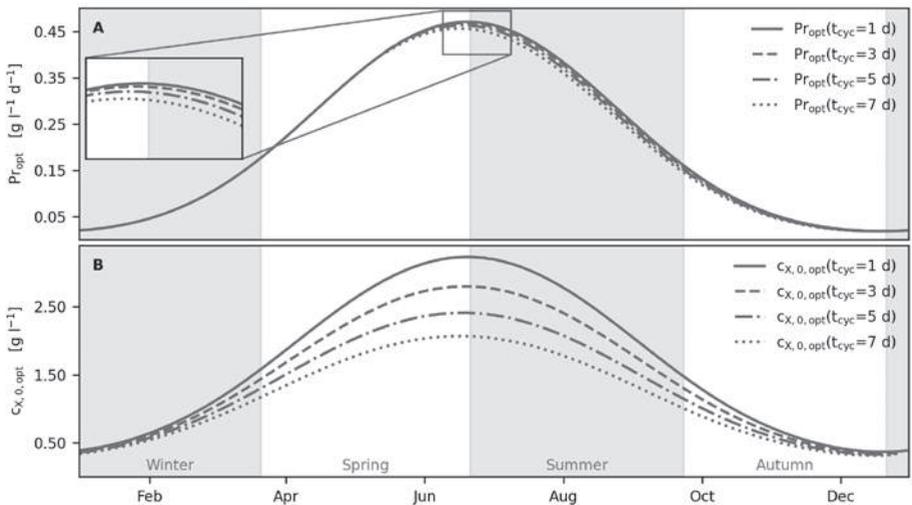


Fig. 4. Simulated optimised batch bioprocesses over the year for different  $t_{cyc}$ ; **A**: Optimum biomass productivity  $Pr_{opt}$ ; **B**: Optimum inoculation biomass concentration  $c_{X,0,opt}$ .

### 4 Conclusion

The simulation study on the optimisation of  $Pr$  with respect to  $q_{ph}$  using natural light shows that only a limited cultivation period within the astronomical spring and summer period delivers noteworthy  $Pr_{opt}$  at a particular geographical location. During this

period,  $Pr_{\text{opt}}$  is achieved at relatively high  $c_{X,0,\text{opt}}$ . The process parameter  $c_{X,0}$  shows the most prominent influence on  $Pr$  optimisation, while the simultaneous reduction of  $t_{\text{cyc}}$  just moderately contributes to an increase in  $Pr$ .

## References

- [1] A. M. J. Kliphuis, A. J. Klok, D. E. Martens, P. P. Lamers, M. Janssen, and R. H. Wijffels. Metabolic modeling of *Chlamydomonas reinhardtii*: energy requirements for photoautotrophic growth and maintenance. Journal of Applied Phycology, 24(2):253–266, 2011. doi: 10.1007/s10811011-9674-3.
- [2] T. Weise, J. M. Reinecke, S. Schuster, and M. Pfaff. Optimizing turbidostatic microalgal biomass productivity: A combined experimental and coarse-grained modelling approach. Algal Research, 39:101439, 2019. doi: 10.1016/j.algal.2019.101439.
- [3] T. Weise, C. Grewe, and M. Pfaff. Experimental and model-based analysis to optimize microalgal biomass productivity in a pilot-scale tubular photobioreactor. Frontiers in Bioengineering and Biotechnology, 8, 2020. doi: 10.3389/fbioe.2020.00453.
- [4] M. Huesemann, B. Crowe, P. Waller, A. Chavis, S. Hobbs, S. Edmundson, and M. Wigmosta. A validated model to predict microalgae growth in outdoor pond cultures subjected to fluctuating light intensities and water temperatures. Algal Research, 13:195–206, 2016. doi: 10.1016/j.algal.2015.11.008.
- [5] H. S. Mavi and G. J. Tupper. Agrometeorology: Principles and Applications of Climate Studies in Agriculture. CRC Press, New York, USA, 2004. ISBN 1-56022-972-1.
- [6] J. A. Nelder and R. Mead. A simplex method for function minimization. The Computer Journal, 7(4):308–313, 1965. doi: 10.1093/comjnl/7.4.308.
- [7] I. M. Sobol. Global sensitivity indices for nonlinear mathematical models and their monte carlo estimates. Mathematics and computers in simulation, 55:271–280, 2001.

## Metallionen-abhängige Faltung eines ribosomalen Tertiärkontaktes

Winkler, A. K.<sup>1</sup>; Oborská-Oplová, M.<sup>2</sup>; Panse, V. G.<sup>2</sup>; Börner, R.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laserinstitut Hochschule Mittweida

<sup>2</sup> Institut für Medizinische Mikrobiologie, Naturwissenschaftliche Fakultät Universität Zürich, Zürich, Schweiz

E-Mail: awinkle5@hs-mittweida.de

### 1. Motivation

Wir untersuchen die Faltung und die thermodynamische Stabilität tertiärer Kontakte der ribosomalen RNA, um den Reifungsprozess von Ribosomen im Modellorganismus, der Bäckerhefe, zu verstehen. Ribosomen sind zelluläre Maschinen, die zur Herstellung von Proteinen für alle lebenden Organismen essentiell sind. RNA-Tertiärkontakte sind notwendig, um die native, dreidimensionale RNA-Struktur zu stabilisieren, um z.B. als nicht-kodierende RNA in Form eines Ribozyms oder Riboschalters seine biologischen Funktionen durchzuführen. Der Fokus dieser Arbeit liegt auf den strukturellen Besonderheiten, den thermodynamischen Eigenschaften sowie dem Einfluss von Metallionen wie Kalium(I) und Magnesium(II) auf die Stabilität der ribosomalen RNA. Dabei soll der in Zürich von der Arbeitsgruppe von Vikram Govind Panse entdeckte RNA-Tertiärkontakt aus *kissing loop* (KL) und *GAAA-tetraloop* (TL) mittels Förster Resonanz Energietransfer (FRET) und thermischen Schmelzstudien untersucht werden.

Gerhardy et al.[1] zeigten bereits, dass innerhalb des 60s-prä-Ribosoms unter definierten Metallionenkonzentrationen tertiäre Kontakte zwischen dem TL und dem KL sichtbar werden. Unser Ziel ist es nun, diese RNA-Struktur auch temperaturabhängig zu verstehen. Unsere Ergebnisse helfen nicht nur die Ribosomenfaltung bei verschiedenen Temperaturen *in vitro* zu verstehen sondern auch generelle Aussagen über Tertiärkontakte in nicht-kodierenden RNAs zu machen, die uns helfen neue RNA Strukturen *de novo* zu designen und potentiell künstlich herzustellen.

### 2. Methodik

Im ersten Schritt erfolgt die Charakterisierung des verwendeten Fluorometers (Fluoroskan Ascent FL). Dazu zählen die Skalierung der verwendeten Filterpaare und die Bestimmung von Korrekturfaktoren wie *bleed-through*, *direct excitation* und Quantenausbeute des verwendeten Fluoreszenzpaars Cy3 – Cy5, um unsere Ergebnisse mit denen aus der Literatur vergleichbar zu machen. Im Anschluss werden FRET Experimente an der fluoreszenzmarkierten RNA in Abhängigkeit von der Metallionenkonzentration und der Temperatur aufgenommen. Die gemessenen FRET Signale ermöglichen

so als abstandsabhängiger Energietransfer von einem Donor- zu einem Akzeptorfarbstoff, die Bestimmung des jeweiligen RNA-Faltungszustandes.

### 3. Ergebnisse

Unsere Ergebnisse zeigen, dass mit Zugabe von K(I) ein leichter Anstieg des FRET Wertes auf etwa 0,47 erfolgt. Mit Zugabe von Mg(II) bei konstanten K(I) Hintergrund steigen die FRET Werte weiter auf ca. 0,95 an. Diese Ergebnisse stimmen gut mit der Literatur überein [1]. Die Untersuchung der Schmelzkurven zeigt, dass sich mit steigender Temperatur von 20°C auf 43°C die FRET Werte nur bei der Mg(II) Titration signifikant verringern. Dies deutet auf das Schmelzen des RNA-Tertiärkontaktes (KL-TL) bei relativ niedrigen Temperaturen im Vergleich zum Schmelzen des KL bei Temperaturen über 70°C hin. Zusammenfassend wird deutlich, dass sich mit Zugabe von K(I) zunächst der KL ausbildet und erst durch Zugabe von Mg(II) die Bindung des TL an das KL-Konstrukt stattfindet (Abbildung 1). Die KL-TL-Bindung ist thermodynamisch aber eher labil. Weitere Untersuchungen werden helfen, den Anteil aus Entropie und Enthalpie bei der Stabilisierung zu charakterisieren.

### 4. Danksagung

An erster Stelle möchte ich mich bei Richard Börner für die Übernahme der Betreuung dieser Arbeit bedanken, sowie bei Röbbbe Wünschiers und Sandra Feik für die wissenschaftliche Beratung. Weiterhin bin ich sehr dankbar für die Zusammenarbeit mit der Forschungsgruppe von Vikram Govind Panse aus Zürich und die einhergehende Bereitstellung von RNA-Probenmaterial. Abschließend möchte ich mich auch bei meinen Kollegen im Börner-Lab für die enge Zusammenarbeit bedanken.

### 5. Literaturverzeichnis

- [1] Gerhardy, S.; Oborská-Oplová, M.; Gillet, L.; van Nues, R.; Börner, R.; Leitner, A.; Michel, E.; Petkowski, J.; Sigel, R. K. O.; Grannemann, S.; Aebersold, R. & Panse, V. G.: Vorläufiger Titel „Puf6 ushers correct rRNA compaction during ribosome assembly“, eingereichtes Manuskript (2021)

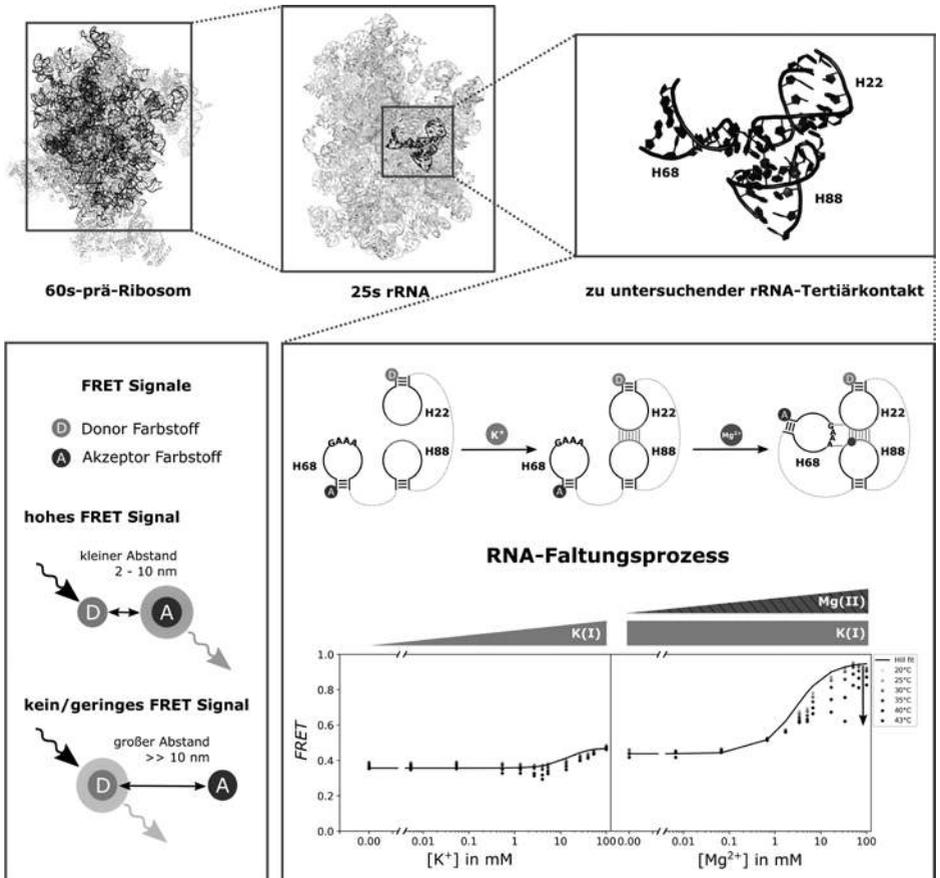


Abbildung 1: Im oberen Teil des Bildes wird der zu untersuchende rRNA-Tertiärkontakt, bestehend aus H88, H22 und H68, innerhalb der 25s ribosomalen RNA des 60s-prä-Ribosoms deutlich. Die einzelnen Ausschnitte wurden mit PyMOL (Version 2.4., PDB-ID: 3JCT) visualisiert. Im unteren rechten Bildausschnitt werden zum einen der RNA-Faltungsprozess des zu untersuchenden rRNA-Tertiärkontakts und zum anderen die experimentell ermittelten FRET-Werte mit steigender Metallionenzugabe sichtbar. Der rRNA-Tertiärkontakt zeigt die Ausbildung eines *kissing loops* (KL) zwischen H22 und H88 mittels Kalium(I) und der Anbindung des GAAA-tetraloop (H68) an den KL mittels Magnesium(II). Mit Metallionenzugabe steigen die experimentell gemessenen FRET-Werte (unkorrigiert) durch die Distanzverringerung zwischen Donor- und Akzeptorfarbstoff an. Mit steigender Temperatur werden bei höheren Metallionenkonzentrationen geringere FRET-Werte deutlich. Der linke untere Bildausschnitt zeigt die Unterschiede der FRET Signale auf. Ein hohes FRET Signal und die damit einhergehende Energieübertragung wird mit einem geringen Abstand (2 – 10 nm) zwischen dem Donor- und Akzeptorfarbstoff generiert. Bei größeren Abständen (>> 10 nm) zwischen den Farbstoffen ist kein oder nur ein geringes FRET Signal zu vernehmen.

# **Produktions-, Informations- und Kommunikationstechnik**

# Zentralisierung der Netzwerkanalyse und der Konfigurationsverwaltung als Basis für das Schwachstellen-Management in industriellen Steuerungsnetzwerken

Engler, P.; Winkler, H.; Pawlaszczyk, D.

Hochschule Mittweida, Fakultät Angewandte Computer- und Biowissenschaften

E-Mail: engler@hs-mittweida.de

## Kurzfassung

Auch in kleineren und mittelständigen Unternehmen werden industrielle Steuerungssysteme eingesetzt, die auch dort immer weiter in das Unternehmensnetzwerk integriert werden. Dadurch entstehen Sicherheitsrisiken, die nicht vernachlässigt werden dürfen. Besonders kleine und mittelständige Unternehmen benötigen Lösungen, die kostengünstig sind, ohne großen Administrationsaufwand betrieben werden können und sich auch in bestehende Anlagen integrieren lassen. Trotz dieser Anforderungen darf es keine Einschränkung der Schutzwirkung geben.

## 1. Einleitung

Industrielle Steuerungssysteme sind ein fester Bestandteil des gesellschaftlichen Lebens. Durch Programmierung sind sie universell einsetzbar und werden an den verschiedensten Stellen von Ampeln über die Steuerung von Produktionsanlagen oder Häusern bis hinein zu kritischen Infrastrukturen genutzt. Neue und veränderte Anforderungen an die Steuerungssysteme ergeben sich zum einen durch veränderte Anforderungen in den produzierenden Unternehmen aber auch durch neue Einsatzgebiete und die daraus resultierende wachsende Verbreitung. So können die Steuerungssysteme heute intelligent vernetzt werden, so dass Steuerungsaufgaben oder eine Überwachung auch über Gebäude-, Grundstücks- und Firmengrenzen hinweg erfolgen können. Ein anderer Aspekt ist beispielsweise die direkte Übertragung von Produktionsdaten direkt in eigene oder fremde IT-Systeme. Diese Vernetzung bietet aber auch Angreifern neue Möglichkeiten. So wurden 2010 die iranischen Atomanlagen durch STUXNET [1] Ziel eines Cyberangriffes. In den Jahren 2015 (BlackEnergy) [2] und 2016 (Industroyer) [3] erfolgten Angriffe auf die Energieversorgung der Ukraine. Über spezielle Suchmaschinen [4] sind die Steuerungssysteme überall auf der Welt auffindbar und zugreifbar.

## 2. Vorhaben

Das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik hat Leitfäden und Kompendien (u.a. [5] und [6]) zur Verbesserung der Sicherheit von Steuerungssystemen veröf-

fentlicht. Bei den angesprochenen Zielgruppen handelt es sich einerseits um Hersteller und Integratoren und andererseits um Betreiber kritischer Infrastrukturen sowie große Unternehmen. Insbesondere für kleine und mittelständige Unternehmen besteht jedoch ein Bedarf an einer möglichst einfachen und kostengünstigen Lösung. Die nachfolgend vorgestellten Ergebnisse dienen dabei zum einem dem Management der eingesetzten Komponenten und zum anderen der Analyse des Datenverkehrs in einem Steuerungsnetzwerk.

### 3. Ergebnisse

Die Komponenten sollen ein eigenes Verwaltungsnetzwerk, über das sie selbst Informationen austauschen, und ein Netzwerk für die industriellen Steuerungssysteme aufbauen. Das Netzwerk für die industriellen Steuerungssysteme nutzt das schon vorhandene physische Netzwerk, für das Verwaltungsnetzwerk kann entweder ein weiteres physisches Netzwerk aufgebaut werden oder es kann als virtuelles Netzwerk in das Netzwerk der industriellen Steuerungssysteme integriert werden.

Das Mastersystem stellt das Kontrollzentrum dar. Es dient einerseits als Gateway zwischen dem industriellen Netzwerk und dem herkömmlichen Netzwerk und andererseits stellt es alle Verwaltungsfunktionen für das industrielle Netzwerk bereit. Über eine Verwaltungsoberfläche werden die Zustände der Komponenten angezeigt und es können Konfigurationsaufgaben wie beispielsweise das Hinzufügen neuer Hardware vorgenommen werden. Weitere Dienste wie Firewall, Intrusion Detection System, DNS, DHCP, NTP und einen Syslog-Server werden ebenfalls zur Verfügung gestellt. Zusätzlich dient das Mastersystem als Bereitstellungspunkt für Aktualisierungen der Betriebssysteme und Anwendungen, der Firewall- sowie der ICS-Regeln auf den Satellitensystemen.

Als Betriebssystem für das Mastersystem wird Linux in einer LTS Version verwendet. Für die Verwaltungsoberfläche wird die OpenSource-Software puppet [7] verwendet. Diese kann unter Linux installiert werden, bietet bereits viele Funktionen und wird regelmäßig weiterentwickelt. Damit Funktionen realisiert werden können, die out-of-the-box nicht zum Funktionsumfang von puppet gehören, kann puppet um eigene Funktionen erweitert werden.

Als Hardware für das Mastersystem kann im Prinzip ein beliebiger Computer verwendet werden, der die amd64-Architektur unterstützt und mit drei Netzwerkkarten ausgestattet werden kann. Für die Tests wurde ein UP<sup>2</sup> Minicomputer verwendet, der durch eine USB3-Netzwerkkarte entsprechend erweitert wurde. Auch die Verwendung eines virtualisierten Systems ist denkbar.

Für die Überwachung des Netzwerkverkehrs in einem geschwitzen Ethernet werden entweder spezielle Switches mit einem sogenannten Monitoring- bzw. Mirror-Port benötigt oder es wird eine dezentrale Überwachung aufgebaut. Der gewählte Ansatz greift die zweite Möglichkeit auf und baut auf dezentrale Satellitensysteme. Jeder an das

Netzwerk angeschlossenen Steuerungskomponente wird ein solches Satellitensystem vorgeschaltet. Zwei der drei Netzwerkinterfaces werden als Bridge konfiguriert und ermöglicht dem Satellitensystem die Überprüfung des Netzwerkverkehrs im Netzwerk der industriellen Steuerungssysteme. Die Ergebnisse dieser Überprüfungen und Informationen zum aktuellen Status sowie Hinweise und Warnungen werden über das dritte Netzwerkinterface durch das Verwaltungsnetzwerk an das Mastersystem gesendet.

Auch für die Satellitensysteme kommt ein Linux in einer LTS Version zum Einsatz. Für die Verwaltung mit puppet muss der puppet-Agent installiert werden. Danach kann das System über die Verwaltungswebseite konfiguriert und mit der benötigten Software ausgestattet werden. Die Konfiguration der zwei Netzwerkinterfaces zu einer Brücke ermöglicht es einerseits eine Transparenz gegenüber dem angeschlossenen Steuerungssystem zu erreichen und andererseits kann Snort den Datenverkehr im industriellen Steuerungsnetzwerk analysieren.

Im Prinzip kann für das Satellitensystem die gleiche Hardware wie für das Mastersystem verwendet werden. In den Tests wurde ein UP Board verwendet, an das zwei USB3-Netzwerkkarten angeschlossen wurden. Obwohl es möglich ist, anstelle der amd64-Architektur einen arm-basierten Kleinrechner zu verwenden, empfiehlt es sich aus zwei Gründen, die amd64-Architektur einzusetzen. Der erste Grund ist, dass bei den meisten arm-basierten Kleinrechnern die zusätzlichen Netzwerkkarten nur über USB2 angeschlossen werden können. Häufig ist die interne Netzwerkkarte ebenfalls über USB2 an den Chip angebunden. Dies kann zu Problemen führen, da USB2 maximal den Fast Ethernet Standard unterstützt, die Anbindung an den Prozessor somit bei drei Netzwerkkarten einen Flaschenhals darstellen kann und die für industrielle Steuerungssysteme eingesetzten Protokolle Echtzeitfähigkeit voraussetzen. Zum zweiten werden Betriebssystem- und Anwendungsaktualisierungen erleichtert, da diese nicht für zwei Architekturen getestet und vorgehalten werden müssen.

In diesem Projekt wird für die Erkennung von Angriffen Snort zweistufig eingesetzt. Auf dem Mastersystem wird Snort genutzt, um den Netzwerkverkehr zwischen dem Steuerungsnetzwerk und dem Netzwerk des Unternehmens beziehungsweise dem Internet zu überprüfen. Auf den Satellitensystemen führt Snort eine Überwachung des Netzwerkverkehrs zwischen ihnen selbst und anderen Kommunikationsendpunkten im industriellen Netzwerk durch. Snort enthält bereits eine Erweiterung für die Siemens-Protokolle mit. Die Überwachung des Netzwerks und die auszuführenden Befehle lassen sich mit Hilfe von Regeln steuern. Durch die Aufzeichnung und Analyse des Netzwerkverkehrs im Testnetzwerk konnten die Regeln erweitert werden.

Als Grundlage der Umsetzung von IT-Sicherheit in einem industriellen Steuerungsnetzwerk ist es notwendig, Komponenten über einen zentralen Server zu konfigurieren, zu verwalten und zu überwachen. Dadurch können neue Komponenten schnell eingerichtet werden und der aktuelle Status ist, zum Beispiel in Hinblick auf den Aktualisierungsstatus, für alle Komponenten erkennbar. Um Angriffe erkennen zu können, muss bekannt

sein, wie die Komponenten miteinander und mit dem Internet kommunizieren. In einem konzipierten Testnetzwerk wurde der Datenverkehr aufgezeichnet und ausgewertet. Anhand der daraus gewonnenen Informationen werden grundlegende Regeln definiert, um den Datenverkehr zu klassifizieren und ihn auf Anomalien hin zu überprüfen.

#### 4. Ausblick

Die gewonnenen Ergebnisse dienen als Basis einer geplanten Soft- und Hardwarelösung, die sich besonders für den Einsatz in kleinen und mittelständischen Unternehmen eignet. Ziel ist das Herstellen eines eigenen Netzwerksegments, dessen Datenverkehr überwacht und ausgewertet werden kann. Im weiteren Verlauf sollen zentrale Funktionen und Dienste, beispielsweise die Erkennung unbekannter neuer Geräte, die Aktualisierung der eingesetzten Betriebssysteme und Anwendungen oder die für forensische Untersuchungen wichtige Zeitsynchronisation erforscht und implementiert werden.

#### 5. Literaturverzeichnis

- [1] C. Stöcker, „Angriff auf Irans Atomprogramm - Stuxnet Virus könnte tausend Uran-Zentrifugen zerstört haben“ SPIEGEL, [Online]. Verfügbar: <https://www.spiegel.de/netzwelt/netzpolitik/angriff-auf-irans-atomprogramm-stuxnet-virus-koennte-tausend-uran-zentrifugen-zerstoert-haben-a-736604.html>. [Zugriff am 21.09.2020]
- [2] R. M. Lee, M. J. Assante und T. Conway, „Analysis of the Cyber Attack on the Ukrainian Power Grid“ 18.03.2016. [Online]. Verfügbar: [https://ics.sans.org/media/E-ISAC\\_SANS\\_Ukraine\\_DUC\\_5.pdf](https://ics.sans.org/media/E-ISAC_SANS_Ukraine_DUC_5.pdf). [Zugriff am 24.09.2020].
- [3] M. J. Assante, R. M. Lee und T. Conway, „ICS Defense Use Case No. 6: Modular ICS Malware“ 02.08.2017. [Online]. Verfügbar: [https://ics.sans.org/media/E-ISAC\\_SANS\\_Ukraine\\_DUC\\_6.pdf](https://ics.sans.org/media/E-ISAC_SANS_Ukraine_DUC_6.pdf). [Zugriff am 23.09.2020].
- [4] Shodan, „Shodan“ [Online]. Verfügbar: <https://www.shodan.io>. [Zugriff am 07.01.2021].
- [5] Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik, „ICS-Security-Kompodium für Hersteller und Integratoren“ 14.11.2014. [Online]. Verfügbar: <https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/BSI/ICS/ICS-Security-Kompodium-Hersteller.pdf>. [Zugriff am 14.01.2020].
- [6] Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik, „ICS-Security-Kompodium Teil 1“ 25.11.2013. [Online]. Verfügbar: [https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/BSI/ICS/ICS-Security\\_kompodium\\_pdf.pdf](https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/BSI/ICS/ICS-Security_kompodium_pdf.pdf). [Zugriff am 14.01.2020].
- [7] Puppet, „Open Source Puppet“ [Online]. Verfügbar: <https://puppet.com/open-source/#osp>. [Zugriff am 20.12.2020].

# Montagegerechte Gestaltungsrichtlinien unter Anwendung von Objekterkennungsalgorithmen

Gerlach, J.; Riedel, A.; Uslu, S.; Engelmann, F.; Brehm, N.

Ernst-Abbe-Hochschule Jena

E-Mail: Johanna.Gerlach@eah-jena.de

## Kurzfassung

Durch die Integration von Objekterkennungsalgorithmen können wichtige Informationen über Arbeitsschritte und Montagefehler in der manuellen Montage abgeleitet werden. Dadurch bestehen große Potenziale, Montagezeiten und Ausschussquoten zu reduzieren.

Diese Potenziale können allerdings nur ausgeschöpft werden, wenn die zu montierenden Produkte für den Einsatz von Objekterkennungsalgorithmen geeignet sind und sicher erkannt werden. Im Forschungsprojekt wird daher untersucht, welche Produkteigenschaften für eine optimale Objekterkennung vorteilhaft sind.

## 1. Einleitung

Obwohl daraus ein hoher Zeit- und Kostenaufwand resultiert, wird in vielen Unternehmen noch immer manuell montiert. Um im internationalen Wettbewerb dennoch bestehen zu können, werden potenzielle Optimierungsansätze für die manuelle Montage in verschiedenen Forschungsprojekten untersucht [1][2][3]. Große Potenziale liegen in der Integration von Objekterkennungsalgorithmen. Indem der Montageprozess aufgezeichnet und mittels Objektdetektion analysiert wird, können Informationen über Arbeitsschritte, Montagefehler oder den aktuellen Zustand des Produkts abgeleitet werden. Für Datensätze wie COCO oder ImageNet ist die Leistungsfähigkeit von Objekterkennungsalgorithmen ausführlich untersucht [4]. Während die beschriebenen Datensätze allgemeine Objektklassen wie Tiere, Gebäude oder Pflanzen beinhalten, müssen in der manuellen Montage spezielle Objekte mit eindeutigen Erscheinungsbildern detektiert werden. Um diese ebenso zuverlässig zu erkennen, kann es notwendig sein, den Objekterkennungsalgorithmus oder die Form der Objekte anzupassen. Im Forschungsprojekt soll der zweite Ansatz untersucht werden. Da sich Gestaltungsrichtlinien für industrielle Produkte leichter modifizieren lassen, als die Form von Tieren, Gebäuden oder Pflanzen, wurde dieser Ansatz bislang selten betrachtet.

Insgesamt könnten Montagezeiten und -fehler in der manuellen Montage durch den Einsatz von Objekterkennungsalgorithmen reduziert werden. Es stellt sich jedoch die Frage, ob gegenwärtige Produkte für ihre Anwendung geeignet sind. Nur wenn Bauteile

durch bestehende Algorithmen eindeutig erkannt werden, ist ihr Einsatz in der manuellen Montage zielführend. Aktuelle Gestaltungsrichtlinien für eine montagegerechte Konstruktion greifen den Aspekt der Objekterkennung bislang nicht auf. Aus diesem Grund wird im Rahmen des Forschungsvorhabens untersucht, welche konstruktiven Produkteigenschaften für eine optimale Objekterkennung anzustreben sind.

## 2. Methode

Die zum Untersuchungszeitpunkt verfügbaren Objekterkennungsalgorithmen basieren auf gefalteten neuronalen Netzen (CNNs), welche in mehreren Schichten hintereinander angeordnet sind. Während die ersten Schichten einfache Bildmerkmale wie Ecken und Kanten erkennen, dienen die tieferen Schichten dazu, komplexe Konturen und höherdimensionale Merkmale zu detektieren. Auf dieser Grundlage wurden Hypothesen entwickelt (siehe Abbildung 1). Sie berücksichtigen mögliche Grenzen von CNNs, wie kleine Unterschiede zwischen zwei Objekten oder eine schwache Ausprägung von Merkmalen. Da eine Hypothese statistisch nicht bewiesen, sondern lediglich widerlegt werden kann, wurden Null- und Alternativhypothesen formuliert. Lässt sich eine Nullhypothese signifikant widerlegen, kann die jeweilige Alternativhypothese angenommen werden [5].



Abbildung 1: Null- und Alternativhypothesen

Um die aufgestellten Hypothesen experimentell zu untersuchen, wurden zunächst die unabhängigen und abhängigen Variablen definiert. Als abhängige Variable wurde die

Mean Average Precision (mAP) verwendet. Sie ergibt sich aus der Fläche unter der Funktion Precision (Recall), wobei der Recall als die richtige Positivquote (Sensitivität) und die Precision als der positive Vorhersagewert (Genauigkeit) definiert ist und bewertet sowohl die Qualität der Klassifikation als auch der Positionsbestimmung durch das Vorhersagemodell. [6]

Als zu variierender Faktor wurde die Geometrie und das optische Erscheinungsbild der Untersuchungsgegenstände definiert. Um sicherzustellen, dass ausschließlich der Einfluss der Bauteilbeschaffenheit gemessen wird, sind alle weiteren Steuergrößen konstant zu halten. Zu diesen zählen neben der Beleuchtungsintensität der Bildhintergrund, die Bildqualität, die Bildperspektive, die Anzahl der verwendeten Trainings- und Validierungsbilder sowie der angewendete Algorithmus. Anschließend wurde ein Versuchsaufbau geplant, welcher die Steuergrößen konstant hält, während die Geometrie bzw. das optische Erscheinungsbild der Untersuchungsgegenstände variiert werden. Der prinzipielle Ablauf der Untersuchung ist in Abbildung 2 dargestellt.

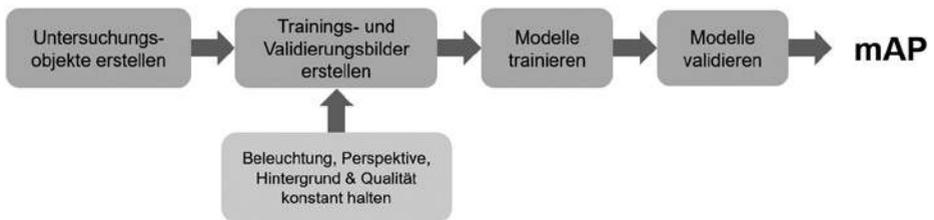
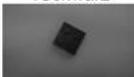
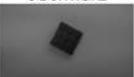


Abbildung 2: Versuchsablauf

Im ersten Schritt wurden die in Tabelle 1 dargestellten Untersuchungsobjekte erstellt. Während die im Referenzmodell enthaltenen Formen 1-4 matte und helle Oberflächen sowie simple, nicht ähnliche und harte Konturen besitzen, weisen die Objekte der Testmodelle jeweils entgegengesetzte Eigenschaften auf. Für die aufgeführten Modelle werden mAPs generiert und miteinander verglichen, um festzustellen, welche Objekte durch den Algorithmus besser unterschieden werden.

Anschließend wurden die Untersuchungsobjekte fotografiert. Dabei wurde sichergestellt, dass sich die Bilder ausschließlich in der dargestellten Objektgeometrie oder dem optischen Erscheinungsbild unterscheiden. Insgesamt wurden je Objekt 360 Bilder aufgezeichnet und im Verhältnis 4:1 in Trainings- und Validierungsbilder unterteilt. Anschließend wurde das Modell über 40.000 Iterationen trainiert. Dabei wurde ein Faster-RCNN-Modell mit ResNet-50-Backbone und einem Feature-Pyramid-Network-Head genutzt, da es einen guten Kompromiss zwischen Erkennungsgenauigkeit, Trainingszeit, Inferenzzeit und Modellgröße darstellt. Die Modellarchitektur, sowie ein über ~37 Epochen auf dem COCO-Datensatz vortrainiertes Modell wurden dem PyTorch-Framework detectron2 entnommen. [7][8]

Tabelle 1: Untersuchungsobjekte

<b>Modell</b>	<b>Beinhaltete Objekte</b>			
Referenz	1	2	3	4
Spiegelnd	1Spiegelnd 	2Spiegelnd 	3Spiegelnd 	4Spiegelnd 
Dunkel	1Schwarz 	2Schwarz 	3Schwarz 	4Schwarz 
Komplex	5 	6 	7 	8 
Weich	1Weich 	2Weich 	3Weich 	4Weich 
Ähnlich 1	1 	1.1 	1.2 	1.3 
Ähnlich 2	2 	2.1 	2.2 	2.3 
Ähnlich 3	3 	3.1 	3.2 	3.3 
Ähnlich 4	4 	4.1 	4.2 	4.3 
Verschiedene Größe	1 (s. o.) & 1Klein 	2 (s. o.) & 2Klein 	3 (s. o.) & 3Klein 	4 (s. o.) & 4Klein 

### 3. Ergebnisse

Durch den Trainings- und Validierungsprozess wurde je Modell eine mAP erzeugt. Dieser Wert gibt an, wie gut die im Modell enthaltenen Objekte durch den eingesetzten AI-

gorithmus unterschieden wurden. Tabelle 2 zeigt die Ergebnisse aller trainierten Modelle. Es wird deutlich, dass alle Objekte – mit Ausnahme der dunklen Formen – genauso gut wie die Referenzobjekte detektiert werden. Die auftretenden Differenzen der mAP zeigen keinen signifikanten Unterschied, sodass die aufgestellten Nullhypothesen nicht widerlegt werden können.

Tabelle 2: Versuchsergebnisse I

mAP <sub>Spiegelnd</sub>	mAP <sub>Dunkel</sub>	mAP <sub>Komplex</sub>	mAP <sub>Weich</sub>	mAP <sub>Ähnlich</sub>	mAP <sub>Gleich</sub>
84,02	99,80	86,52	86,85	83,96*	86,67
<b>mAP<sub>Referenz</sub></b>					
86,04					
* Mittelwert aus den mAP-Werten der Modelle Ähnliche Konturen 1-4					

Darüber hinaus zeigt die Untersuchung, dass die mAP des Modells „Dunkel“ deutlich über der Erkennungsgenauigkeit des Referenzmodells liegt, sodass die dazugehörige Nullhypothese zwar widerlegt, die Alternativhypothese ( $mAP_{Dunkel} < mAP_{Referenz}$ ) jedoch nicht bestätigt werden kann. Es wurde ein entgegengesetzter Zusammenhang beobachtet, welcher durch weitere Versuche untersucht wurde.

Dazu wurden vier weitere Modelle erzeugt, welche Bilder der Formen 1-4 in schwarz bzw. weiß auf schwarzem bzw. weißem Hintergrund enthalten, siehe Tabelle 3. Die Versuchsergebnisse in Tabelle 4 machen deutlich, dass Bauteile vor einem andersfarbigen Hintergrund besser erkannt werden, als Bauteile vor einem gleichfarbigen Hintergrund. Insbesondere weiße Bauteile vor weißem Hintergrund werden durch den Algorithmus schlecht detektiert. Die Analyse der Validierungsbilder lässt vermuten, dass die Objekte auf den Bildern dabei nicht verwechselt, sondern durch die geringe Konturabhebung gar nicht erkannt wurden.

Tabelle 3: Untersuchungsobjekte Versuchsteil II

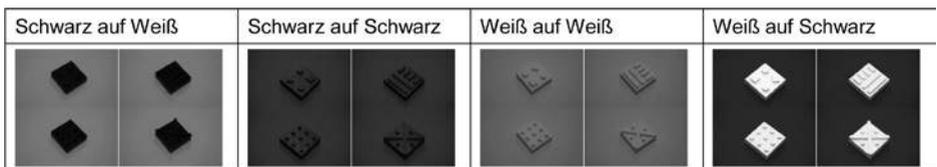


Tabelle 4: Versuchsergebnisse II

mAP <sub>SchwarzAufWeiß</sub>	mAP <sub>SchwarzAufSchwarz</sub>	mAP <sub>WeißAufWeiß</sub>	mAP <sub>WeißAufSchwarz</sub>
99,80	90,07	12,39	97,40

## 4. Ausblick

Aus den Untersuchungsergebnissen lassen sich keine vorteilhaften Produkteigenschaften für eine optimale Objekterkennung ableiten. Es zeigen sich jedoch auch keine nachteiligen Eigenschaften, sodass Konstrukteure bei der Gestaltung von Produkten weiterhin frei bleiben. Die Untersuchung zeigt, dass ein konventionelles Faster-R-CNN-Modell alle Objekte in Bezug auf die untersuchten Gestaltungsmerkmale erkennt. Da die Erkennungsqualität durch den Bauteilhintergrund jedoch beeinflusst werden kann, sollte dieser im Rahmen der Arbeitsplatzgestaltung sinnvoll ausgewählt werden.

Die vorliegende Untersuchung berücksichtigt ausschließlich Hypothesen, welche sich auf einzelne Bauteile beziehen. Darüber hinaus sind weitere Produkteigenschaften, wie bspw. die Erkennbarkeit von Baugruppen oder Normteilen, zu prüfen. Da die vorliegende Untersuchung anhand vereinfachter Geometrien durchgeführt wurde, sollte außerdem untersucht werden, ob sich die Ergebnisse an realen Produkten bestätigen lassen.

Insgesamt liefert das vorliegende Forschungsprojekt erste Erkenntnisse zu konstruktiven Gestaltungsrichtlinien für Produkte, welche unter Anwendung von Objekterkennungsalgorithmen montiert werden sollen. Um eine abschließende Aussage tätigen zu können, ob sich durch ihren Einsatz Einschränkungen hinsichtlich der Produktgestaltung ergeben, sind jedoch noch weitere Untersuchungen notwendig.

## 5. Literaturverzeichnis

- [1] Schreiber, W.; Zürl, K.; Zimmermann, P. (Hrsg.): „Web-basierte Anwendungen Virtueller Techniken – Das ARVIDA-Projekt – Dienste-basierte Software-Architektur und Anwendungsszenarien für die Industrie“, Heidelberg; Berlin: Springer Vieweg (2017)
- [2] Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS): „Forschungsbericht 502 – Einsatz von digitalen Assistenzsystemen im Betrieb“, [https://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/PDF-Publikationen/Forschungsberichte/fb502-einsatz-von-digitalen-assistenzsystemen-im-betrieb.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=1](https://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/PDF-Publikationen/Forschungsberichte/fb502-einsatz-von-digitalen-assistenzsystemen-im-betrieb.pdf?__blob=publicationFile&v=1), veröffentlicht 2018, abgerufen am 03.10.2020 (2018)
- [3] Karlsruher Institut für Technologie (KIT): „KI unterstützt Fachkräfte bei der Montage“, [https://www.kit.edu/kat/pi\\_2020\\_047\\_ki-unterstutzt-fachkraefte-bei-der-montage.php](https://www.kit.edu/kat/pi_2020_047_ki-unterstutzt-fachkraefte-bei-der-montage.php), veröffentlicht 2020, abgerufen am 14.10.2020 (2020)
- [4] Bochkovskiy, A.; Wang, C.-Y.; Liao, H.-Y.: YOLOv4: „Optimal Speed and Accuracy of Object Detection“, <https://arxiv.org/pdf/2004.10934.pdf>, veröffentlicht 2020, abgerufen am 05.02.21 (2020)
- [5] Siebertz, K.; Bebbler, D.; Hochkirchen, T.: „Statistische Versuchsplanung, Design of Experiment (DoE)“, 2. Auflage, Heidelberg; Berlin: Springer Vieweg (2017)

- 
- [6] Henderson, P.; Ferrari, V.: „End-to-end training of object class detectors for mean average precision“, <https://arxiv.org/pdf/1607.03476.pdf>, veröffentlicht 2017, abgerufen am 05.02.21 (2017)
  - [7] Wu, Y.; Kirillov, A.; Massa, F.;Lo, W.-Y.; Girshick, R.: „facebookresearch / detectron2“, <https://github.com/facebookresearch/detectron2>, abgerufen am 10.10.2020 (2020)
  - [8] Ren, S.; He, K.; Girshick, R.; Sun, J.: „Faster R-CNN: Towards Real-Time Objekt Detection with Region Proposal Networks“, <https://arxiv.org/pdf/1506.01497.pdf>, veröffentlicht 2016, abgerufen am 05.02.21 (2016)

## Linux-Distribution zur sicheren Erstellung von Cold Storage Wallets

Johns, L.

Hochschule Mittweida, University of Applied Sciences

E-Mail: ljohns@hs-mittweida.de

### Kurzfassung

Im Rahmen dieses Projektes soll ein Linux-basiertes Live-System zur sicheren Erstellung von Cold Wallets für Kryptowährungen entwickelt werden. Hierfür wurde zunächst der Prozess mit bisherigen Mitteln umfassend analysiert. Ausgehend davon, wurden Anforderungen für eine Lösung im Hinblick auf Sicherheit, Benutzerfreundlichkeit und Erweiterungsmöglichkeiten ausgearbeitet. Das Ergebnis enthält quell-offene Werkzeuge zur sicheren Generierung der kryptografischen Schlüssel für gängige Kryptowährungen. Die Auswahl erfolgt durch eine detaillierte Überprüfung der verfügbaren Werkzeuge. Auf der Basis dieser Anforderungen wurde ein entsprechendes Live-System entwickelt. Abschließend werden eventuelle Probleme und Verbesserungsmöglichkeiten dargestellt.

### 1. Einleitung

Um Kryptowährungen sicher aufzubewahren, hat sich das Speichern der Private Keys in sogenannten Cold Storage Wallets bewährt. Das sind Wallets, die zu keinem Zeitpunkt mit dem Internet verbunden sind. Die Private Keys werden dabei entweder auf spezieller Hardware gespeichert oder können alternativ auch ausgedruckt werden. Letzteres wird als Paper-Wallet bezeichnet. Da die Anschaffung eines Hardware-Wallets in der Regel mit einem Kostenaufwand verbunden ist, werden häufig einfach Paper-Wallets zur längeren Lagerung von Kryptowährungen eingesetzt. Um diese Paper-Wallets zu erstellen, muss ein gültiges Schlüsselpaar, bestehend aus Private- und Public Key generiert werden. Für alle gängigen Kryptowährungen stehen dafür längst Werkzeuge zur Verfügung, meistens in JavaScript implementiert. Unzählige Artikel und Tutorials erklären, wie beispielsweise ein Bitcoin Paper-Wallet erstellt werden kann. Immer wieder gibt es hier aber auch Angebote von Betrügern, die die Schlüsselerzeugung manipuliert haben. Sicherer ist dagegen, die Schlüsselgenerierung offline durchzuführen. Letztlich hat sich dafür die Generierung in einem schmalen Linux-System bewährt, welches offline und einmalig gestartet wird. Hier kommen meist Distributionen, wie Tails oder Ubuntu Live-USB zum Einsatz. Diese sind aber in keiner Weise auf eine so spezielle Aufgabe optimiert. Daraus erschließt sich die Motivation dieses Projekts. Ziel soll es sein, eine Lösung zu entwickeln, die einen sicheren und einfachen Erstellungsprozess von Paper-Wallets ermöglicht.

## 2. Risikofaktoren und Angriffsmöglichkeiten

Zunächst besteht das Risiko, keine seriöse Software zu verwenden. Vor allem unerfahrene Anwender sind davon betroffen. Bei Softwareprodukten, die etwas mit Kryptowährungen zu tun haben, taucht immer wieder auch Spyware auf. So beispielsweise auch bei Wallet-Anwendungen für das Smartphone [1]. Außerdem werden Phishing-Seiten verwendet, um Nutzer dazu zu bringen, sich eine Adresse dort generieren zu lassen. Die Betreiber der Phishing-Seiten haben verschiedene Methoden, um es so aussehen zu lassen, als seien die Private Keys tatsächlich zufällig generiert. Oft verfahren die Betrüger so, dass sie erst eine gewisse Zeit abwarten, bis genug Nutzer Opfer des Phishing-Angriffs wurden, um dann das Guthaben aller Wallets auf eigene Adressen zu transferieren[2]. Für so einen Angriff ist es noch nicht einmal erforderlich, dass der Rechner des Anwenders mit dem Internet verbunden ist. Es reicht aus, dass ein manipulierter Zufallsgenerator im verwendeten Programm zum Einsatz kommt. Wenn dieser keine echte Entropie liefert, sondern vorbestimmte Werte, kann die Anzahl der möglichen Adressen stark begrenzt werden. Der Angreifer kann die Erzeugung dann reproduzieren und alle privaten Schlüssel berechnen. Wenn ein Programm beispielsweise nur etwa 10000 verschiedene Adressen generiert, ist das entsprechend einfach möglich. Als Referenz hierfür dient ein Fall, durch den Betrüger etwa vier Millionen US-Dollar stehlen konnten, indem sie ein manipuliertes Tool zur Generierung von IOTA-Seeds anboten [2]. Obwohl die JavaScript-Anwendung auf GitHub veröffentlicht wurde, blieb die Manipulation unentdeckt. Ein weiteres Risiko geht von Spyware im allgemeineren Sinne aus. Speziell Rechner, die bereits mit Malware infiziert sind und für die Generierung von Kryptoadressen verwendet werden, stellen ein sehr hohes Risiko dar. Die Chancen sind dann recht hoch, dass dies ebenfalls zu einer kompromittierten Adresse führt. Moderne Spyware, die permanent den Hauptspeicher des Opfers durchsucht, verfügt häufig auch über einen Payload zur Ermittlung möglicher Kryptoadressen. Ein Payload ist der Teil der Schadsoftware, der den tatsächlichen Schaden anrichtet. Im Falle der Spyware, stellt die Beschaffung der Informationen den Schaden dar. Ein Beispiel dafür ist Clipboard-Hijacker-Malware, die den Zwischenspeicher überwacht und bei einer entdeckten Bitcoin-Adresse, diese mit einer eigenen austauscht [3]. Überprüft das Opfer eine eingefügte Adresse nicht noch einmal, gehen die Transaktionen auf ein Wallet des Betrügers.

## 3. Aufbau des Systems

Für die Erstellung der Distribution wird das Debian Live-Build Framework verwendet [4]. Das Debian Project hat bereits 2010 angekündigt, den Debian Kernel komplett ohne proprietäre Firmware zu entwickeln [5]. Die Basis der Distribution bildet daher ein 32-Bit Debian GNU/Linux der Release-Schiene "testing", da das "stable"

Release in der Regel sehr alte Versionen von Anwendungen bezieht. Die Konfiguration der Distribution erfolgt bei Live-Build durch eine umfangreiche Verzeichnisstruktur [Abbildung 1]. Aus dieser Struktur kann das komplette System gebaut werden. Als Bezugsquelle der Softwarepakete sind die Debian-Repositorys voreingestellt. Eine essenzielle Softwarekomponente der Distribution stellt der Browser dar. Viele Werkzeuge zur Schlüsselerzeugung sind in JavaScript implementiert und werden im Browser ausgeführt. Speziell die kryptografischen Funktionen der Browser-API werden im Hinblick auf die spätere Verwendung im System wichtig. Für dieses Projekt wird Mozilla Firefox ESR verwendet. Dieser ist vollständig quell-offen und im Debian main repository verfügbar.



Abbildung 1: Konfigurationsverzeichnis von live-build

Generell wird für das Live-System Wert auf ein minimalistisches Design gelegt. Sowohl die enthaltene Software als auch die Bedienung sind auf den schmalen Anwendungsfall fokussiert. Weitere Merkmale sind das Init-System `systemd`, der Bootloader `SYSLINUX` und der verwendete Desktop `Xfce4` [Abbildung 2]. Eine Besonderheit des Systems ist, dass es standardmäßig mit deaktiviertem Root-Benutzerkonto startet. Der Linux-Kernel kann mit der Option `“noroot“` gestartet werden, um die Verwendung als Root zu verhindern. Der Gedanke ist hier, dass ein Root-Benutzerkonto, welches nicht verwendet werden kann, auch keinen Schaden anrichtet. Weiterhin ist die Distribution permanent vom Netzwerk getrennt. Auch hier mittels Kernelparameter realisiert, da die Trennung möglichst weit unten im System-Stack durchgeführt werden soll.

#### 4. Random number generator

Innerhalb des Live-Systems wird eine sichere Zufallsgenerierung benötigt. Aktuell nutzen fast alle enthaltenen Tools die Browserfunktionen. Es gibt aber auch andere Imple-



Abbildung 2: Desktop

mentierungen, wie zum Beispiel ein Shellsript für die Generierung von IOTA-Seeds. Hier wird der Kernel-RNG verwendet und dieser bedarf weiterer Maßnahmen. Linux stellt als Entropiequelle zwei Gerätedateien zur Verfügung. Das sind “/dev/random“ und “/dev/urandom“. Gefüllt wird dieser Entropiespeicher mit Rauschwerten aus der Umgebung des Kernels, z.B. von Gerätetreibern [6]. Da ein Systemstart ohne zusätzliche Nutzerinteraktion in der Regel stark vorhersehbar ist, wird die gesammelte Entropie normalerweise beim Herunterfahren des Systems auf der Festplatte gespeichert. Da ein Live-System aber jedes mal mit dem exakt gleichen Datenträgerabbild startet, ist genau dieser Schritt nicht möglich. Die Problematik von Zufallszahlen in Live-Systemen ist selbst für diesen speziellen Fall nicht neu. Das Betriebssystem Tails hat ebenfalls den Anspruch, kryptografische Werkzeuge nutzen zu können. Die Entwickler von Tails versuchen das Seeding des Linux-Kernels mit zwei zusätzlichen Entropiequellen zu steigern [7]. Speziell handelt es sich dabei um zwei Daemons, die in das System integriert werden. Der erste ist rngd, welcher bei einem vorhandenen Hardware-RNG, diesen für das Seeding des Entropiepools nutzt, bis ein definierter Grenzwert erreicht ist. Nicht jedes System verfügt über einen Hardware-RNG, sodass rngd nicht in jedem Fall hilft. Deshalb gibt es noch eine zweite Quelle, die mit dem haveged-Daemon realisiert wird. Dieser nutzt den HAVEGE-Algorithmus (Hardware Volatile Entropy Gathering und

Expansion), der aus schwer vorhersagbaren Stati des Prozessors, Entropie sammelt [8]. Es handelt sich dabei nicht um einen Ersatz für einen Hardware-RNG. Der Entwickler ordnet den Algorithmus wie folgt ein.

*„One could theoretically reproduce the sequence if he/she was able to reproduce all the past events on the machine. They are not pseudo-random either since there is no (short) seed which would allow an exact reproduction of the random sequence. The randomness results instead from an inability to control or predict with sufficient accuracy the events involved in the generation process.“ [9]*

Laut der Beschreibung des offiziellen Debian-Pakets ist haveged vor allem für den Einsatz auf Server- und Headless-Systemen mit eingeschränkter Benutzerinteraktion gedacht [10]. Live-Systeme, wie Tails oder die hier entwickelte Distribution haben mit Serversystemen insofern gemein, dass zum Zeitpunkt der Verwendung von Zufallszahlen, wenig Nutzerinteraktionen stattgefunden haben.

## 5. Integrierte Software

Anfangs sind Werkzeuge für 13 Kryptowährungen eingeplant. Die Auswahl der Kryptowährungen soll möglichst viele Nutzer ansprechen. Daher werden einfach die Kryptowährungen mit dem derzeit höchsten Handelsvolumen ausgewählt [11].

Tabelle 1: Integrierte Software zur kryptografischen Schlüsselerzeugung

Kryptowährung	Software	Implementierung	RNG
Bitcoin	bitaddress.org	JavaScript	crypto.getRandomValues, user generated entropy
Ethereum	myetherwallet	JavaScript	crypto.getRandomValues
Ripple	ripply.eu	JavaScript	crypto.getRandomValues
Bitcoin Cash	bitcoin.com	JavaScript	crypto.getRandomValues, user generated entropy
EOS	eosafe paper-wallet	JavaScript	crypto.getRandomValues
Stellar	stellar-paper-wallet	JavaScript	crypto.getRandomValues
Litecoin	liteaddress.org	JavaScript	crypto.getRandomValues, user generated entropy
Monero	monero-wallet-generator	JavaScript	crypto.getRandomValues, user generated entropy
Tron	tronpaperwallet.org	JavaScript	crypto.getRandomValues
IOTA	IOTA-Paper-Wallet	JavaScript	none, seed generation is implemented from kernel rng

Tabelle 1 (Fortsetzung): Integrierte Software zur kryptografischen Schlüsselerzeugung

Kryptowährung	Software	Implementierung	RNG
Dash	paper.dash.org	JavaScript	crypto.getRandomValues, user generated entropy
NEO	Ansy	JavaScript	crypto.getRandomValues
Ethereum Classic	myetherwallet	JavaScript	crypto.getRandomValues

## 6. Ergebnis/Diskussion

Das System ist wie geplant funktionsfähig und wird den grundlegenden Anforderungen gerecht. Letztlich ist die Entwicklung einer Linux-Distribution ein sehr umfangreicher Prozess und wird für eine einzelne Person überhaupt erst möglich, durch Projekte wie Live-Build von Debian. Bei der Entwicklung bekannter Distributionen sind daher oft große Teams in diesen Prozess involviert. An Verbesserungsmöglichkeiten wäre zu nennen, neue Werkzeuge in das System zu integrieren und die Distribution noch schmalere und kompakter zu gestalten. In Zukunft könnte das Live-System dahingehend ausgebaut werden, dass es nicht mehr nur auf das Erstellen von Paper-Wallets beschränkt ist. Denkbar ist hier eine Live-Distribution für generelle Aufgaben im Bereich Kryptowährungen, die in einer isolierten Umgebung sinnvoll sind.

## 7. Literaturverzeichnis

- [1] Lookout: [blog.lookout.com](http://blog.lookout.com), 3 fake Bitcoin wallet apps appear in (and are quickly removed from) Google Play Store, <https://blog.lookout.com/fake-bitcoin-wallet> (2017)
- [2] Mirko Ross: [heise.de](http://heise.de), Kryptowährung: IOTA im Wert von vier Millionen US-Dollar geklaut, <https://www.heise.de/ix/meldung/Kryptowahrung-IOTA-im-Wert-von-vier-Millionen-US-Dollar-geklaut-3952723.html> (2018)
- [3] Lawrence Abrams: [bleepingcomputer.com](http://bleepingcomputer.com), Clipboard Hijacker Malware Monitors 2.3 Million Bitcoin Addresses, <https://www.bleepingcomputer.com/news/security/clipboard-hijacker-malware-monitors-23-million-bitcoin-addresses> (2018)
- [4] Debian Live Team: [debian developers' corner](http://debian.developers.org), Debian Live Project, <https://www.debian.org/devel/debian-live/index.en.html> (2018)
- [5] Debian Projekt: [Debian Nachrichten](http://Debian.Nachrichten.org), Debian 6.0 Squeeze wird mit vollständig freiem Linux-Kernel veröffentlicht, <https://www.debian.org/News/2010/20101215> (2010)
- [6] Michael Kerrisk: [Ubuntu Manpage Repository](http://Ubuntu.Manpage.Repository.org), Ubuntu Manpage: random, urandom - Kernel-Geräte zur Erzeugung von Zufallszahlen, <http://manpages.ubuntu.com/manpages/precise/de/man4/random.4.html> (2018)
- [7] Tails project: [tails.boum.org](http://tails.boum.org), Tails - Random numbers, <https://tails.boum.org/contribute/design/random/> (2018)

- [8] Olivier Rochecouste: irisa.fr, HAVEGE Hardware Volatile Entropy Gathering and Expansion, Overview, <http://www.irisa.fr/caps/projects/hipsor/> (2006)
- [9] Olivier Rochecouste: irisa.fr, Execution time of a short sequence of instructions and hardware volatile states in a modern microprocessor, <http://www.irisa.fr/caps/projects/hipsor/misc.php#measure> (2006)
- [10] Debian Team: packages.debian.org, Debian -- Informationen über Paket haveged in buster, <https://packages.debian.org/buster/haveged> (2018)
- [11] CoinMarketCap: coinmarketcap.com, Cryptocurrencies Market Capitalization, <https://coinmarketcap.com/> (2018)

# Laser-Oberflächen-Texturierung von technischen Keramiken unter Verwendung einer räumlich modulierten Intensitätsverteilung

Kleckner, F.; Seiler, M.; Bliedtner, J.

Ernst-Abbe-Hochschule Jena, Fachbereich SciTec

E-Mail: Frederik.Kleckner@stud.eah-jena.de

## 1. Einführung

Keramische Werkstoffe werden heute für eine Vielzahl von Applikationen verwendet, wie etwa in der Regel- und Leistungselektronik sowie der Sensortechnik. Für die Bestückung von Substraten aus keramischen Werkstoffen ist beispielsweise das Einbringen von Fließzongengrenzen von Interesse [1]. Bisher wurde die Benetzbarkeit der Oberfläche untersucht und wie diese in Abhängigkeit der Laserparameter beeinflusst werden kann, siehe Shen et al. [2] und Jagdheesh [3]. In dieser Arbeit wird die Laser-Oberflächen-Texturierung von  $\text{Al}_2\text{O}_3$  und  $\text{AlN}$  mittels ultrakurzer Laserpulse und einer räumlichen Strahlformung untersucht. Die räumliche Strahlformung ist hier besonders interessant, da für die Laserprozessierung anderer Substrate bereits gezeigt wurde, dass dadurch die Prozessgeschwindigkeit deutlich erhöht werden kann [4]. Als Zielgröße wird der Kontaktwinkel in Korrelation zu den Strukturierungsparametern analysiert.

## 2. Methodisches Vorgehen

Der Versuchsaufbau besteht aus einem Pikosekundenlaser (TRUMPF TruMicro 5050,  $\lambda = 1030$  nm,  $t_p = 7$  ps,  $f_{\text{rep}} = 12,5$  kHz), einem Galvanometer Scanner (Scanlab HurrySCAN II 14, F-Theta-Objektiv  $f = 100$  mm), dem strahlformenden Element (AdlOptica focalPiShaper), das eine Top-Hat Intensitätsverteilung ermöglicht und einem kartesischen Positioniersystem.

Die Versuche umfassen den flächigen Oberflächenabtrag und die Strukturierung der Oberfläche. Als Voruntersuchung wird die Abtragsschwelle nach Liu et al [5] bestimmt. Die Erkenntnisse werden auf flächige Strukturen mit einer Feldgröße von  $10 \times 10$  mm übertragen. Neben den Prozessparametern wie Pulsabstand, der Anzahl an Überfahrten und Fluenz werden für die Strukturen die Säulenbreite und die Grabenbreite variiert. Ausgewertet werden die Proben an einem Konfokalmikroskop (Zeiss SmartProof 5) und an einem Kontaktwinkelmessgerät (Dataphysics OCA 15+).

### 3. Ergebnisse

Die statischen Kontaktwinkel der erzeugten Oberflächen hängen primär von der vergangenen Zeit zwischen Laserprozessierung und Messung ab. Weitere untersuchte Parameter wie Fluenz, Strukturtiefe, Anzahl der Überfahrten und „Spacing Factor“ (Grabenbreite/Säulenbreite) liefern hingegen keine, beziehungsweise nur geringe Korrelationen. Die Abbildung 1 stellt die Ergebnisse für Strukturen auf  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dar. Eine Übereinstimmung der Experimente mit den theoretischen Modellen nach Wenzel und Cassie ist hier nicht klar erkennbar. Der maximal ausgeprägte Kontaktwinkel mit  $137,4^\circ$  für  $\text{Al}_2\text{O}_3$  ist in Abbildung 1 dargestellt.

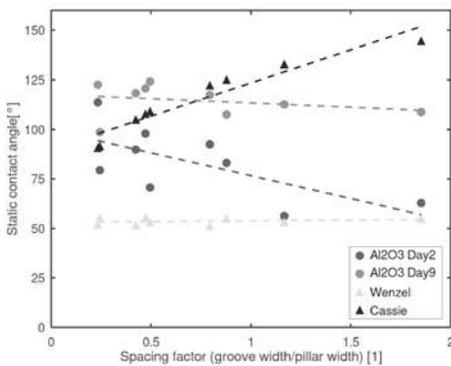


Abbildung 31: Gemittelter statischer Kontaktwinkel über dem Spacing Factor mit Theoriekurven nach Wenzel und Cassie (links), statischer Kontaktwinkel von  $137,4^\circ$  auf  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (rechts).

### 4. Zusammenfassung

Die Resultate zeigen, dass durch eine Laser-Oberflächen-Texturierung die Benetzbarkeit von  $\text{AlN}$  und  $\text{Al}_2\text{O}_3$  beeinflusst werden kann. Die Benetzbarkeit der erzeugten Strukturen, hängt signifikant von der Alterung ab. Es sind jedoch weitere Untersuchungen nötig, um ein tieferes Verständnis zu erhalten.

### 5. Literaturverzeichnis

- [1] Seiler, M.; Reichelt, K.; Elies, O.; Bliedtner, J.: "Laserstrukturierung von Keramiksubstraten zur Verbesserung der elektrischen Kontaktierung", In: *11. Mittweidaer Lasertagung, Nr.1, pp. 38-40*, 2019

- 
- [2] Shen, Y.; Liu, D.; Zhang, W.; Dearden, G. und Watkins, K.: „Ultrafast laser surface wettability modification“, *In: CHINESE OPTICS LETTERS, Bd. 11, Nr. 2, pp. 021403-1-021403-3*, 2013.
  - [3] Jagdeesh, R.: „Fabrication of a Superhydrophobic Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Surface Using Picosecond“, *In: Langmuir, Bd. 30, Nr. 40, pp. 12067-12073*, 2014.
  - [4] Eifel, S.: „Strahlformungssysteme zur Prozessbeschleunigung in der Lasermikrobearbeitung“, *In: MikroLas 4. Innovationsforum*, Rostock, 20 März 2018.
  - [5] Liu, J.: „Simple technique for measurements of pulsed Gaussian-beam spot sizes“, *In: Optics Letters, Bd. 7, Nr. 5, pp. 196-198*, 1982.

# Ökonomische Potenziale durchgängig-digitalisierter Prozessketten im Kontext des Wertschöpfungsprozesses im Holzbau

Meyer, C.; Stahr, A.

Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig, FLEX | Professional.Research.Team

E-Mail: [chris.meyer@htwk-leipzig.de](mailto:chris.meyer@htwk-leipzig.de)

## 1. Abstract

Digitale Lösungen stellen selbst im Bereich des Holzbaus, der, im Vergleich zum restlichen Bausektor, bereits über einen hohen Digitalisierungsgrad verfügt, oft nur Insel- bzw. Teillösungen dar, die innerhalb des Gesamtprozesses über analoge Tätigkeiten miteinander verbunden werden.

Der Forschungsarbeit liegt deshalb das Ziel zugrunde, die analogen Brüche in der digitalen Prozesskette zu schließen, um so die ökonomischen Potenziale von konsequent digitalbasierten Prozessketten Planung und Ausführung im Holzbau nutzen zu können und ihn damit im Vergleich zu mineralischen Bauweisen konkurrenzfähiger zu gestalten.

Es soll ein ganzheitlicher Modellansatz definiert werden, der die aktuellen Defizite der Planungs- und Ausführungsprozesse aufgreift und Lösungsansätze für alle Akteure entlang der Wertschöpfungskette im Holzbau bietet und durch die Implementierung einer digital-basierten Feedbackschleife einen kontinuierlichen Optimierungsprozess anstößt.

## 2. Umfeld

Das Bauen ist ein grundlegender Teil unserer Gesellschaft und der Markt des Bauens wächst noch immer.[1] Das Bauen als Vorgang zeichnet sich dabei vor allem durch eine lange Tradition und den hohen Wertschöpfungsanteil auf der Baustelle, aber auch durch stagnierende Produktivitätsentwicklungen und teils extrem lange Bauzeiten aus. [2] Beflügelte der technische Fortschritt sowohl Handel als auch Logistik, als auch die Arbeitsproduktivität in der industriellen Produktion, so hat sich der Bauprozess als solcher zeitgleich nur sehr wenig verändert. Er gilt nach wie vor als Zeit und Kosten aufwändig, wobei insbesondere der Anteil der produktiven Tätigkeiten viel zu gering ist (vgl. Abbildung 1)

Um den immer stärker aufkommenden Problemen eines kontinuierlichen Nachfrageüberhangs als auch des Fachkräftemangels wirksam begegnen zu können, bedarf es zwingend einer Effizienzsteigerung in der Bauwirtschaft.[4]

Nach vielfachen Versuchen der Industrialisierung des Bauens seit den 1950er Jahren bieten digitale Werkzeuge eine neue Chance die Effizienz im Bauprozess erheblich zu steigern.[5] Vor allem der Rohstoff Holz bietet sich für die Betrachtung digitaler Pro-

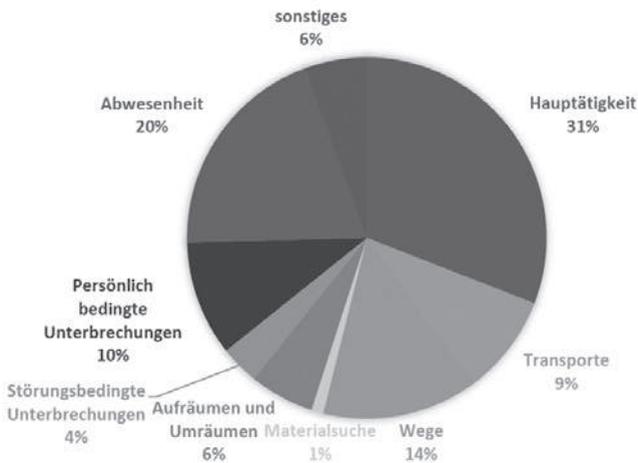


Abbildung 1: Anteile der Tätigkeiten auf der Baustelle gemessen an der Gesamtzeit[3]

zesse in der Bauindustrie an. Dieser besitzt zum einen das Potenzial, den durch einen enormen Verbrauch an Materialien und Energie gekennzeichneten Wirtschaftszweig signifikant effizienter und nachhaltiger zu gestalten.[6] Zum anderen ist diese Teilbranche von einer Dynamik geprägt, die bereits verschiedene digital-basierte Vernetzungslösungen in den Grundstrukturen der Unternehmenslandschaft implementiert hat.

In verschiedenen kleineren Forschungsprojekten wurde der Einfluss einer technologischen Veränderung des Konstruktionsprinzips auf die Prozesskette aus Planung, Vorfertigung in der Werkstatt und Montage – unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten - untersucht. Aus den bisherigen Forschungsarbeiten konnten folgende Erkenntnisse bzw. Defizite der aktuellen Prozessstruktur extrahiert werden:

- Planungsprozesse sind im Holzbau nur teilweise digitalisiert. Sie leiden insbesondere und zahlreich unter „Brüchen“ in der digitalen Informationsverarbeitungskette. Die damit einhergehenden analogen Schnittstellen im Prozess vermindern die Prozess bezogene Effizienz maßgeblich.  
→ Das wirtschaftliche Potenzial digitaler Prozessketten wird nicht ausgeschöpft.
- Es findet oftmals keine unternehmensübergreifende Vernetzung statt. Viele in den Wertschöpfungsprozess integrierte Unternehmen sind organisatorisch betrachtet kleine und mittlere Unternehmen (KMU). Sie verfügen dadurch zumeist nicht über die Ressourcen bzw. die digitale Unternehmensinfrastruktur, um ein digitales Netzwerk entlang der Wertschöpfungskette zu implementieren.  
→ Die Planungs-, Logistik- und Produktionsprozesse werden signifikant verlangsamt.

- Digitale Konzepte bilden oft nur unternehmensspezifische Teil- bzw. Insellösungen ab, die lediglich einen Teil der Planungs- bzw. des Wertschöpfungsprozesses beschreiben. Eine durchgängige digitale Vernetzungsstruktur existiert zumeist nicht.  
→ Schwierigkeit der Implementierung von digital-basierten und automatisierten Optimierungsprozessen

### 3. Methodik

Im Rahmen der initialen Forschungsarbeiten des Autors wurde ein Modell entwickelt, welches den Planungs- und Bauprozess am Beispiel einer Systemdachkonstruktion aus Holz vollständig abbildet und technologische sowie organisatorische Verknüpfungen zwischen den verschiedenen Teilprozessen abbildet. Das Prozessmodell wurde in einem Tabellenkalkulationstool (Abbildung 2) umgesetzt, um Parameterstudien durchführen zu können. Mit Hilfe des neu entwickelten „digitalen Werkzeugs“ ist es somit möglich in Echtzeit den parameterbedingten dynamischen Kostenverlauf der Bauausführung zu simulieren. Im Ergebnis können die Teilprozesse bestimmt werden, welche – unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten - den größten Einfluss auf die Zeit- und Kostenstruktur eines Projekts haben. Auf Basis weiterer Erkenntnisse, die im Rahmen des aktuellen Forschungsprojektes TimberPlan+ gewonnen werden konnten, war es möglich neue Schlussfolgerungen in Bezug auf die projektspezifischen Anforderungen von digitalen Prozessketten im Holzbau abzuleiten und somit den Untersuchungsbereich des Forschungsgegenstandes grundlegend zu vergrößern. Die darin gewonnenen Erkenntnisse ermöglichen nunmehr eine detailliertere Betrachtung der ökonomisch-ausschlaggebenden Teilprozesse im Kontext der eingangs beschriebenen Systemdachkonstruktion aus Holz.

Allgemeine Angaben	Projektnummer	001	Bauherr	XXX				
	Baueverhaben	Reithalle	Baufeld	Uniplex				
	Ausführung als	Kaltdach	Planung	PLEX				
Hallenparameter	Länge l [m]	Stützwelle li [m]		Stich f [m]	Brutto - Maschinenkosten inkl. Bedienpersonal [€/Stk]	Stundenlohn Montagekraft [€/h]		
	40,00	20,00		4,00	100,00	43,00		
	Holzart	Holzkosten (Flexibel) [€/m <sup>3</sup> ]	Holzdicke (Flexibel) [kg/m <sup>3</sup> ]	Breite Dachsegment [m]	Ausführung als	Entfernung [km]	Montage Anzahl AK	Vormontage Anzahl AK
	BSH (GL24h)	100	400	2,5	Kaltdach	80,00	2	3
Kosten	Nettoangebotspreis ohne BGK [€]		AS inkl. BGK (10%) [€]		AS inkl. W+G (6%) [€]			
	114.907,35		126.398,09		133.981,97			
	Nettokosten pro m <sup>2</sup> [€]							
	130,17							
Weitere Angaben	Bogenradius r [m]	Öffnungswinkel [°]	Bogenlänge b [m]	Dachfläche [m <sup>2</sup> ]	Holzkosten [€/m <sup>3</sup> ]	Holzdicke [kg/m <sup>3</sup> ]	Anzahl Zugbänder	Traufhöhe [m]
	14,50	87,21	22,07	882,77	500,00	480,00	16	
	Anzahl Dachsegmente	Länge Dachsegmente [m]	Größe der Rauten	Lamellenanzahl	Lamellenlänge [m]	Lamellenbreite [m]	Lamellenhöhe [m]	
	32,00	11,09		1,272	2,42	0,06	0,28	
Kalkulationsänderungen	Holzpreis	100%	Stundenlohn (Vormontage)	100%	Stundenlohn (Montage)	100%	Montagedauer	100%
Sonstiges	Radius	$\frac{(4R^2 + b^2) / (8R^2)}$						
	Bogenlänge	$\pi \cdot R \cdot \alpha$						
	Öffnungswinkel Alpha	$4 \cdot \arctan(2 \cdot b / l)$						

Abbildung 2: Screenshot aus dem entwickelten Kalkulationstool

## 4. Schlussfolgerungen

Folgende Erkenntnisse wurden während der Erprobung des entwickelten Kalkulationsmodells und während der Entwicklung der baupraktischen Umsetzbarkeit gewonnen:

1. Die bisherige Modellannahme der Montage einzelner Dachsegmente, welche auf einem früheren Forschungsprojekt basierte, ist signifikant komplexer, als bislang angenommen. Die nach einem orthogonalen Prinzip folgende Anordnung der Zylindertonnen-Segmente wurde durch ein nicht-orthogonales Prinzip ersetzt. Diese technische Änderung sind für die segmentierte Montage der Systemdachkonstruktion notwendig. Das durchgängig-digitalisierte Prozessmodell ermöglicht es, diese technischen Änderungen aufzufangen, ohne dabei einen proportionalen Kostenanstieg zu verursachen.
2. Es wurde eine dynamische, auf lokaler statischer Belastung basierende Geometrieangepassung innerhalb der Gesamtkonstruktion erprobt. Die Parameter der einzelnen Lamellen der Konstruktion werden darin abhängig ihrer statischen Belastung optimiert. In Folge dessen könne die Firstlamellen aufgrund der geringeren notwendigen Lastabtragung kleiner und die Lamellen am Fußpunkt größer dimensioniert werden. Damit wird der Rohstoffverbrauch der Konstruktion verringert und ein Beitrag zur Materialeffizienz geleistet. Da die Materialkosten ein Drittel der Gesamtkosten ausmachen, liegt in diesen Teilkosten ein enormes Potenzial zur Optimierung von Prozessen und damit auch zur Senkung der Gesamtkosten. Des Weiteren bietet der digitale, parametrische Planungsprozess auch an dieser Stelle die Möglichkeit flexibel und in Echtzeit auf Geometrieänderungen zu reagieren, ohne dadurch die Wirtschaftlichkeit der Konstruktion zu gefährden.
3. Trotz einer progressiven frühen Einbindung der digitalen Holzbaukompetenz können die Potenziale digital-vernetzter Prozessketten noch nicht komplett ausgeschöpft werden. Indikatoren dafür sind z.B., dass konstruktive Details noch immer erst im Anschluss an die geometrische Grundkonstruktion entwickelt werden, d.h. Detail und Rahmenkonstruktion weiterhin getrennt voneinander betrachtet werden und damit nicht die anvisierten spezifischen Planungsvorteile der angewandten Methodik erzielt werden.

## 5. Ergebnisse

Das neu entwickelte Analysetool konnte im Kontext eines technologisch orientierten Forschungsprojekts getestet werden. Dabei konnte gezeigt werden, dass ein durchgängig digitalisierter Planungsprozess ein hohes Maß an Flexibilität bietet, auch kurzfristig Planungsänderungen einzufügen, ohne dabei einen signifikanten Kostenanstieg zu verursachen. Weiterhin war es möglich aufzuzeigen, dass durch eine frühe planerische Einbindung von digitalen Holzbaukompetenzen eine Optimierung der Geometrie und

damit des Materialverbrauchs erlangt werden kann. Im Hinblick auf die Kostenstruktur der Konstruktion, wird ersichtlich, dass der Materialverbrauch ein Drittel der Gesamtkosten beträgt (Abbildung 3 – rechts). Diese Teilkosten sind deshalb in weiterführenden Betrachtungen zu untersuchen und fortlaufend zu reduzieren, um den Holzbau in Zukunft ökonomisch konkurrenzfähiger zu gestalten.

Eine weitreichende digital vernetzte Vorplanung sowie die Implementierung digitalisierter Vorfertigungsprozesse ermöglichen eine signifikante Reduktion der bauseitigen Montagedauer um 85 %! Diese Auswirkungen sind auch in der in Abbildung 2 dargestellten Kostenstruktur der Bauausführung erkennbar. So konnten – im Modellbereich - die Montagekosten der Baustelle von ursprünglich 57 % auf 12 % der Gesamtkosten reduziert werden. Am Beispiel konnte gezeigt werden, dass der Transfer der Elementmontage in eine kontrollierbare Werkstatsumgebung ein erhebliches wirtschaftliches Potenzial beinhaltet, um die Effizienz baulicher Entwurfs-, Planungs- und Bauprozesse auf der Basis durchgängig digitalisierter Prozessketten signifikant zu steigern.[7]

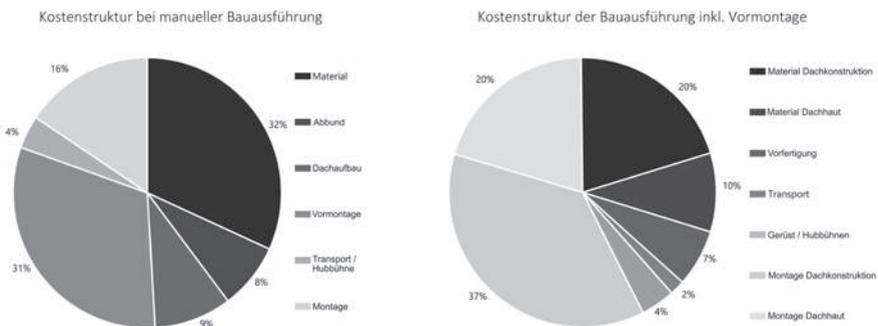


Abbildung 3: Vergleich der Kostenstruktur bei manueller Bauausführung (links) und inkl. Vormontage (rechts)

## 6. Ausblick

Die konsequente digitale Verknüpfung von Entwurfs-, Planungs-, Ausschreibungs- und Fertigungsprozessen, eröffnet enorme wirtschaftliche Perspektiven für das Bauen der Zukunft. Sie bedingt jedoch zwingend neue Ansätze für Baukalkulation und Projektorganisation.

Durch gezielte Veränderungen von Prozessketten auf der Basis der digitalen Verknüpfung ihrer Elemente, können:

- sowohl die Materialeffizienz für die Erstellung der Konstruktionselemente
- als auch die Personaleffizienz in der automatisierten Vorfertigung unter Werkstattbedingungen
- als auch die Zeiteffizienz auf der Baustelle signifikant erhöht werden.

Es konnten jedoch bisher keine größeren Effekte in Bezug auf die Gesamtwirtschaftlichkeit des Systems betrachtet werden. Die Ursächlichkeit liegt darin, dass noch keine (teil-)automatisierte Vorfertigung im Rahmen des Projektes untersucht wurde. Die Implementierung als auch die Auswirkung dessen sind Gegenstand weiterer zukünftiger Untersuchungen.

Die aktuelle Forschung kommt weiterhin zu dem Schluss, dass eine konsequent ausgeführte Feedbackschleife innerhalb der Prozessstruktur zur weiteren Optimierung einzelner Teilprozesse von essenzieller Bedeutung für einen ökonomisch erfolgreichen Gesamtprozess ist.

Ein neues Interaktionsmodell zur Identifikation des „ressourceneffizientesten Weges“ unter den veränderten Randbedingungen für das Bauen und die am Bau agierenden Akteure muss ausreichend flexibel formuliert werden, um sowohl die technologischen Erfordernisse abzubilden, als auch die organisatorischen Zusammenhänge (inklusive der vielfältigen internen Verknüpfungen) angemessen genau zu berücksichtigen.

## Quellen

- [1] „Baumarkt weiter auf stabilem Wachstum“, *Zentralverband deutsches Baugewerbe*, 2018, Aufgerufen am: 20.01.2021.
- [2] Hofstadler, Christan, *Aktuelle Entwicklungen im Baubetrieb, Bauwirtschaft und Bauvertragsrecht*. Graz: Springer Vieweg, 2019.
- [3] Girmscheid, Gerhard, *Bauunternehmensprozessmanagement-prozessorientiert Band 2*, 3. Auflage. Zürich: Springer Vieweg, 2014.
- [4] S. L. Thomsen, D. Vogt, und L. Brausewetter, „Wohnungsmarkt und Wohnungspolitik in Deutschland: Situation und Optionen“, S. 41, 2019.
- [5] M. Hauschild und R. Karzel, *Digitale Prozesse: Planung, Gestaltung, Fertigung*, 1. Aufl. München: Inst. für Internat. Architektur-Dokumentation, 2010.
- [6] Keßler, Heinrich, *Urban Mining – Ressourcenschonungspotenziale einer hochwertigen Nutzung des anthropogenen Lagers im Gebäudebestand*. Kassel: Witzenhausen-Institut, 2011.
- [7] Meyer, C., „Entwicklung eines Prozess- und Kalkulationsmodells für elementierte Bretterpendächer - Masterthesis“. HTWK Leipzig, Jan. 31, 2018.

# Entwicklung eines heterogenen dezentralen drahtlosen Sensornetzwerkes für die BOS-Einsatzstellenkommunikation

Neßlinger, C.<sup>1</sup>; Golz, M.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Stadtverwaltung Meiningen

<sup>2</sup> Hochschule Schmalkalden

E-Mail: nesslinger@stadtmeiningen.de

## Kurzfassung

Die Verfügbarkeit leistungsfähiger und kostengünstiger Mikrocontroller, in Kombination mit energiesparenden Langstreckenfunktechnologien (LPWAN) ermöglicht es, große Gebiete dezentral zu vernetzen.

Im Rahmen einer prototypischen Entwicklung wird gezeigt, dass eine Kombination der LoRa-Funktechnik mit Mesh-WLAN geeignet ist, um auch große Einsatzgebiete zu vernetzen, ohne auf die Verfügbarkeit bestehender zentraler Kommunikationsnetze angewiesen zu sein. Insbesondere Rettungskräfte können für ein IT-gestütztes Einsatzstellenmanagement im Notfall von einer solchen unabhängigen IT-Infrastruktur profitieren. Zur Evaluierung wurden empirische Versuche durchgeführt, welche nachweisen konnten, dass auch bei geringen Sendeleistungen Sendereichweiten von mehreren Kilometern möglich sind und stabile Netzwerkdienste über einen längeren Zeitraum hinweg aufrechterhalten werden können.

## 1. Einleitung

Rettungskräfte stehen bei ihren Einsätzen unter großen physischen und psychischen Belastungen. Für eine schnelle und sichere Rettung ist neben der hohen Einsatzbereitschaft auch ein effizientes Einsatzstellenmanagement wichtig, insbesondere bei großen Einsatzgebieten. Bereits auf der Anfahrt zu einem Einsatzort, aber auch an der Einsatzstelle selbst fallen eine Vielzahl von Informationen an, welche für die Einsatzplanung und Koordinierung wichtig sind. Hierzu zählt beispielsweise:

- Konkreter Einsatzort und aktuelle Informationen zur Einsatzlage
- Anzahl und Qualifikation der tatsächlich auf Anfahrt befindlichen Einsatzkräfte
- Kennungen (Typen) und Position der Einsatzfahrzeuge
- Gefahrenbereiche und Gefahrenquellen
- Festgelegte Bereitstellungsräume
- Messwerte von vorhandenen Sensoren wie beispielsweise
  - Ein- und Mehrgasmessgeräten
  - Restluftmenge von Atemschutzgeräten
  - Verbleibende Mengen von Einsatzmitteln wie Wasser, Schaummittel und Treibstoff

Ein Großteil dieser Informationen wird zeitaufwendig, mündlich mit Funkgeräten in analogen und digitalen Behördenfunk ausgetauscht. Auf dem Markt verfügbare Systeme, wie beispielsweise „Rosenbauer EMEREC“ [1], unterstützen die Digitalisierung der Abläufe, sind jedoch häufig abhängig von privaten Mobilfunknetzen und zentral erreichbaren Diensteanbietern. Dies schränkt die Nutzung in Gegenden mit schlechter Mobilfunk-Netzabdeckung oder im Katastrophenfall stark ein.

Es wird deshalb der Frage nachgegangen, welche IT-Technologien geeignet sind, um an einer Einsatzstelle ein offenes dezentrales Kommunikationsnetz zum Austausch von Einsatz- und Messdaten aufzubauen.

## 2. Methodik

Die Verfügbarkeit leistungsfähiger und preisgünstiger Mikrocontroller erlaubt die flächendeckende Ausstattung von Personen und Objekten mit Sensoren, um für einen Einsatz relevante Messdaten zu erfassen, wie beispielsweise Positionsinformationen der Einsatzkräfte, Drucksensordaten der Atemschutzgeräte und Messwerte von Gasmessgeräten. Gleichzeitig sind die Teilnehmer des Kommunikationsnetzes zur universellen Nutzung auf eine möglichst einfache Integration Ihrer bestehenden Mobilgeräte angewiesen. Konzeptionell wird deshalb ein hybrider Ansatz verfolgt (Abbildung 1), bei dem verschiedene Funktechniken zum Einsatz kommen.

Für den Nahbereich besteht dieser aus WLAN mit und ohne Mesh-Funktion, hierdurch können Einsatzkräfte bestehende Mobilgeräte wie Smartphones oder Tablets in das Netzwerk integrieren. Für den Fernbereich, welcher mehrere Hundert Meter bis einige Kilometer beträgt, wird die energiesparende LoRa-Funktechnik vorgeschlagen und als sparsames Übertragungsprotokoll geräteübergreifend MQTT.

Für den Einsatz von LoRa, im Vergleich zu anderen LPWAN Technologien wie beispielsweise:

- Long-Term Evolution for Machines (LTE-M)
- Narrowband IoT (NB-IoT)
- Sigfox
- Random Phase Multiple Access (RPMA)

spricht insbesondere die Möglichkeit, im lizenzfreien Spektrum zu kommunizieren, ohne dabei auf zentrale Netzwerkelemente angewiesen zu sein. Das bedeutet, dass ein direkter Datenaustausch zwischen zwei oder mehreren Funkmodulen möglich ist. Die Anbindung an Gateways, welche eine Verbindung zum Internet herstellen können, ist dabei optional. In diesem Fall wird dann von LoRaWAN gesprochen, welches beispielsweise Verbindungsmöglichkeiten zum frei nutzbaren The Things Network (TTN) bietet.

Zur Evaluierung des entwickelten Konzepts wurde eine prototypische Implementierung auf Basis von sechs ESP32-Mikrocontrollern, zusammen mit dem PainlessMesh-Protokoll [2], sowie zwei Raspberry Pi mit SX1276-LoRa-Funkmodulen [3] durchgeführt.

In einer Validierungsuntersuchung wurde anschließend insbesondere der Frage nachgegangen, ob die verwendeten LoRa-Funkmodule bei akzeptabler Übertragungsgeschwindigkeit genügend Sendereichweite für einen Einsatz unter realen Bedingungen besitzen. Eine Notwendigkeit hierzu bestand, da die Angaben zur möglichen Reichweite sehr unterschiedlich ausfallen. Diese beginnen bei einigen Hundert Metern und reichen bis hin zu höheren zweistelligen Kilometerangaben. Häufig sind angegebene Sendereichweiten von 15 bis 20 Kilometern zu finden. Vereinzelt existieren Belege zu Reichweiten im niedrigen dreistelligen Kilometerbereich [4] [5]. Es wurden deshalb mehrere Tests bei unterschiedlichen Geländegegebenheiten und Sendeleistungen zwischen 25 mW und 100 mW im 868-MHz-Band durchgeführt.

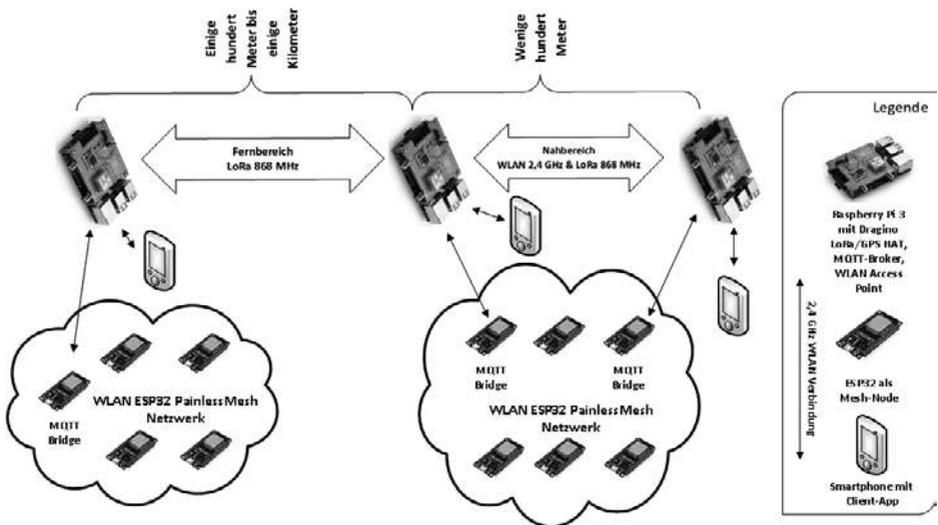


Abbildung 1: Konzeptüberblick eines mobilen Netzwerkes basierend auf LoRa und Mesh-WLAN.

### 3. Ergebnisse

Durch die Kombination von WLAN und LoRa, kann ein Kompromiss zwischen Übertragungsraten und möglicher Reichweite gefunden werden. Im Nahbereich der Einsatzstelle sind durch WLAN hohe Übertragungsraten mit mehreren Megabit möglich. Hingegen können beispielsweise besonders wichtige Einsatzinformationen mit LoRa über mehrere Kilometer übertragen werden und damit alle Einsatzkräfte erreichen.

Die Versuche zeigten, dass mit den LoRa-Funkmodulen bereits bei einer Sendeleistung von 25 mW im 868-MHz-Band auf freier Fläche ein Datentransfer über mehrere

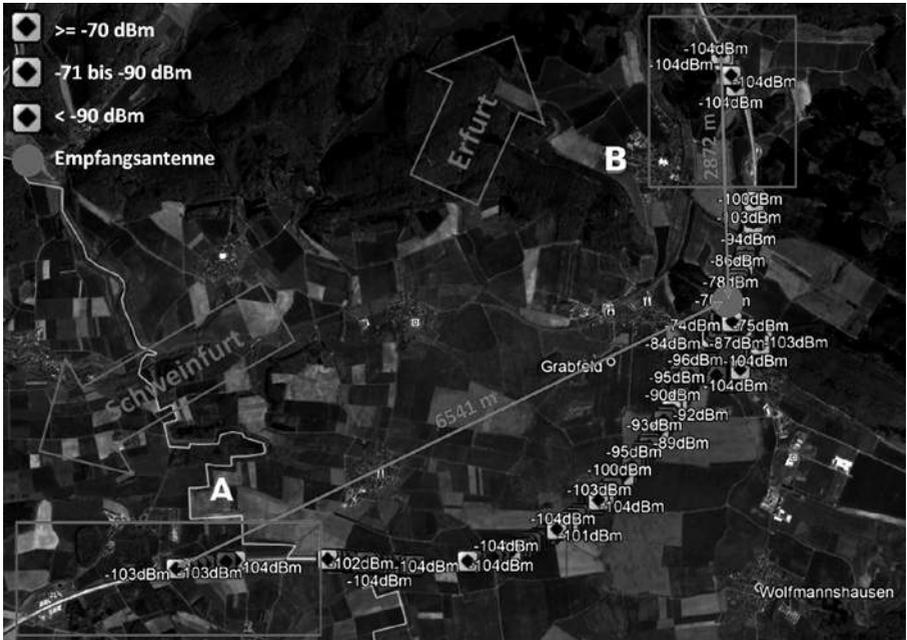


Abbildung 2: Ergebnisse der Reichweiten-Untersuchungen an der A71 im Bereich der Anschlussstelle Rentwertshausen mit 25 mW Sendeleistung

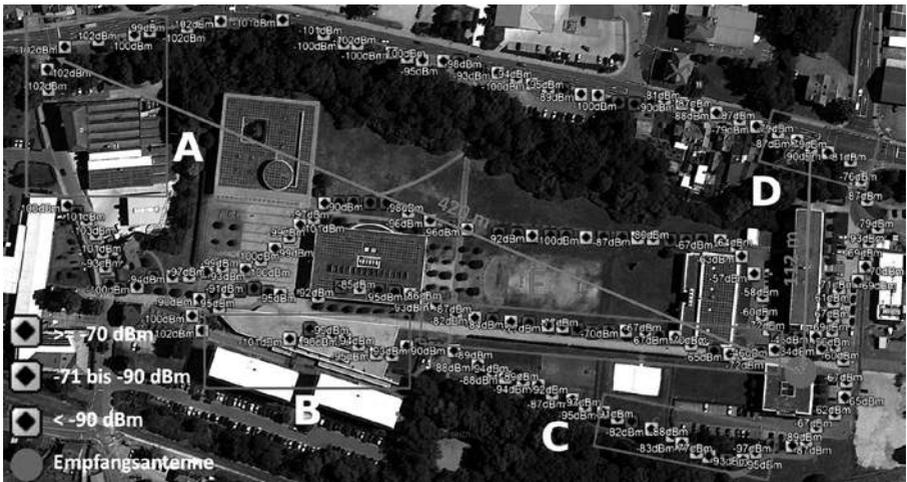


Abbildung 3: Ergebnisse der Reichweiten-Untersuchungen an der Hochschule Schmalkalden mit 25 mW Sendeleistung

Kilometer möglich ist. Im Stadtgebiet reduziert sich, in Abhängigkeit von der Bebauung, die mögliche Reichweite bis auf wenige Hundert Meter.

Nachfolgende Ergebnisse einer Multi-Modul-Kommunikation wurden bei einer Netto-Datenübertragungsrate von  $5468 \text{ Bit s}^{-1}$  mit folgenden Parametern durchgeführt:

- Bandbreite 125 kHz
- Coding Rate 4/5
- Spreizfaktor 7

In typischer Umgebung auf einem Autobahn-Segment (A71, zwischen Meiningen-Süd und Mellrichstadt) konnten erreichbare Distanzen von 2,8 bis 6,5 km (Abbildung 2) aufgezeigt werden. Hierfür wurde eine Antenne außen an ein KFZ montiert, eine weitere an einem KFZ, welches sich auf einer ca. 20 m höher gelegenen Brücke befand. Eine Erhöhung der Sendeleistung auf 100 mW ermöglichte Reichweiten von mehr als 8 km. Besonders auffällig ist an diesem Kartenausschnitt, dass bei größeren Distanzen nahezu Sichtverbindung bestehen muss, um problemlos Pakete zu empfangen. Die in der Abbildung ersichtlichen Paketverluste lassen sich vorwiegend durch Hindernisse wie Erdaufschüttungen zum Lärmschutz erklären.

In Abbildung 3 werden stellvertretend für bebaute Gebiete Versuchsergebnisse am Campus der Hochschule Schmalkalden aufgezeigt. Der Campus ist besonders interessant, da unterschiedliche Bausubstanzen (große Glasflächen, massiver Stahlbeton, Klinkersteine, Fachwerk) und größere Freiflächen vorhanden sind, an denen die Auswirkungen auf den Nachrichtenempfang beobachtet werden können. Im markierten Bereich A und B sind bei 25 mW Sendeleistung die größten Paketverluste zu verzeichnen. An diesen Stellen sind, bezogen auf die Position der Empfangsantenne, die größten Hindernisse zu durchdringen. Bereits bei einer Erhöhung der Sendeleistung auf 50 mW wurden in den betreffenden Bereichen nur noch geringe Verluste festgestellt.

In Abbildung 4 wird ergänzend zu den durchgeführten Versuchen eine mit der Funktionsbibliothek „osmdroid“ entwickelte Smartphone-App gezeigt, welche die im Netzwerk übertragenen Positionsinformationen der Teilnehmer anzeigt.

#### 4. Ausblick

Der prototypische Aufbau aus ESP32-Mikrocontrollern und LoRa-Funkmodulen zeigt, dass ein dezentrales Kommunikationsnetz mit geringen Kosten aufgebaut werden kann. Für einen praktischen Einsatz ist jedoch noch insbesondere zu untersuchen, wie stabil das Netzwerk bei einer größeren Teilnehmerzahl funktioniert und welche Optimierungsmaßnahmen insbesondere hinsichtlich der Übertragungsgeschwindigkeit der LoRa-Verbindungen getroffen werden können. Ein dynamisches Aushandeln der Übertragungsparameter an die jeweiligen Erfordernisse der Einsatzstelle könnte eine deutlich bessere Auslastung der vorhandenen Funkfrequenzen und damit in Abhängigkeit



Abbildung 4: Prototypische Smartphone-Anwendung zur Darstellung der Position der Einsatzkräfte, anhand der im Netzwerk übertragenen Positionsinformationen

der Erfordernisse höhere Übertragungsgeschwindigkeiten oder größere Reichweiten ermöglichen. Weiterhin ist zu klären, wie eine geeignete Kombination von Gehäuse, Akkutechnik und Sensorik für eine praxistaugliche Integration in die Einsatzkleidung erfolgen kann. Ansatzpunkte können hierbei bestehende Halterungssysteme für Helmlampen und Funkgeräte bieten.

## 5. Literaturverzeichnis

- [1] Rosenbauer International AG, EMEREC Informationsmanagement für Einsatzkräfte, 2015, [https://www.rosenbauer.com/fileadmin/sharepoint/products/telematics/emerec/Dokumente/Prospekte\\_und\\_Datenbl\\_tter/EMEREC/Prospekt\\_EMEREC\\_DE.pdf](https://www.rosenbauer.com/fileadmin/sharepoint/products/telematics/emerec/Dokumente/Prospekte_und_Datenbl_tter/EMEREC/Prospekt_EMEREC_DE.pdf) (letzter Abruf 20.01.2021)

- [2] PainlessMesh, „PainlessMesh Technical Documentation“, 2020, <https://gitlab.com/painlessMesh/painlessMesh/wikis/home> (letzter Abruf 20.01.2021)
- [3] Semtech Corporation, „DATASHEET SX1276/77/78/79 - 137 MHz to 1020 MHz Low Power Long Range Transceiver“, 2020, [https://semtech.my.salesforce.com/sfc/p/#E0000000JelG/a/2R0000001Rbr/6EfVZUorrpoKFFvaF\\_Fkpgp5kzjiNyiAbqcpqh9qSjE](https://semtech.my.salesforce.com/sfc/p/#E0000000JelG/a/2R0000001Rbr/6EfVZUorrpoKFFvaF_Fkpgp5kzjiNyiAbqcpqh9qSjE) (letzter Abruf 20.01.2021)
- [4] Jürgen Schreier, „Arduino-LoRa-Funktechnik mit Reichweiten bis zu 20 km“, 2017, <https://www.industry-of-things.de/arduinolora-funktechnik-mit-reichweiten-bis-zu-20-km-a-658613/> (letzter Abruf 20.01.2021))
- [5] Gerhard Peter, “New world record: 202 km LoRaWAN ground2ground connection”, 2017, <https://www.thethingsnetwork.org/community/berlin/post/new-world-record-202-km-lora-wan-groud2ground-connection> (letzter Abruf 20.01.2021)

# Transformation baulicher Planungsprozesse im Kontext digitaler Fertigung am Beispiel Holzbau

Schmidt-Kleespies, F.<sup>1</sup>; Robeller, C.<sup>2</sup>; Stahr, A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig, Fachbereich Architektur

<sup>2</sup> Technische Universität Kaiserslautern, Fachbereich Architektur

E-Mail: felix.schmidt-kleespies@htwk-leipzig.de

## Abstract

Mit dem Ziel, den notwendigen Planungsprozess effizienter zu gestalten, und dem Kostengefälle zwischen Holz- und Betonbau entgegenzuwirken, wurde der Mehraufwand, den die intensive Bottom-Up-Planung im Bereich des vorgefertigten Bauens mit Holz voraussetzt, näher betrachtet. Dazu wurde eine Reihe von Experten aus dem Umfeld des digitalen Holzbaus zu Hindernissen in betriebsinternen Planungsprozessen befragt. Mit Hilfe gezielter Lösungsvorschläge wurde eine Eingrenzung digitalisierungsspezifischer, den Aufwand begünstigender Faktoren entwickelt, die derzeit noch nicht ausreichend abgedeckt sind. Im Ergebnis der Analyse konnten verschiedene effizienzhemmende Faktoren identifiziert werden. Es wird aufgezeigt wie diese mit Hilfe digitaler Werkzeuge aufgebrochen werden können.

## 1 Umfeld

Losgelöst von Witterung und klimatischen Schwankungen, wird derzeit jedes fünfte Ein- und Zweifamilienhaus in Deutschland im Werk vorgefertigt. Dies hat positive Auswirkungen auf die Produktivität während der Fertigung und der Montage. 90% Prozent dieser Fertigteilhäuser greifen auf den Holzrahmenbau zurück. [1]

Da ab dem Zeitpunkt des Fertigungsbeginns keine Änderungen mehr am Entwurf vorgenommen werden können, müssen Fehler ausgeschlossen werden. Wissenschaftler und Fachplaner schlagen darum ein Bottom-Up-Modell vor, bei dem von Beginn an eine Verknüpfung zwischen fertigungsseitigen Anforderungen und der Entwurfsplanung zum Tragen kommt. [2]

Die resultierende „breite“ Planungsphase im vorgefertigten Holzbau ist enorm zeitaufwendig. So dauert die Planung für ein durchschnittliches Einfamilienhaus laut Aussage eines Befragten Holzbauunternehmers ca. 9 Monate, während die Vorfertigung der Bauteile in einem durchschnittlichen Holzbaubetrieb mit 10 Mitarbeitern ca. 7 Tage und die Montage bis zur fertig geschlossenen Außenhülle in der Regel nur einen Tag benötigt.

*Kaufmann* schlägt darum vor, mittels werkvertraglich geregelter Verschiebung der von der HOAI geregelten Leistungsbilder, die Holzbaukompetenz früher in die Ent-

wurfsphase zu integrieren. Mit dieser Vorgehensweise können Architekten einen Teil ihrer Leistung an Fachplaner verteilen und somit Planungsfehler vermieden werden, die derzeit das Planen in Holzbauweise verlängern bzw. zähl erscheinen lassen. Dieser Lösungsvorschlag setzt voraus, dass der Architekt auf einen Teil seines Honorars verzichtet, statt die in der Ordnung definierte Leistung zu erbringen und seinen „Informationsmangel“ wissentlich und proaktiv von den Ausführenden kompensieren zu lassen. Der Mehraufwand, dem ein Projektteam sich zu Beginn eines Planungsprozesses für ein Bauvorhaben in Holzbauweise stellen muss, wird somit eher verteilt als verringert. [2]

Mit dem Ziel, das stark kopflastige Verhältnis auszugleichen, wird zudem seit Jahren eine neue Vernetzung zwischen Fachplanern mittels BIM angestrebt. Besonders die bereits seit Jahrzehnten digitalisierte Holzbaubranche ist mit dieser Technologie aber nicht kompatibel. So erkennt *Kaufmann* auf der Basis einer groß angelegten Umfrage, dass fehlende Standards, unterschiedliche Anwendungsintensität der BIM-Methode in Planungsteams, technische- und methodische Schwächen und nicht zuletzt fehlende rechtliche und vertragliche Grundlagen diese Entwicklung hemmen. [3]

Anders als bei analogen Gütern zeichnen sich digitale Güter dadurch aus, dass ihre Produktion und Wertschöpfung entkoppelt ist. Hier fließt praktisch die gesamte Arbeit in das erste Exemplar, die Grenzkosten für zusätzliche Exemplare tendieren aber gegen null. Branchen, welche auf digitale Güter zurückgreifen, konnten ihre Produktivität im Zuge der Digitalisierung signifikant steigern. [4]

Besonders die datenbasierten Geschäftsmodelle profitieren von der Digitalisierung, indem sie mittels Plattformen einzelne Unternehmensebenen miteinander verknüpfen, sowie die unternehmensübergreifende Vernetzung zu Lieferanten und Kunden vorantreiben. Bei dieser Entwicklungsstufe kann von einer automatisierten Version, der aus Generalunternehmen bekannten vertikalen Integration gesprochen werden. [5]

**These 1:** *Es existieren bisher ungenutzte Faktoren, welche insbesondere das organisatorische Potenzial beinhalten, den Mehraufwand für Holzbauprojekte zu verringern.*

**These 2:** *Der Holzbau kann sich die Vorteile der Digitalisierung zu Nutze machen, indem der Entwurf eines Bauvorhabens als digitales Gut begriffen wird, das auf vertikale Integration der Fertigungs- und Ausführungsparameter zurückgreift.*

**These 3:** *Um Entwürfe plattformbasiert für die Wiedernutzung oder Ableitung zu Verfügung stellen zu können, müssen diese als flexible Systeme konzipiert sein, in welches bereits fertigungsbezogenes Fachwissen integriert ist.*

## 2 Methodik

Um herauszufinden, in wie fern verschiedene Akteure anfänglichen Mehraufwand kompensieren und um gezielte Lösungsansätze und Empfehlungen für einen effizienten holzbaugerechten Planungsprozess geben zu können, wurden im Kontext einer qualitativen Forschung 10 Experteninterviews mit Akteuren aus dem Umfeld holzbearbeitender Unternehmen geführt, auf Tonband aufgenommen, transkribiert und ausgewertet. Die Analyse erstreckte sich über einen Zeitraum von 9 Monaten. Zwei Interviews waren aufgrund von vorzeitigem Abbruch und nicht erfolgter Freigabe der Nutzungsrechte nicht auswertbar bzw. ungültig.

Tabelle 1: Überblick über die konstruktive Ausrichtung der befragten Unternehmen

	EI01	EI02	EI03	EI04	EI05	EI06	EI07	EI08
Ausrichtung	BH priv.	GU	Planer in GU	BH priv.	GU	Planer in GU	Abbundzentrum / GU	GU / GÜ
Branchenbereich	Fertighäuser u. Dachstühle	Geschossbau, Ausbau u. Sanierung, Dachstühle u. Balkone	Planung von Wandaufbau, Dachstuhl u. Fassade	HRB-elemente, Sanierung, Dachstühle	Fertighäuser	Planung von Wandaufbau u. Fassade	Lohnbund u. Fertigung schlüsselfertiger Holzhäuser	Modulbau, Geschossbau
Konstruktions-system	HRB	HTB	HRB	HRB	HRB	HRM/HTB	HRM/HTB	HTB
Kundentypus	Privat	Priv. und öff.	Privat	Privat	Privat	Privat	Priv. und öff.	Priv. und öff.
Projekte pro Jahr (ger.)	260	350	90	200	1200	50	120	200

### Fragestellung

Es sollten Defizite des Planungsprozesses identifiziert werden, welche den Mehraufwand zu Beginn der Planungsphase kennzeichnen. Gleichzeitig sollten Entwicklungspotentiale festgestellt werden, die das Planen erleichtern und Kenntnis darüber erlangt werden, welche detaillierten, spezifischen Entwicklungsschritte nötig sind, damit die Praxis Nutzen daraus erhält. Das Ergebnis ist eine Standortbestimmung zur Entwicklung neuartiger Strategien bzw. Wertschöpfungsketten, auf Basis durchgängig digitaler

Daten und Informationen. Die Studie stellt eine wichtige Grundlage für die Entwicklung eines innovativen Interaktionsmodells dar.

Die befragten Teilnehmer wurden in zwei Schritten jeweils zu Hindernissen innerhalb der gesamten Branche (A) und zu Potentialen, basierend auf der Digitalisierung analoger Prozesse im eigenen Unternehmen (B) befragt. In einem dritten, spezifischen Teil, sollten Lösungsvorschläge für die unter (B) genannten Potentiale sowie ein beschriebenes Szenario erdacht und bewertet werden (C).

### Auswertung A

Es konnte festgestellt werden, dass mehr als die Hälfte der Befragten (53%) die Mehraufwand bedingenden Faktoren, auf *menschlich-subjektive* Fehleinschätzungen zurückführen. Ursächlich verantwortlich dafür ist eine zunehmende Hülle an Informationen im Planungsprozess. Das zweitgrößte Aussagen-Feld, die *Marktwirtschaftlichen Hindernisse* (36%), fällt auf fundamentale Ausprägungen der Marktwirtschaft zurück. Um diese verstehen und auflösen zu können sind weitergehende, substanzielle Studien notwendig. Die darin genannten Faktoren werden somit in der weiteren Betrachtung ausgrenzt. Allein 11% der Aussagen richten sich an das komplexe Kontrollkonstrukt in Form von behördlichen Vorgängen, welche Bund und Länder vorgeben. Diese werden ebenfalls nicht berücksichtigt, da sie ein unüberwindliches, gesellschaftlich notwendiges Hindernis repräsentieren.

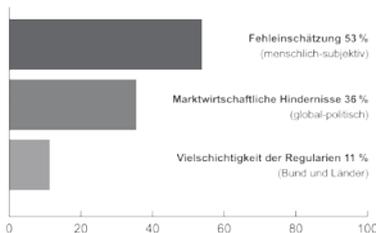


Abbildung 2: Haupttypen hemmender Faktoren

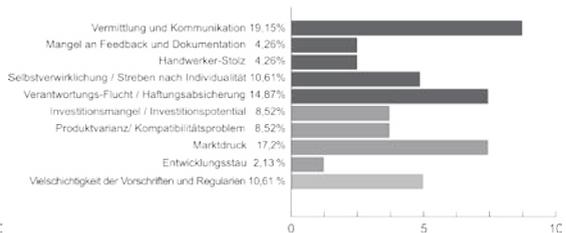


Abbildung 3: Aussagen-Spektrum, Grafik @ FSK

### Auswertung B

Lösungsvorschläge bilden die Gesetzesänderung (3 x genannt), eine bessere Ausbildung (4 x), Online-Plattformen (3 x), Orientierung an Strukturen aus Generalunternehmen (1 x) und gegenseitiges „Auf-Stand-bringen“ (x2) ab. Während die Gesetzesänderung sowie eine bessere Ausbildung in den Verantwortungsbereich von Bund und Ländern fallen, bilden die letzten drei Aussagen Faktoren ab, welche mittels digitaler Hilfs-

werkzeuge aufgebrochen werden können und darum nachfolgend besonders beleuchtet werden.

Die meist genannte Aussage, unter den relevanten Antworten auf Frage (B), war das Einführen einer "Onlineplattform" zur Vergabe von Aufträgen, welche an bestimmte Bauweisen geknüpft ist. Insgesamt drei Befragte kamen zu dem Schluss, dass eine "Onlineplattform", mit deren Hilfe die spezifischen Kapazitäten teilnehmender Holzbauunternehmen abgeglichen werden und eine Suche potentieller regional angesiedelter Projektpartner ermöglicht wird, den anfänglichen Mehraufwand verringern würde.

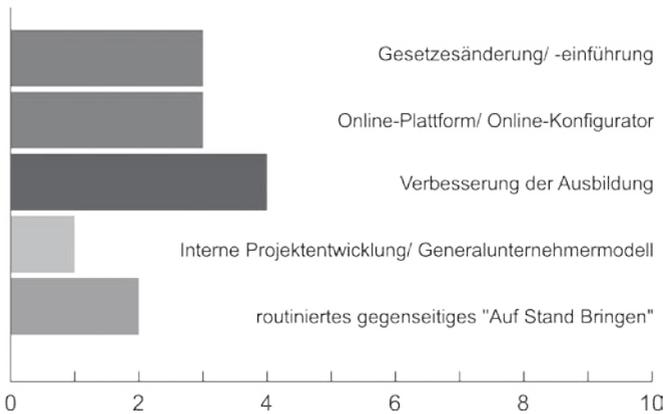


Abbildung 4: Lösungsvorschläge und Entwicklungspotential, Grafik @ FSK

### Auswertung C

Unabhängig von den Antworten aus (B) wurde allen Befragten das folgende Szenario beschrieben und zur Diskussion gestellt:

*Stellen Sie sich eine Online-Plattform, losgelöst von HOAI und VOB vor, welche eine automatisierte Entwurfsplanung mit Leitdetails der jeweiligen gewählten Holzbausysteme zu Verfügung stellt und zwischen Auftraggebern/ Bauherren und Auftragnehmern/ Planern/ Holzbauunternehmen vermittelt. Würden Sie diese nutzen bzw. erkennen Sie darin einen Mehrwert?*

Laut der Aussage zweier Holzbauunternehmer (EI02/EI05) funktionieren solche Plattformen deshalb nicht, weil aufgrund unterschiedlicher spezifischer Bau-Vorschriften keine Allgemeingültigkeit einer bestimmten konstruktiven oder statischen Lösung geltend gemacht werden kann. Darüber hinaus kamen drei Befragte zu dem Schluss, dass Monteure und Zimmerer nicht in der Lage sind anspruchsvolle, unbekannte Systeme zu

montieren ohne darin zuvor unterrichtet worden zu sein, bzw. würden die damit einhergehende Verantwortung bzw. Haftung nicht eingehen wollen.

### **3 Ergebnisse**

Die Interviews bestätigen die anfänglich aufgestellten Thesen und vertiefen diese inhaltlich. Die große Produktvarianz und Fülle an verschiedenen Ausführungsweisen erschwert die Planung. Eine Verringerung des Mehraufwands ist möglich, wenn entsprechend der Aussagen zu (B) einzelne Konstruktionsweisen klar definiert werden und innerhalb des jeweiligen Systems ein Konsens über die Ausführung von Details, Fertigung und Montage besteht. Ein Plattformmodell, welches versucht, die zuvor beschriebene inhaltliche Schnittmenge abzubilden und eine neuartige Grundlage für eine digitale Zusammenarbeit formuliert, muss daher unbedingt Lösungen in Bezug auf den Status unterschiedlicher Bau-Vorschriften abbilden und einen beschleunigten Wissenstransfer integrieren.

### **4 Schlussfolgerung**

Gerade für die Selektion aus einem Überangebot von Informationen, und für das Bereitstellen von Fachwissen sind Plattformen gut geeignet. So lassen sich Parameter aus regional geltenden spezifischen Bau-Vorschriften in Datensätzen sammeln und deren Auswirkungen auf ein gewähltes Bausystem mühelos digital abfragen. Um dabei einen Mehraufwand zu umgehen ist es notwendig die entsprechenden Informationen entsprechend der vertikalen Integration gebündelt zur Verfügung zu stellen. Vergleichbar dem Prinzip eines Generalunternehmens, beinhaltet dieser Ansatz das Potenzial bereits erbrachte Planungsleistungen mit begrenztem Mehraufwand zu vervielfachen.

Auf diese Weise ist es möglich digitale Skaleneffekte auch für KMUs aus dem Bereich des Holzbaus nutzbar zu machen. Zwar erfordert die Einführung einer Plattform mit digitalen Werkzeugen entsprechende vorbereitende Maßnahmen. Jedoch müssen diese nur einmal betrieben werden und nicht bei jedem Bauvorhaben erneut.

Die Transformation Holzbau bezogener, sequentieller Planungsprozesse hin zu einer vollständig digitalen und weitgehend automatisierten Informations- und Prozesskette bedeutet nicht nur in technischer, sondern auch in kognitiver Hinsicht eine große Herausforderung. Eines der wesentlichen Ziele muss darin bestehen, eine Akzeptanz für all-gemeingültige Konstruktionsregeln und neuartige Bausysteme sowie die verbindliche Akzeptanz klar regulierter Kommunikationsprozesse bei allen Akteuren zu erreichen. Nur dann ist es möglich die wirtschaftlichen Potenziale durchgängig digitaler Prozesse zum anteiligen Vorteil aller Beteiligten zu erschließen.

## 5 Literaturverzeichnis

- [1] Oebbeke, A: Fertighausquote hat 2018 die 20%-Marke überschritten,  
URL: <https://www.baulinks.de/webplugin/2019/0357.php4>. - abgerufen am 2021-01-14
- [2] Kaufmann, H.; Huß, W.; Schuster, S.; Stieglmeier, M.; Geier, S.; Lattke, F.: leanWood - Optimierte Planungsprozesse für Gebäude in vorgefertigter Holzbauweise, Techn. Univ. München, Fak. für Architektur, (2017)
- [3] Kaufmann, H.; Schuster, S.; Stieglmeier, M.; Ammer, C.: Holz und BIM, Techn. Univ. München, Fak. für Architektur, (2019)
- [4] Froitzheim, U.: Macht uns die Digitalisierung produktiver? - brand eins online,  
URL <https://www.brandeins.de/magazine/brand-eins-wirtschaftsmagazin/2014/alternativen/macht-uns-die-digitalisierung-produktiver>. - abgerufen am 2021-01-17
- [5] Plass, C.; Gausmeier, J.: Das Phänomen Plattform; Wie Geschäftsmodelle und Technologien zusammenhängen (2017)

## Secure Public WiFi durch Network Access Control - Ansätze, Chancen und datenschutzrechtliche Implikationen

Schmidt, S.<sup>1</sup>; Ider, K.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Hochschule für Wirtschaft und Recht Berlin, Fachbereich II, DB Station&Service AG

<sup>2</sup> Hochschule für Wirtschaft und Recht Berlin, Fachbereich II, Delivery Hero SE

E-Mail: steven.se.schmidt@deutschebahn.com

### Abstract:

Das vorliegende Paper beleuchtet Gefahren bei der Nutzung öffentlicher WLANs durch Cyberangriffe. Nachfolgend werden Chancen und Möglichkeiten einer möglichen Sicherheitsarchitektur für innovative, datengetriebene Services als mögliche Mehrwerte anhand eines Use Cases aufgezeigt und datenschutzrechtlich diskutiert. Die Implementierung erfolgt im Rahmen eines Proof of Concepts bei der DB Station&Service AG.

### 1 Typische Angriffsszenarien öffentlicher WLANs

Das Verständnis eines öffentlichen WLANs für diese Betrachtung ist durch folgende Eigenschaften charakterisiert:

- Kostenfreiheit
- In der Regel ohne Registrierung nutzbar
- Ohne Volumen- oder Zeitbegrenzung
- Unverschlüsselt, also ohne Authentisierung offen.

Durch den offenen, unverschlüsselten und nicht autorisierenden Charakter des Netzes basieren viele Angriffsvektoren auf einem Man-in-the-middle-Angriffs (Abbildung 1).

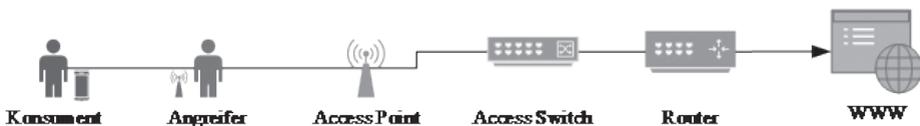


Abbildung 1: Grundschemata eines Man-in-the-middle-Angriffs<sup>1</sup>.

Sniffing bzw. Snooping beinhalten das abfangen und analysieren von Paketen einer unverschlüsselten Verbindung<sup>2</sup>. Evil Twin Attacks und Snarfing beziehen sich darauf, dass ein falscher Access Point mit gleicher SSID dafür genutzt wird. Durch Deauth-Attacken kommt automatisch eine Verbindung mit dem Angreifer-Access Point aufgrund der Sig-

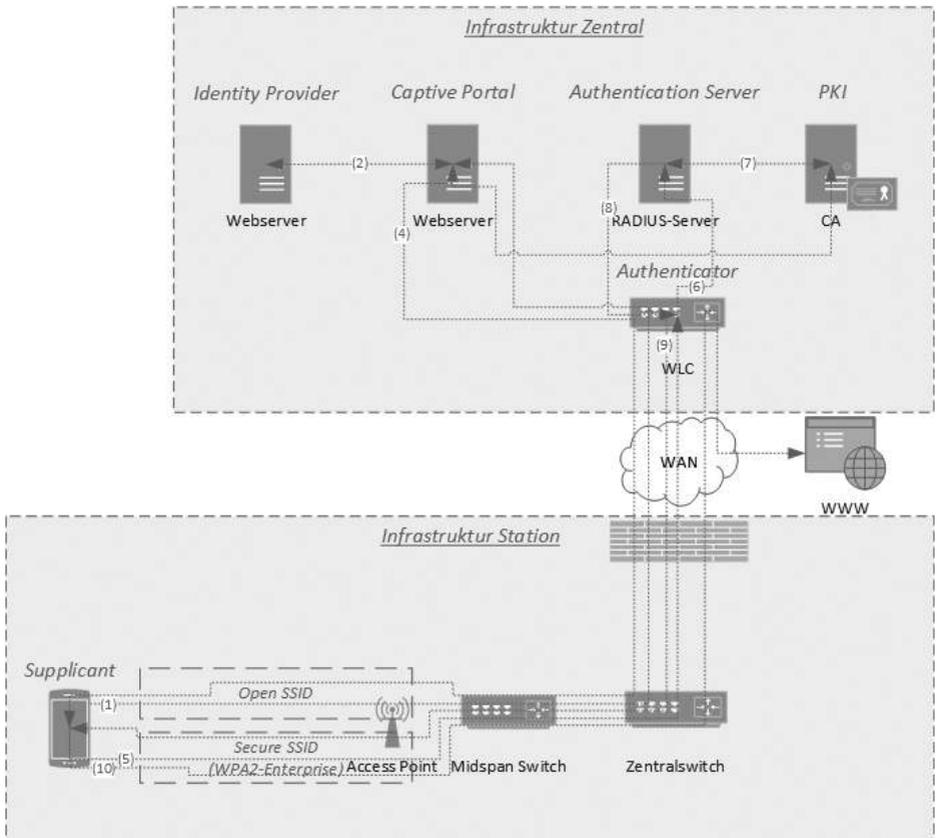


Abbildung 2: Aufbau der Implementierung von WPA2-Enterprise im PoC, angelehnt an <sup>1</sup>.

nalstärke zustande <sup>3</sup>. So können Sitzungscookies abzufangen und für die Fälschung der Konsumentensitzung genutzt werden <sup>4</sup>. Beim ARP Spoofing werden Nutzer über ein eigenes Standardgateway auf gefälschte Websites umgeleitet, um empfindliche Daten abzufangen <sup>5 6</sup>.

## 2 Sicherung im Proof of Concept

Ein PoC der DB Station&Service AG verprobt und validiert eine mögliche Sicherheitsarchitektur durch Network Access Control (IEEE 802.1X <sup>7</sup>) und WPA2-Enterprise (siehe Abbildung 2). Das Prozesszielbild ist folgendes: Das Konsumenten-Endgerät (Supplicant) befindet sich im offenen WLAN *WIFI@DB* und gelangt auf das Captive

Portal (1). Dort ist die API des Identity Providers zur Anmeldung oder Registrierung durch den Nutzer eingebettet (2). Die ID und ein Token werden via API an die PKI übergeben und in ein Client Certificate eingetragen (3), welches über das Captive Portal auf das Konsumenten-Endgerät heruntergeladen wird (4). Dieses kann sich nun im WPA2-1X-geschützten WLAN *WIFI@DB\_secure* mit seinem Client Certificate am Authenticator via EAP-TLS1.2 anmelden (5). Der Authenticator leitet die Autorisierungsanfrage an den Authentication Server weiter (6), welcher die Gültigkeit des Client Certificate bei der PKI prüft (7) und eine Freigabe über den Authenticator erteilt (8). Dieser ermöglicht dem Endgerät (9) den Zugriff auf das WWW (10).

### **3 Datenschutzrechtliche Chancen und Risiken weiterer Nutzenpotenziale**

Die Nutzerabstraktion per ID anstelle einer MAC-Adresse ermöglicht weitere Mehrwerte wie beispielsweise eine statistische und pseudonyme Analyse von Bewegungsdaten. Durch den überregional-zentralistischen Charakter des Systems sind hier Rückschlüsse auf lokale, regionale und bundesweite Bewegungsmuster durch Tracking der IDs möglich, welche Einblicke für Services wie bspw. die Reisendenführung zulassen.

Die datenschutzrechtliche Betrachtung dazu umfasst eine Bewertung der vorangegangenen Vorbereitungstätigkeiten unter Berücksichtigung der Art, des Umfangs, der Umstände und der Zwecke der Verarbeitungen gemäß Art. 35 DSGVO. Die Deutsche Bahn AG agiert als Datenverantwortliche Instanz, da diese über den Zweck und Mittel, u.a. die technische Infrastruktur, der Verarbeitung allein entscheidet.

Die Grundsätze, Rechtmäßigkeit und Sicherheitsanforderungen zur Verarbeitung personenbezogener Daten (pbD) stehen hier neben der Technikgestaltung und datenschutzfreundlichen Voreinstellung im besonderen Fokus, da diese Aufschluss über die Legitimität zur Verarbeitung geben.

Der Untersuchungsgegenstand ist die Auswertung pseudonymisierter pbD zur Auswertung der Reisekette. Dabei stehen nicht die Individuen im Mittelpunkt, sondern die von ihnen generierten, pseudonymisierten Bewegungsdaten. Die zentrale Frage ist also: Inwiefern führt eine Pseudonymisierung von personenbezogenen Daten zur gesetzeskonformen und somit legitimen Verarbeitung?

Pseudonymisierung ist nach Art. 4 Abs. 5 DSGVO ein Prozess der Datenmaskierung, wobei die Daten in einer Weise verarbeitet werden, sodass der Personenbezug ohne zusätzliche Informationen nicht mehr erfolgen kann. Deshalb muss beim Pseudonymisierungsprozess ein besonderes Augenmerk auf die technischen und organisatorischen Maßnahmen gelegt werden, sodass eine nachträgliche Identifizierung von Individuen maximal durch erhöhten Aufwand erfolgen kann. Dazu zählen Zugriffskontrollen gem. § 64 Abs. 3 Nr. 5 BDSG (neu), sowie Rollenkonzepte und klare Aufgabentrennungen für entsprechende Systeme.

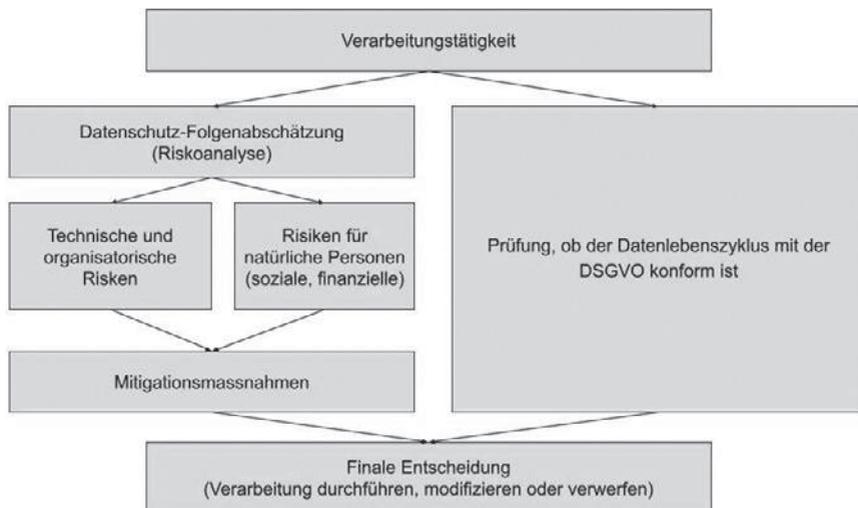


Abbildung 3: Entscheidungsprozess bei Verarbeitungen aus berechtigtem Interesse.

Da trotz Pseudonymisierung unternehmensintern ein potenzieller Personenbezug durch Verkettung verschiedener Datensätze erfolgen kann, ist Art. 11 DSGVO nicht anwendbar. Es gilt, solange das Unternehmen in der Lage ist einen Personenbezug herzustellen, ist die DSGVO anzuwenden. Beim Vorliegen eines Personenbezugs muss eine entsprechende Rechtmäßigkeit zur Verarbeitung dieser Daten vorliegen. Diese ergibt sich aus dem Zweck und Ziel der Verarbeitung. Die Auswertung der Bewegungsdaten bedingt eine Datensammlung von einzelnen, mit dem WLAN verbundenen Mobilgeräten. Die Verarbeitung besteht aus berechtigtem Interesse des Unternehmens, gem. Art. 6 Abs. 1 lit. f. DSGVO. Dies bedingt eine Risikoanalyse für die betroffenen Personen, mit dem Ziel, abzuwägen, ob der gesteigerte Mehrwert für den Fahrgast die Risiken deutlich übersteigt und ob Mitigationsmaßnahmen notwendig werden. Es dürfen zu keinem Zeitpunkt in der Verarbeitung die Interessen, Grundrechte und Grundfreiheiten der betroffenen Personen gefährdet werden, i.S.d. Art. 6 Abs. 1 lit. f DSGVO.

Es ist nicht auszuschließen, dass die von den Mobilgeräten gesammelten Daten trotz Pseudonymisierung personifizierbar sind. Beispielsweise kann die Kombination aus Benutzer-ID, Abfahrtsbahnhof, Alter und Geschlecht ein Individuum identifizierbar machen. Hier bieten sich Gruppierungen an, um das Bild unklarer werden zu lassen. In jedem Fall gilt aber das Datenminimierungsprinzip zur angemessenen, sachgerechten und begrenzten Verarbeitung der Daten, i.S.d. Art. 5 Abs. 1 lit. c. So werden potenzielle Risiken für Personen verringert. Abbildung 3 fasst den Prozess zusammen.

Die Verarbeitung pseudonymisierter Daten zur Errechnung des Besucherverkehrs wird bereits durch Google Maps als Service angeboten<sup>8</sup>. Ein Algorithmus berechnet aus his-

torischen und Echtzeitdaten den Besucherverkehr und Verkehrsströme. Durch Anwendung der statistischen Methode, bekannt als “Differential Privacy”, versichert Google eine anonyme Datenverarbeitung. Das Unternehmen verpflichtet sich, keine Informationen zum Besucherverkehr für Orte bereitzustellen, für die nicht genug anonyme Daten zu Verfügung stehen. Anders als bei Google, soll allerdings bei der Deutschen Bahn eine eindeutige Benutzer-ID im pseudonymisierten Datensatz bestehen, um ggf. weitere Nutzerdienste anzubieten.

Insgesamt zeigt die datenschutzrechtliche Bewertung, dass die Pseudonymisierung personenbezogener Daten zur gesetzeskonformen Verarbeitung signifikant beiträgt. Anders als bei Google, sollen bei der Deutschen Bahn eindeutige Benutzer-IDs im pseudonymisierten Datensatz bestehen. Besonders deswegen müssen strengere technische und organisatorische Maßnahmen implementiert werden, sodass ein Personenbezug im gesamten Datenlebenszyklus nicht möglich ist. Darüber hinaus muss eine transparente Kommunikation über die beabsichtigten Verarbeitungen gegenüber den Fahrgästen erfolgen. Können diese Maßnahmen eingehalten werden, kann eine Auswertung der Bewegungsdaten befürwortet werden. Für Fahrgäste bedeutet das unter anderem präzisere Ankunftszeiten und erhöhte Sicherheit an Bahnsteigen.

## 4 Literatur

- [1] Karch S, Schmidt S. Secure Public WiFi durch WPA2-802.1X: Ansätze, Herausforderungen und Chancen. In: Schmietendorf A, ed. Enterprise Computing Conference 2020: Ausgewählte Ergebnisse der Podiumsdiskussion, Diskussionsrunden und Workshops. Düren: Shaker Verlag; 2020:33-44. Berliner Schriften zu modernen Integrationsarchitekturen.
- [2] Null Byte. *How to Stealthfully Sniff Wi-Fi Activity Without Connecting to a Target Router. WonderHowTo*. 2018. Available at: <https://null-byte.wonderhowto.com/how-to/stealthfully-sniff-wi-fi-activity-without-connecting-target-router-0183444/>. Accessed February 2, 2020.
- [3] aircrack-ng.org. *deauthentication [Aircrack-ng]*. 2010. Available at: <https://www.aircrack-ng.org/doku.php?id=deauthentication>. Accessed February 2, 2020.
- [4] Schmidt J, Eikenberg R. *Die Hotspot-Falle. c't Magazin*. 2011. Available at: <https://www.heise.de/ct/artikel/Die-Hotspot-Falle-1394646.html>. Accessed February 2, 2020.
- [5] Kaps H. *WPA2-Lücke: ARP-Spoofing im WLAN. heise online*. 2010. Available at: <https://www.heise.de/newsticker/meldung/WPA2-Luecke-ARP-Spoofing-im-WLAN-1048568.html>. Accessed February 2, 2020.
- [6] Weidner K, Mraz V. *Gefahr durch DNS-Spoofing. c't Magazin*. 1997. Available at: <https://www.heise.de/ct/artikel/Falsch-verbunden-285844.html>. Accessed February 2, 2020.
- [7] IEEE. *IEEE Standard for Local and metropolitan area networks - Port-Based Network Access Control*. New York: Institute of Electrical and Electronics Engineers; 2010.
- [8] D' M, Zmura. Behind the scenes: popular times and live busyness information. *Google*. October 15, 2020.

# Anwendung von Lernverfahren zum Aufbau eines intelligenten ThI<sup>1</sup>-Chatbots

Schramm, T.

Fachhochschule Erfurt, Angewandte Informatik in Kooperation mit der Technischen Universität Ilmenau

E-Mail: tanja.schramm@fh-erfurt.de

## 1. Kurzfassung

Studierende der Angewandten Informatik setzen sich bereits im Grundstudium mit den Inhalten der Theoretischen Informatik als Basis für viele Themenbereiche höherer Semester auseinander. Die Vermittlung dieser Inhalte soll mit Hilfe eines intelligenten ThI-Chatbots zusätzlich zu Vorlesungen und Übungen gelingen. Dieser Chatbot muss sich über Lernstrategien aus der induktiven Inferenz selbständig Fachwissen aufbauen, dieses auf Vollständigkeit und Korrektheit prüfen, logische Schlüsse über dem erlernten Wissen ziehen und das Ergebnis Studierenden im Dialog vermitteln.

## 2. Einleitung

Dialogsysteme und Virtuelle Online-Assistenten haben in den letzten Jahren eine enorme Leistungssteigerung erfahren, was sich gerade in jüngster Zeit in einem stark wachsenden Forschungsinteresse äußert. Die neuesten Erfolge (vgl. Watson [1], Alexa [2], Siri [3]) motivieren die Entwicklung von Systemen, die von Benutzern durch natürliche Sprache bedient werden können und so den Zugriff auf Informationen sehr effizient ermöglichen. Im Resultat existiert ein starkes Bestreben, intelligente Systeme durch Nutzung von Lernverfahren weiter zu verbessern. Der Fokus in der künstlichen Intelligenz liegt dabei oft auf neuronalen Netzen. Mit Massen an Trainingsdaten, immer tieferen Netzen und steigender Rechenpower werden komplexe Sprachstrukturen analysiert. Das Wiedererkennen von Textpassagen bzw. das Zuordnen zu ähnlichen Trainingsdaten steht dort im Vordergrund, wobei die Ergebnisse meist nicht ausreichend nachvollziehbar und prognostizierbar sind. Ein Overfitting ist in Abhängigkeit der Trainingsdaten jederzeit möglich. Die Konvergenz ist nicht gewährleistet. Der Einsatz solcher Systeme kann Überraschungen enthalten bzw. nicht dem erwarteten Ergebnis entsprechen (vgl. [4]). In der induktiven Inferenz gibt es zwar Erkenntnisse, dass durch den Konsistenzverzicht während des Lernprozesses mehr lernbar ist, aber auch in einem solchen Fall fordert die induktive Inferenz in ihrem Lernbegriff die Konvergenz, d.h. die Lern-

---

<sup>1</sup> ThI - Theoretische Informatik

strategie darf ab einem bestimmten Zeitpunkt die Hypothese nicht mehr wechseln und diese Hypothese muss dem zu lernenden Sachverhalt entsprechen. Aufgrund der Unentscheidbarkeit der Äquivalenz (vgl. [5]) für wesentliche berechenbare Formalismen wie Programme und Grammatiken mit hinreichender Ausdrucksstärke können weder die Lernstrategien selbst noch Menschen bei Vorlage des Lernobjekts immer ermitteln, ob die Lernstrategie ihre finale Hypothese hat. Trotzdem kann man für den jeweiligen Hypothesenraum zeigen, dass eine Lernstrategie konvergieren muss (vgl. [6], [7]).

### 3. Theoretische Grundlagen der induktiven Inferenz

Mit der Induktion kann aus einzelnen Sachverhalten regelhaftes Wissen abgeleitet werden. Im Gegensatz zum deduktiven Lernen ist dadurch abgeleitetes Wissen zunächst unsicher. Das Schließen über unvollständigen Informationen und unsicherem Wissen entspricht in besonderem Maße der menschlichen Erforschungs- und Entwicklungsstrategie (vgl. [8]).

Man spezifiziert in der induktiven Inferenz verschiedene Lernszenarien, um u.a. die Art der vorgelegten Information festzuhalten und die Konsequenzen für den Lernprozess zu ermitteln. In **TXT** erhält die Lernstrategie nur Informationen, die zum Lernobjekt z.B. einer Sprache dazugehören. In **INF** hingegen liegen positive und negative Informationen inkl. Bewertung vor. Damit ist es in **INF** möglich, auch aus Fehlern zu lernen. Um in **TXT** erfolgreich zu sein, muss die Übergeneralisierung von Hypothesen vermieden werden. Ob dies möglich ist, hängt vom Lernobjekt und vom Hypothesenraum ab. Generell helfen nur negative Informationen beim Widerlegen übergeneralisierter Hypothesen. Lernstrategien sollten deshalb zum Sprachenlernen im Lernszenario **INF** arbeiten und sich über Rückfragen an Experten negative Informationen erzeugen. Fachbücher, Lexika und Korpora liefern nur positive Informationen (vgl. [6]).

Die Analyse des Problemraumes und die Repräsentation einer Hypothese ist wesentlich für die Lernstrategie. In vielen Bereichen durchsuchen erfolgreiche Lernstrategien systematisch den Hypothesenraum. Dies gelingt über Aufzählungsverfahren. Deshalb heißt das Prinzip solcher Lernstrategien **Identification by Enumeration** (vgl. [6], [7]) Beispiele für Aufzählungsverfahren sind:

- die Cantorsche Paarungsfunktion
- eine Gödelisierung

Sie müssen für die Lernaufgabe in einem Hypothesenraum konkretisiert werden.

### 4. Aufbau der Wissensbasis

Zentrales Element des intelligenten Systems ist die Wissensbasis, in der das gelern-te Wissen gespeichert wird. Grundsätzlich sind verschiedenste Repräsentationsformen denkbar. Gängige Ansätze sind Semantische Netze, Frames und die Prädikatenlogik.

Ein **Semantisches Netz** ist ein gerichteter Graph mit Knoten für Begriffe bzw. Konzepte und gerichteten Kanten für Beziehungen zwischen den Konzepten. Semantische Netze gelten je nach Umfang als ausgesprochen komplex und wenig formal. Deutschsprachige Projekte aus diesem Umfeld sind GermaNet (vgl. [9]) und MultiNet (vgl. [10]). Ein **Frame** besteht aus Knoten und Attribut-Wert-Paaren in einem semantischen Netz, die in ihrer Gesamtheit ein stereotypes Objekt oder ein Ereignis beschreiben. Damit bietet die Frame Semantik eine komplexe Möglichkeit zur Wissensrepräsentation. Mit Hilfe der **Prädikatenlogik** und einer ihr zugrundeliegenden Signatur lassen sich elementare Sachverhalte als Atomformeln modellieren sowie mit Logikoperatoren zu komplexeren Aussagen verbinden/quantifizieren. Neben der Aussagenmodellierung ist ein Kalkül notwendig, mit dessen Hilfe einem Folgerungsoperator ein Ableitungsoperator zur Seite gestellt wird, um aus den vorhandenen gültigen Aussagen alle weiteren gültigen Aussagen ableiten zu können.

Die Wahl geeigneter Repräsentationsformate ist Grundvoraussetzung für die darauf aufbauenden induktiven Lernstrategien. In Abb. 1 sind die relevanten Elemente der Wissensbasis und ihre grundlegende Vernetzung dargestellt.

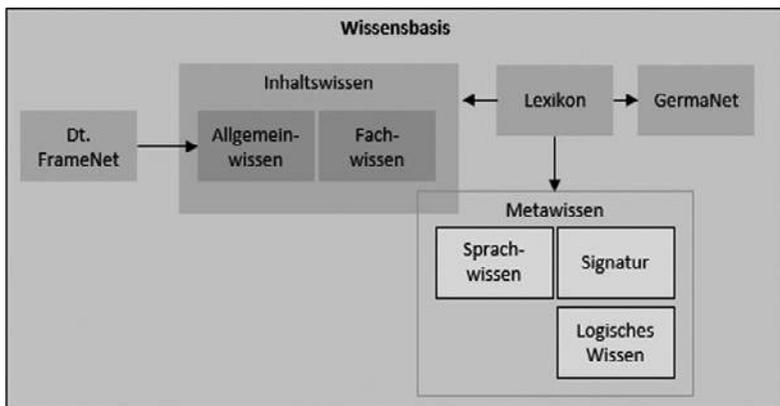


Abb. 1 Aufbau der Wissensbasis

Zunächst wird unterschieden in **Inhaltswissen** und **Metawissen**. Inhaltswissen ist Allgemeinwissen und Fachwissen als Frame Semantik. Die Verwendung von Frames ermöglicht die Integration des deutschen FrameNet und der darüber bereitgestellten Konzepte. Weiterhin bietet die Python Bibliothek NLTK (vgl. [11]) weitreichende Funktionen für Frames, die ebenfalls genutzt werden können. An das Inhaltswissen sind zusätzlich Komponenten angeschlossen, die für die Verarbeitung von Nutzereingaben erforderlich sind. Dazu gehört ein Lexikon, das auch eine Schnittstelle zu GermaNet hat, wodurch syntaktische und semantische Wortinformationen bereitgestellt werden.

Das Metawissen stellt die Metaebene zum Inhaltswissen dar und nutzt ebenfalls das Lexikon. Es umfasst das Sprachwissen in Form einer kontextfreien Grammatik sowie Axiome als Logisches Wissen, die wiederum auf einer prädikatenlogischen Signatur basieren. Kontextfreie Grammatiken und prädikatenlogische Formeln sind stark formalisiert, sodass die Nutzung von Ableitungsmechanismen und aufzählenden Lernstrategien möglich ist. Der Berkeley Parser (vgl. [12]) als relevanter Ableitungsmechanismus basiert auf einer kontextfreien Grammatik. Für prädikatenlogische Hornklauseln liefert die Programmiersprache Prolog (vgl. [13]) ein Kalkül. Beides kann über Python für die Implementierung genutzt werden.

## 5. Fazit

Mit der Konzeption der Wissens Elemente, einer vorgelagerten NLP-Implementierung sowie der Angliederung des Lexikons, von GermaNet und dem dt. FrameNet ist die Voraussetzung gegeben, induktive Lernstrategien zu entwickeln, die über den genannten Wissens Elementen arbeiten. Inhaltswissen lässt sich aus zuverlässigen Informationen in TXT lernen. Sind Informationsquellen unsicher, ist auch hier der Rückgriff auf das Lernszenario INF nötig. Für Metawissen ist durch die Struktur des Hypothesenraums das Lernszenario INF unerlässlich. Der Chatbot wird nach einem Aufzählungsverfahren systematische Rückfragen an einen Experten und mit Einschränkungen an Korpora stellen, um internes Wissen zu verbessern. Ob Rückfragen natürlich sprachlich sein müssen oder formal sein können, entscheidet der weitere Projektverlauf.

## 6. Literaturverzeichnis

- [1] IBM, „Watson Anywhere,“ [Online]. Available: <https://www.ibm.com/de-de/watson>. [Zugriff am 15 04 2021].
- [2] Amazon, „Alexa,“ [Online]. Available: <https://alexa.amazon.de/spa/index.html#cards>. [Zugriff am 15 04 2021].
- [3] Apple, „Siri,“ [Online]. Available: <https://www.apple.com/de/siri/>. [Zugriff am 15 04 2021].
- [4] S. Russell und P. Norvig, „Künstliche Intelligenz – ein moderner Ansatz“, München: Pearson Studium, 2012.
- [5] H. Rogers jr., *Theory of Recursive Functions and Effective Computability*, New York, NY, USA: McGraw-Hill, 1967.
- [6] E. M. Gold, „Language Identification in the Limit,“ *Information and Control*, pp. 447-474, 1967.
- [7] D. Angluin und C. H. Smith, „Inductive Inference: Theory and Methods,“ *ACM Comput. Surveys*, pp. 237-269, 1983.
- [8] C. Beierle, „Methoden wissensbasierter Systeme : Grundlagen, Algorithmen, Anwendungen“, Wiesbaden: Springer Vieweg, 2014.

- 
- [9] U. Tübingen, „GermaNet - An Introduction,“ [Online]. Available: <http://www.sfs.uni-tuebingen.de/GermaNet/>. [Zugriff am 18 01 2021].
- [10] H. Helbig, „Wissensrepräsentation mit Mehrschichtigen Erweiterten Semantischen Netzen,“ 11 Dezember 2017. [Online]. Available: [http://pi7.fernuni-hagen.de/forschung/multinet/multinet\\_de.html](http://pi7.fernuni-hagen.de/forschung/multinet/multinet_de.html).
- [11] NLTK, „NLTK 3.5 documentation,“ [Online]. Available: <http://www.nltk.org/>. [Zugriff am 18 01 2021].
- [12] „The Berkeley NLP Group,“ [Online]. Available: <http://nlp.cs.berkeley.edu/software.shtml>. [Zugriff am 15 04 2021].
- [13] „SWI Prolog,“ [Online]. Available: <https://www.swi-prolog.org/>. [Zugriff am 15 04 2021].

## **Smart Assembly versus Smart Assembly VR: Usability-Vergleich zwischen IT-gestützter Assistenz bei der Montage- und einer VR-basierten Schulung**

Semm, A.; Uslu, S.; Erfurth, C.; Brehm, N.

Ernst-Abbe-Hochschule Jena

E-Mail: arlett.semm@eah-jena.de

### **Kurzfassung**

In der Aus- und Weiterbildung werden zunehmend digitale Technologien als Assistenz eingesetzt. Neben Effizienz- und Qualitätsverbesserungen können Arbeitsschutzrisiken beim Anlernen reduziert werden. Es stellt sich die Frage, welche Szenarien für einen Anlernprozess besonders wirksam sind. Dieser Beitrag untersucht die Usability in einem Nutzertest am Beispiel einer Montagesituation. Dabei werden eine mit Assistenztechnik ausgestattete reale Arbeitsstation und deren virtueller Zwilling in VR gegenübergestellt.

### **1. Einleitung**

Assistierende Systeme nutzen täglich Millionen von Menschen mit unterschiedlichsten Endgeräten. So sind Smartphones, intelligente Uhren und Tablets akzeptierte Assistenzsysteme, die zu einem festen Bestandteil des Alltags geworden sind. Neue Assistenzsysteme wie Head Mounted Displays (HMDs) oder Virtual Reality (VR) werden im industriellen Kontext für verschiedene Branchen immer wichtiger. Sie erheben den Anspruch, die Effizienz und Qualität von Prozessaufgaben zu verbessern [5], [6], [7], [17]. Zahlreiche wissenschaftliche Studien haben bereits das Potenzial von Virtual- und Augmented-Reality (VR/AR) Technologien, insbesondere für die Unterstützung bei Montageaufgaben, nachgewiesen. Die meisten Studien sind jedoch hinsichtlich unzureichender Aufgabenkomplexität, Messgrößen und mangelnder Vergleichbarkeit begrenzt [9], [12]. Mit dieser Arbeit sollen neue Erkenntnisse in Bezug auf das Lernen gewonnen werden, indem vier unterschiedliche Ansätze technologisch unterstützender Szenarien verglichen werden. Im ersten Szenario findet das Training an einem intelligenten Montagearbeitsplatz statt. Im zweiten Szenario wird dieses Training mit einer VR-basierten Schulungsanwendung am identischen Montagearbeitsplatz in der virtuellen Realität durchgeführt. Das dritte Szenario kombiniert die ersten beiden und beginnt mit der Schulung in der VR-Umgebung und setzt dies im Anschluss am realen Montagearbeitsplatz fort. Das vierte Szenario tauscht die Reihenfolge des dritten Szenarios.

## 2. Ergebnisse/Diskussion

Masterstudent\*innen des Fachbereichs Wirtschaftsingenieurwesen der Ernst-Abbe-Hochschule Jena haben den intelligenten Montagearbeitsplatz „Smart Assembly Workstation“ (siehe Abb. 1 rechts) entwickelt. Das Pick-by-Light-System ermittelt beispielsweise, welche Schraube der/die Werker\*in zu nehmen hat. Eine Kamera überprüft, ob der Arbeitsschritt korrekt ausgeführt wurde, und das Display zeigt dem/der Werker\*in die nächsten Schritte an, unterstützt dabei durch Bild und Ton. Bei einer Montage signalisiert eine Ampel, ob der Schritt erfolgreich abgeschlossen wurde. Mittels solcher Werker-Assistenzsysteme kann auch Personal ohne aufwändige Schulungen in den Produktionsprozess zügig eingebunden werden. Ein virtuelles Abbild des realen Montagearbeitsplatzes wurde zusätzlich als VR-Anwendung (siehe Abb. 1 links) von Bachelorstudierenden umgesetzt.

Die in diesem Beitrag dargestellte Anwenderstudie erfolgte mit 32 Studierenden im Alter zwischen 18-25 Jahren. Die Hälfte der Studienteilnehmer\*innen war zwischen 19-20 Jahre alt. Zu 81% waren es männliche Teilnehmer. Die Studierenden hatten keine Vorerfahrungen mit dieser Montagestation. Allerdings gaben 37% der Teilnehmer\*innen an, dass sie bereits erste Montageerfahrungen in einem Unternehmen gesammelt haben. Virtual Reality hatten bereits 18 der Tester\*innen 1-3 Mal ausprobiert.

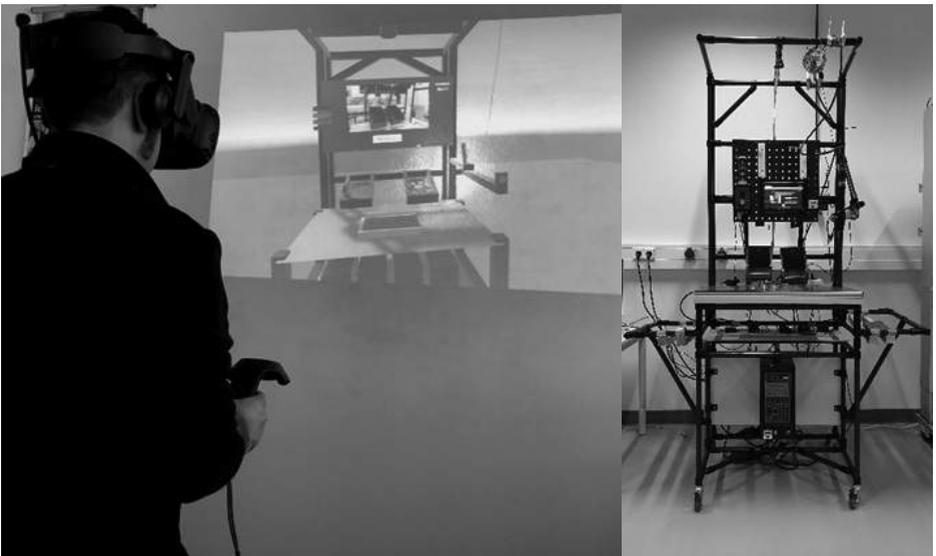


Abbildung 1: VR-Montagearbeitsplatz (links) und „Smart Assembly Workstation“ (rechts)

In dem Nutzertest wurde die Lernleistung innerhalb einer Montageaufgabe, die Usability bzw. im erweiterten Sinn die User Experience [11], [21], [27], die Anwenderzufriedenheit und die wahrgenommene Arbeitsbelastung während des Tests standardisiert gemessen [1], [2], [10], [14], [20], [23]. Insgesamt fanden vier Testläufe statt. Im ersten Szenarium waren 5 Nutzer\*innen jeweils an der realen Arbeitsstation. Im zweiten Szenarium, dem VR-Montagearbeitsplatz, testeten 6 Teilnehmer\*innen. 10 Testnutzer\*innen haben im dritten Szenarium zuerst an der VR-Montagestation und dann an der realen Arbeitsstation teilgenommen. An dem genau umgedrehten vierten Szenarium haben 11 Studierende mitgemacht. Für die Testsettings wird sich auf Nielsen bezogen, welcher ca. fünf Testnutzer\*innen empfiehlt [18]. Nach Nielsen ist bei Usability-Tests mit mehr Proband\*innen der Erkenntnisgewinn unwesentlich. Der Nutzertest wurde als Thinking-Aloud-Test [16] nach Ericsson und Simon [8] durchgeführt, unter Beachtung der detaillierteren Durchführungsbeschreibung nach Boren und Ramey [3]. Für die quantitativen Fragebögen sollten mehr Testnutzer\*innen teilnehmen. Deshalb wurde bei der Anzahl der Teilnehmer\*innen nach einem dem Aufwand beachtenden Mittelweg gesucht. Bisher konnten noch keine Nutzertests mit erfahrenen Werker\*innen durchgeführt werden.

Für die Erhebung wurden zusätzlich zu der qualitativen Usability Methode in Form eines Nutzertests, ein Wissenstest, ein kurzes Interview und quantitative Erhebungen in Form von etablierten Fragebögen verwendet:

- demografischer Fragebogen,
- Technikfragebogen [15], [24],
- Fragebögen aus dem Bereich Usability
  - System Usability Scale (SUS) [1], [2], [4],
  - ISONORM [19],
  - User Experience Questionnaire (UEQ) [22], [25] und
- aus dem Bereich Workload
  - NASA- Raw Task Load Index (RTLX) (ohne Gewichtung) [10]
- sowie aus dem Bereich Akzeptanz
  - INTUI [13], [26].

Erste Erkenntnisse der Auswertung liegen vor: Aus dem SUS-Fragebogen, der eine schnelle globale Bewertung der Systembenutzbarkeit ermöglicht, konnte ein Vergleich der Szenarien durchgeführt werden. Der Fragebogen besteht aus 10 einzelnen Skalenabfragen mit jeweils 5 Punkten zwischen „Stimme gar nicht zu“ und „Stimme voll zu“. Die zu wählenden Aussagen werden abwechselnd positiv und negativ formuliert. Damit wird verhindert, dass die Teilnehmer\*innen einfach nur blind den Fragebogen ausfüllen. Sie sollen jede Frage lesen und intuitiv beantworten [1], [2], [4].

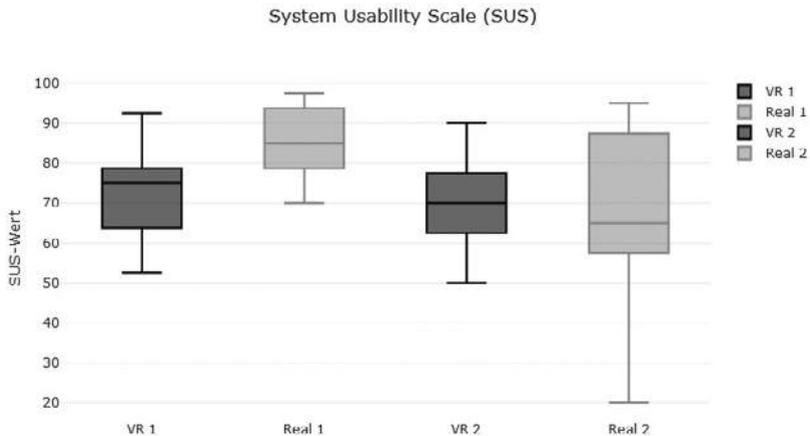


Abbildung 2: Box-Plots der Ergebnisse des SUS

Die Auswertung des SUS für diese Anwenderstudie wird in Abb. 2 in Form von Box-Plots angezeigt. Dies gibt einen Eindruck, in welchem Bereich sich die Daten befinden und wie sie verteilt sind. Die Box umfasst dabei 50 % der jeweiligen Daten. Die Linie in der Box gibt den Mittelwert an. Die Linien nach unten und oben umfassen alle weiteren Werte einschließlich der Ausreißer.

Für die Durchführung an der VR-Montagestation steht „VR“, für die reale Montagestation „Real“. Die Zahlen dahinter zeigen den Durchlauf an, also in welcher Runde die Teilnehmer\*innen die jeweilige Anwendung getestet haben. „VR 1“ und „Real 1“ wurden jeweils von 16 Nutzer\*innen in der 1. Runde getestet. „VR 2“ wurde von 11 und „Real 2“ von 10 Nutzer\*innen in der 2. Runde durchlaufen.

Die Werte an der VR-Arbeitsstation in beiden Runden liegen sehr dicht beieinander. 50 % der ermittelten Daten liegen in dem engen Messbereich von 15%. Dies könnte an der homogenen Altersgruppe liegen. Der Mittelwert unterscheidet sich gerade einmal um 5%. Es scheint also unerheblich für das Empfinden der Nutzer\*innen zur Systembenutzbarkeit der VR-Anwendung zu sein, ob vorher schon die reale Arbeitsstation durchlaufen wurde oder nicht.

In der Abb. 3 ist zu erkennen, dass der Mittelwert der VR-Durchläufe sich beim SUS Score bei der Note C in der Nähe der guten Systembenutzbarkeit befindet. Die reale Arbeitsstation hat im ersten Durchlauf „Real 1“ die Note B, exzellenter Systembenutzbarkeit, sehr gut bei den Nutzer\*innen abgeschnitten. Allerdings ist hierbei ein starker Unterschied zu „Real 2“ zu erkennen. Die Bewertung fiel deutlich differenzierter aus und hat eine stärkere Spannweite über alle Werte. Der Mittelwert befindet sich wie in Abb. 3 zu sehen ist mit 65% bei Note D. Dies könnte an der geringen Komplexität der Arbeitsaufgabe liegen. Eine Hypothese daraus wäre: Nach der Verwendung des VR-

Systems sind den Probanden die Arbeitsschritte bekannt und die Anleitungen an der realen Arbeitsstation werden in dieser Form nicht mehr benötigt. Es könnte auf einen Lerneffekt hinweisen.

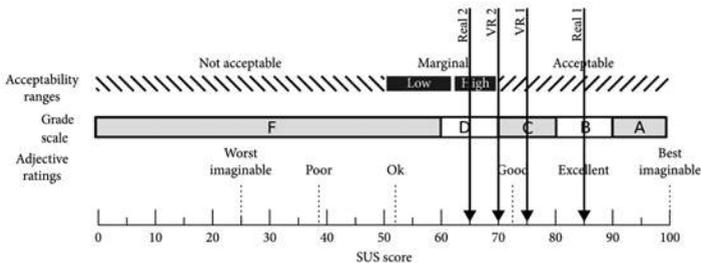


Abbildung 3: SUS Score der Ergebnisse nach [2]

Ein Interview mit einem Teilnehmer (Ablauf erst „VR“ dann „Real“) stützt die Hypothese: „[...] ich hab halt von Dings [dabei verwies der Proband auf die VR-Montagestation] schon die Arbeitsabläufe so ein bisschen gekannt [...]“.

Eine weitere Aussage eines Nutzers (Ablauf erst „Real“ dann „VR“) verweist auf einen weiteren Vorteil bei der Nutzung der VR-Montage vor der realen Montage: „Ich find man fühlt sich vielleicht so ein bisschen sicherer. [...] Wenn man, dass jetzt direkt so mit dem Showcase [Real] macht, hat man halt [das Gefühl], man macht was falsch, das hat man [...] hier [VR] weniger, weil man weiß, dass es eh nur virtuell ist.“ Das Einüben an der VR-Montagestation lässt die Probanden angstfreier Üben und gibt ihnen für die reale Umgebung mehr Sicherheit im Umgang mit diesem Szenarium.

Mehreren Benutzer\*innen fehlte die Haptik in VR, das Gefühl des echten Greifens oder Schraubens. Ein Beispiel hierfür ist die folgende Aussage nach Runde 1 in VR:

„Ein bisschen Feinmotorik fehlt, könnte man sagen.“

Nach der 2. Runde an der realen Arbeitsstation sagte dieser Studierende dann noch:

„Man hat jetzt den Widerstand selbst gespürt und man konnte da auch einfach selbst einschätzen, wenn man ein bisschen tiefer oder fester [...].“ Anderen Nutzer\*innen fehlte die Audio-Ausgabe zur Erläuterung der Arbeitsanweisungen in der momentanen VR-Anwendung.

### 3. Ausblick

Die Auswertungen der Ergebnisse laufen derzeit weiter. Ein wichtiger Punkt bei der weiteren Auswertung ist die Ermittlung des Lerneffekts in Abhängigkeit mit der Verwendung der VR-Montage. Außerdem wäre es interessant herauszufinden, ob die Vermittlung von Fähigkeiten und Abläufen über VR oder AR die Sicherheit der Ausführung am realen Werkstück beeinflusst.

Des Weiteren könnte zur Verbesserung der VR-Anwendung eine Einbindung von Audioinformationen umgesetzt werden. Die fehlende Haptik könnte durch einen nachgebildeten Dreh-Schrauber als Controller ausgeglichen werden.

#### 4. Literaturverzeichnis

- [1] Bangor, A.; Kortum, P. T.; Miller, J. T.: An Empirical evaluation of the System Usability Scale, *In: International Journal of Human-Computer Interaction*, Taylor & Francis, S. 574–594 (2008).
- [2] Bangor, A.; Kortum, P.; Miller, J.: Determining What Individual SUS Scores Mean: Adding an Adjective Rating Scale, *In: Journal of Usability Studies*, S.114-123 (2009).
- [3] Boren, T.; Ramey, J.: Thinking aloud: Reconciling theory and practice, *In: IEEE Transactions on Professional Communication*, 43, S. 261-278 (2000).
- [4] Brooke, J.: SUS: A quick and dirty usability scale, *In: Usability Evaluation in Industry*, 189 (1995).
- [5] Caudell, T. P.; Mizell, D. W.: Augmented reality: An application of heads-up display technology to manual manufacturing processes, *In: Proceedings of the Twenty-Fifth Hawaii International Conference on System Sciences*, S. 659-669, Kauai, HI, USA, (1992).
- [6] Dey, A.; Billinghamurst, M.; Lindeman, R. W.; Swan, J. E.: A Systematic Review of 10 Years of Augmented Reality Usability Studies, *In: Frontiers Robotics AI 5* (2018).
- [7] Eiriksdottir, E.; Catrambone, R.: Procedural Instructions, Principles, and Examples: How to Structure Instructions for Procedural Tasks to Enhance Performance, Learning, and Transfer, *In: Human factors*, 53, S. 749–770 (2011).
- [8] Ericsson, K. A.; Simon, H. A.: *Protocol Analysis: Verbal Reports as Data*, MIT Press, Massachusetts (1993).
- [9] Funk, M.; Kosch, T.; Schmidt, A.: Interactive worker assistance: comparing the effects of in-situ projection, head-mounted displays, tablet, and paper instructions, *In: Proceedings of the 2016 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing*, S. 934–939 (2016).
- [10] Hart, S. G.: Nasa-task load index (Nasa-TLX); 20 years later, *In: Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 50, S. 904–908 (2006).
- [11] Hassenzahl, M.; Koller, F.; Burmester, M.: Der User Experience (UX) auf der Spur: Zum Einsatz von [www.attrakdiff.de](http://www.attrakdiff.de), *In: Brau, H.; Diefenbach, S.; Hassenzahl, M.; Koller, F.; Peissner, M.; Röse, K. (Hrsg.), Tagungsband UP08*, S. 78-82, Fraunhofer Verlag, Stuttgart (2008).
- [12] Hou, L.; Wang, X. A study on the benefits of augmented reality in retaining working memory in assembly tasks: A focus on differences in gender, *In: Automation in Construction*, 32, S. 38–45 (2013).
- [13] Intuitive Interaction, <http://intuitiveinteraction.net/>, letzter Zugriff 2021/01/20
- [14] Jaspers, M. W. M.; Steen, T.; van den Bos, C.; Geenen, M.: The think aloud method: A guide to user interface design, *In: International journal of medical informatics*, 73, S. 781–795 (2004).

- [15] Karrer, K.; Glaser, C.; Clemens, C.; Bruder, C.: Technikaffinität erfassen – der Fragebogen TA-EG, In: *ZMMS Spektrum*, 29 (2009).
- [16] Krahrmer, E.; Ummelen, N.: Thinking About Thinking Aloud: A Comparison of Two Verbal Protocols for Usability Testing, In: *Professional Communication, IEEE Transactions on*, 47, S. 105–117 (2004).
- [17] Navab, N.: Developing killer apps for industrial augmented reality. In: *IEEE computer graphics and applications*, 24, S. 16–20 (2004).
- [18] Nielsen Norman Group: Why You Only Need to Test with 5 Users, <https://www.nngroup.com/articles/why-you-only-need-to-test-with-5-users/>, letzter Zugriff 2021/01/20.
- [19] Prümper, J.: Der Benutzungsfragebogen ISONORM 9241/10: Ergebnisse zur Reliabilität und Validität, In: *Software-Ergonomie '97*, S.253-262 (1997).
- [20] Rauschenberger, M.; Schrepp, M.; Perez-Cota, M.; Olschner, S.; Thomaschewski, J.: Efficient Measurement of the User Experience of Interactive Products: How to use the User Experience Questionnaire (UEQ), In: *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*, 2, S. 39-45 (2013).
- [21] Scheer, B.: Usability und Barrierefreiheit. In: *Hellbusch, J. E.; Bühler, C.: Barrierefreies Webdesign: Praxishandbuch für Webgestaltung und grafische Programmoberflächen*, S. 46–47, dpunkt verlag (2005).
- [22] Schrepp, M.; Hinderks, A.; Thomaschewski, J.: Construction of a Benchmark for the User Experience Questionnaire (UEQ), In: *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*, 4, S.40-44 (2017).
- [23] Tang, A.; Owen, C.; Biocca, F.; Mou, W.: Comparative effectiveness of augmented reality in object assembly, In: *Conference on Human Factors in Computing Systems – Proceedings*, S. 73–80 (2003).
- [24] TU Berlin, Institut für Psychologie und Arbeitswissenschaft: Mensch-Maschine-Systeme, [https://www.mms.tu-berlin.de/fileadmin/fg268/Forschung/TA-EG\\_Fragebogen\\_Technikaffinitaet.pdf](https://www.mms.tu-berlin.de/fileadmin/fg268/Forschung/TA-EG_Fragebogen_Technikaffinitaet.pdf), letzter Zugriff 2021/01/20
- [25] UEQ: User Experience Questionnaire, <https://www.ueq-online.org/>, letzter Zugriff 2021/01/20.
- [26] Ullrich, D.; Diefenbach, S.: INTUI: Exploring the Facets of Intuitive Interaction, In: *Ziegler, J.; Schmidt, A. (Hrsg.) Mensch & Computer 2010*, S. 251-260, Oldenbourg, München (2010).
- [27] Vasconcelos, L. G.; Machado, L. A. T.; Vasconcelos, L. E. G.; Franca, R. M.: Thinking Aloud Method to Evaluate the Usability of a Nowcasting App, In: *Seventh International Conference on Advances in Computing, Communication and Information Technology - CCIT 2018*, S. 6–10 (2018).

## **Einfluss der modernen Fernerkundung auf den Pflanzenbau**

Spickermann, O.; Gille, S.; Dallmann, J.; Orzessek, D.; Deubel, A.

Hochschule Anhalt

E-Mail: ole.spickermann@hs-anhalt.de

### **Kurzfassung**

Im Rahmen der Landwirtschaft 4.0 gilt es, Prozesse und Maschinen bestmöglich zu vernetzen, um auf der einen Seite die Produktivität zu steigern, aber gleichzeitig auf der anderen Seite die Umwelt zu schützen und die natürlichen Regulationsmechanismen von Agrarökosystemen zu schonen und zu fördern.

Die Techniken der Fernerkundung lassen sich in diese Prozesse optimal einbinden. Besonders die technische Entwicklung der letzten zehn Jahre bietet dem Anwender einen vereinfachten Zugang zu einem breiten Spektrum an Sensoren und Sensorträgersystemen, wodurch auch komplexere Monitoringaufgaben realisierbar sind. Aktuelle computergestützte Geoinformationssysteme helfen, die großen Datenmengen zu verarbeiten, zu ordnen und als Entscheidungsgrundlagen zu nutzen.

### **1. Einleitung**

Datenerfassung und Verarbeitung bilden einige der wichtigsten Grundpfeiler der Landwirtschaft im 21. Jahrhundert. Damit die relevanten Daten in der benötigten Form und in ausreichendem Maße zur Verfügung gestellt werden können, sind die Ansprüche an das Monitoring der Ackerflächen proportional gewachsen. Ein umfangreiches Flächenmonitoring ist aber in der Regel ebenso kostenintensiv wie praktisch, sodass verstärkt nach Möglichkeiten gesucht wird, auch von großen Schlägen in kurzer Zeit viele Daten zu sammeln. An dieser Stelle rückten in den vergangenen Jahren besonders die Daten in den Focus, welche die moderne Fernerkundung schnell und kosteneffizient erfasst [1]. Dank unterschiedlicher Skalenebenen vom UAV (unmanned areal vehicle) bis zum Satellit und fortschrittlicher Sensorsysteme können nicht nur große Flächen in sehr kurzer Zeit gescannt, sondern auch Detailaufnahmen bis in den Einzelpflanzenbereich realisiert werden. Durch Kombination dieser Daten mit klassischen Bonituren und Laboranalysen eröffnen sich neue Möglichkeiten bei der teilflächenspezifischen Bewirtschaftung [2].

### **2. Chancen durch das Monitoring aus der Luft**

Hyperspektralkameras, Laserscanner oder abbildende Radare sind nur eine kleine Auswahl von Sensoren, welche der Fernerkundung im Jahr 2021 zur Verfügung stehen.

Diese Systeme liefern eine unglaubliche Bandbreite an Daten und gewinnen in den verschiedensten Bereichen an Bedeutung. Auch im Pflanzenbau lassen sich bspw. aus Multi- bzw. Hyperspektralaufnahmen Aussagen zur Pflanzenvitalität, Bodenfeuchte oder Ertragspotentialen ableiten. Jedoch können bereits einfache RGB-Luftbilder (Rot, Grün, Blau), zu den richtigen Zeitpunkten, einen enormen Mehrwert für den Agrarmanager bedeuten und helfen nicht nur beim Monitoring sowie der daraus folgenden Entscheidungsfindung, sondern auch bei der Dokumentation über viele Jahre. Ein Beispiel liefert die Abbildung 1.

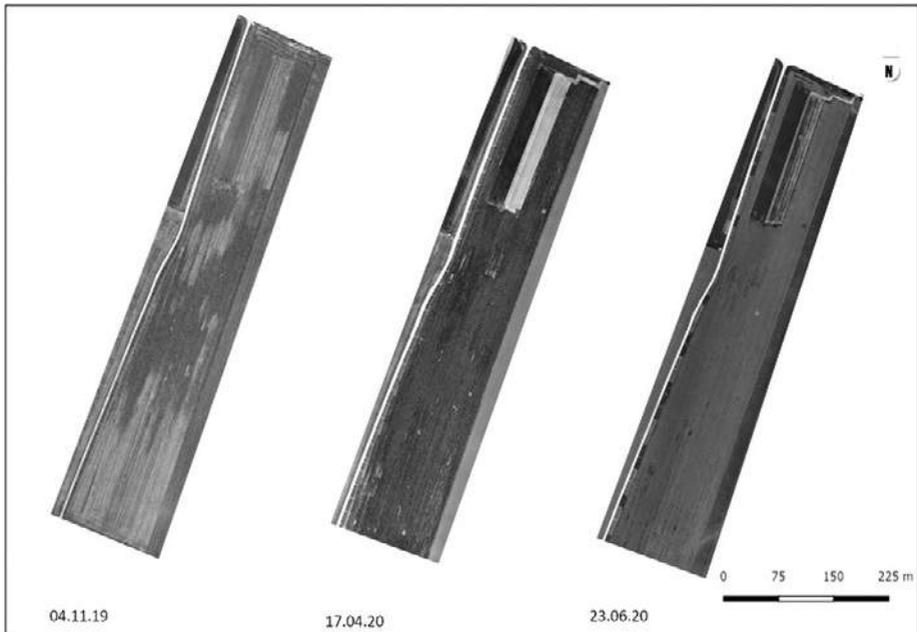


Abb. 1 RGB UAV-Orthofotos des Schlages „Ochsendorf“ im Verlauf der Jahreszeiten

Die Direktsaat dieses Winterrapsversuches der Hochschule Anhalt zeichnete sich in der Saison 2019/2020 durch einen sehr unregelmäßigen Feldaufgang aus. Neben großen Bestandslücken bis in das Frühjahr hinein, wurde auch im April ein sehr heterogener Blühbeginn dokumentiert. Im Sommer sind keine Lücken mehr zu erkennen, aber die Ertragskartierung via Mähdrescher (Schnittbreite 5,6 m) in Abbildung 2 zeigt erneut Defizite besonders im südlichen Bereich des Schlages.

Die historische Satellitenaufnahme aus Abbildung 3, weist auf einen ähnlichen Zustand des Winterrapsbestandes auch im Jahr 2017 hin. Dunkle Zonen deuten auf eine verstärk-

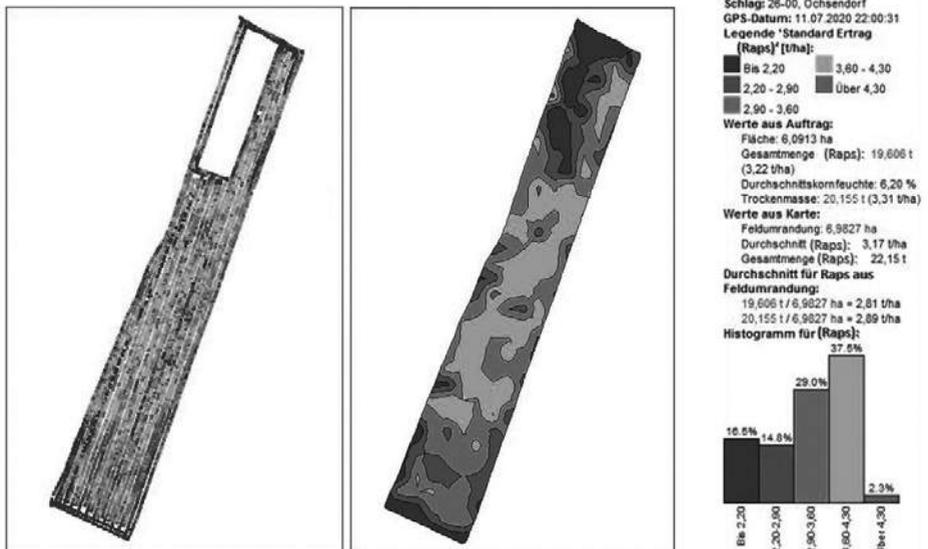


Abb. 2 Ertragskarte aus CLAAS AGROCOM MAP PILOT in detaillierter Rechteckdarstellung und als Zonenkarte

te Absorption des Lichts im nahinfraroten Wellenlängenbereich hin. Dies lässt auf eine niedrige Bestandsdichte oder geringe Vitalität schließen, da ein gesunder homogener Pflanzenbestand Licht dieser Wellenlängen stärker reflektieren würde.

Diese dokumentierte Entwicklung lässt verschiedene Schlüsse für die weitere Bestandsführung zu. Damit künftig die Erträge auf dieser Fläche besser abschätzbar sind, sollte der Boden beprobt, die Pflanzen bonitiert und auf Unregelmäßigkeiten untersucht werden. Die Bewirtschaftungsintensität für das untere Drittel sollte dann, in Abhängigkeit der Analyseergebnisse, angepasst werden. Dies kann bspw. bedeuten, die Gabe von Dünger zu erhöhen, um Nährstoffmangel im Boden auszugleichen. Sollte die Ursache eine zu geringe Tiefgründigkeit des Bodens verbunden mit Wassermangel sein, wäre es hingegen sinnvoll, die Gabe von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln zu reduzieren und somit an die veränderten Ertragsersparungen anzupassen. Die Entwicklung anderer Kulturen nach dem Fruchtwechsel sollte bei diesem Beispiel näher beobachtet und dokumentiert werden.

Bodenkarten, wie unter Abbildung 4, geben Hinweise darauf, dass die heterogene Bestandsentwicklung mit der Bodenstruktur in Verbindung stehen könnte. So wechselt bei der Versuchsfläche „Ochsendorf“ im unteren Drittel die Bodenliegendschicht von Normallehm zu Lehmsand, wodurch beispielsweise Änderungen des Bodenwasserhaushalts oder Mineralstoffverfügbarkeit stattfinden können.



Abb. 3 Grauwertbild vom Schlag „Ochsendorf“  
erzeugt aus dem Nahinfrarotkanal (Band 8) des Sentinel 2A Satelliten; 28.03.2017

Dieses Beispiel zeigt, wie bereits einfache Techniken der Fernerkundung in Kombination untereinander und mit klassischen Daten, wie sie bspw. durch die Länder zur Verfügung gestellt werden, einen großen Mehrwert für den Agrarmanager bringen können. So wäre es im Beispiel möglich, Bereiche für kostspielige Bodenbeprobungen einzugrenzen und gezielt Maßnahmen durch angepassten Pflanzenschutz oder auch eine Umstellung der Fruchtfolge einzuleiten.

### 3. Fernerkundung im forschungsorientierten Pflanzenbau

Im Feldversuchswesen ist neben den zahlreichen neuen Informationen, welche aus der Luft gesammelt werden können und der bereits beschriebenen Dokumentation, auch die

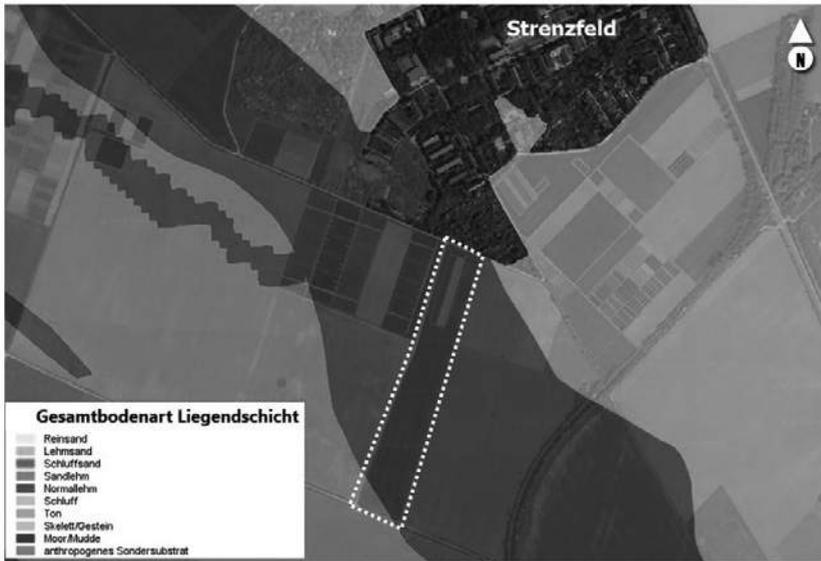


Abb. 4 Darstellung der Liegendschicht der Böden auf den Versuchsflächen der Hochschule Anhalt, basierend auf den Basisdaten der Böden des Landesamtes für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalts (Hintergrund Google Satellite Image 2018)

Vereinfachung klassischer Bonituren von herausragendem Interesse. Noch stärker als die konventionelle Landwirtschaft stützt sich das Versuchswesen auf umfangreiche und detaillierte Werte zu den Kulturpflanzenbeständen. In diesem Bereich konnte vor allem die Fernerkundung mittels UAVs in den vergangenen zehn Jahren erhebliche Fortschritte verzeichnen. Bodenaufösungen von einem Zentimeter und auch darunter sind durch niedrige Flughöhen sowie hochauflösende Sensoren problemlos zu erzielen. So ist es möglich, auch von kleinsten Versuchsblöcken Bedeckungsgrad, Wachstumsindizes oder Einzelpflanzen zu erfassen. Die Abbildung 5 zeigt am Beispiel eines Sortenvergleichs verschiedener Sonnenblumen, wie aus einem RGB-Luftbild der Bestand einer gesamten Versuchsparzelle erfasst werden kann.

Diese sonst im Feld von Versuchstechnikern manuell durchgeführte Bonitur, kann im Rahmen des allgemeinen Versuchsmonitorings mit erfasst werden. Die Versuchsplanung und Aussaat basierend auf digitalen Parzellenblöcken geht mit der Fernerkundung einher und gewährleistet eine schnellere und präzisere Datenerfassung. Zusätzlich lassen sich Versuchspartellen als Ganzes abbilden und stichprobenartige Bonituren können zu Gunsten einer gesamtheitlichen Betrachtung ersetzt werden.

Der größte Mehrwert für die Forschung lässt sich durch die Kombination verschiedener Datenerfassungssysteme erreichen. Viele der klassischen Bonituren erfassen i.d.R. nur

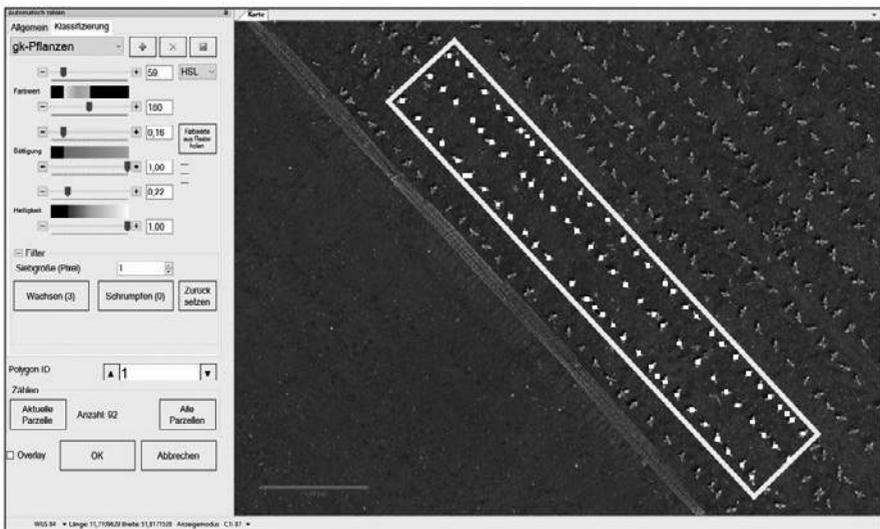


Abb. 5 Automatische Bestimmung des Aufgangspflanzenbestandes (92 Pflanzen) einer 1,4x8 m Versuchsparzelle mittels miniGIS-Software

einen Bereich der Versuchsanlagen, diesen aber sehr detailliert. Hier kann in Abhängigkeit der untersuchten Kulturpflanzen mittels Fernerkundung nur unter sehr großem Aufwand ein qualitativ vergleichbares Ergebnis erzielt werden. Hiervon sind bspw. Bonituren zur Bestimmung der Anzahl der Seitentriebe oder der Ähren bei Getreide betroffen. Zu aufgeführten Beispielen lassen sich aber hervorragend Ergänzungen durch den Einsatz von Fernerkundungsdaten beisteuern. Ein niedriger Bedeckungsgrad kann mit einer stärkeren Bestockung korrelieren. Die Ableitung des Chlorophyllgehaltes aus einem Luftbild kann Auskünfte zu einer geringeren Ährenanzahl, z.B. bedingt durch Stickstoffmangel liefern.

#### 4. Diskussion

Die beiden vorhergehenden Anwendungen gewähren einen kleinen Einblick in die technischen Möglichkeiten, welche der Einsatz der Fernerkundung im Pflanzenbau gewähren kann. Wie die Beispiele zeigen, kommt ein Großteil der gewonnenen Daten besonders der teilflächenspezifischen Bewirtschaftung zu Gute, wodurch der Verbrauch vieler Betriebsmittel reduziert werden kann. Hierdurch wird die Umwelt weniger belastet und gleichzeitig können Kosten vermieden werden.

Die Erfahrungen aus den Versuchsergebnissen der Hochschule Anhalt zeigten zu diesem Thema aber auch, dass der Einsatz einzelner Verfahren aus dem breiten Spektrum der

Fernerkundungstechniken jedoch oft nur ein unvollständiges Bild der Kulturpflanzenbestände liefert. Dies liegt zum einen an der Komplexität agronomischer und phyto-logischer Vorgänge und zum anderen an den zahlreichen Wechselwirkungen, welche elektromagnetische Strahlung mit ihrer Umwelt eingeht. Daher ist das Ziel der nächsten Jahre, verschiedene Fernerkundungs- und Photogrammetriemethoden zu kombinieren, um die Aussagekraft zu optimieren und somit eine sicherere Entscheidungsgrundlage zu schaffen.

## 5. Literaturverzeichnis

- [1] Werner, A.: Informationsgeleitete Pflanzenproduktion mit Precision Farming als zentrale inhaltliche und technische Voraussetzung für eine nachhaltige Entwicklung der landwirtschaftlichen Nutzung – pre agro II; Abschlussbericht; ZALF e.V., Münchberg; 2008
- [2] Polten, B.: Programm des BMEL zur Fernerkundung; BMEL; 2019

# Spezifikation von Ereignis-Nachrichten im unternehmensübergreifenden Industrie 4.0 Umfeld

Thiele, L. S.<sup>1,2</sup>; Brehm, N.<sup>1</sup>; Peters, D.<sup>2</sup>, Erfurth, C.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ernst-Abbe-Hochschule Jena, Fachbereich Wirtschaftsingenieurwesen

<sup>2</sup> Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Institut für Datenwissenschaften

E-Mail: laura.thiele@eah-jena.de

## Kurzfassung

Der in diesem Aufsatz dargestellte Föderierte Daten-Spezifizierungs-Prozess (FDSP) unterstützt die Entwicklung von unternehmensübergreifenden Softwaresystemen. Der Prozess ist derart ausgelegt, dass unabhängige Personen erforderliche Systeminformationen erhalten und mit nur geringen Einstiegbarrieren Systemkomponenten entwickeln können. Mithilfe des FDSP wird durch die Softwareentwickler des Systems ein systeminterner Datenstandard entwickelt, der entsprechend der Systemanforderungen definiert und stetig weiterentwickelt werden kann.

## 1 Einleitung

Die Aufrechterhaltung der Wettbewerbsfähigkeit ist für jedes Unternehmen eine zentrale Aufgabe. Um diese zu gewährleisten, fokussierten sich die Unternehmen der produzierenden Industrie während des letzten Jahrzehnts zunehmend auf die Entwicklung und Realisierung von Industrie 4.0-Ansätzen [1, 2]. Viele dieser Ansätze basieren auf einer umfangreichen Datenerfassung und -nutzung und erfordern dabei eine umfassende Vernetzung und Integration verschiedenster Maschinen und Stationen der Produktion. Um am globalen Markt konkurrenzfähig zu bleiben, ist es besonders für klein- und mittelständische Unternehmen (KMU) wichtig, nicht nur eine innerbetriebliche Vernetzung zu realisieren, sondern eine Vernetzung zur verbesserten Kooperation mit anderen Unternehmen anzustreben [3]. Kooperationen erweitern nicht nur die einsetzbaren Kapazitäten, wie Personal und Maschinen, sondern ermöglichen es einem Unternehmen zusätzlich den Fokus auf das eigene Fachgebiet zu legen und den gesamten Geschäftsprozess durch die Fachkompetenzen anderer Unternehmen zu verbessern [2]. Zur Realisierung dieses Vorhabens müssen eingesetzte Softwarestrukturen derart konzipiert sein, dass sie einen überbetrieblichen Austausch von Informationen ermöglichen und erleichtern.

An diesem Punkt setzt die hier vorgestellte Arbeit an. Um KMU bei einer umfangreichen Datennutzung zu unterstützen und gleichzeitig Kooperationen mit anderen Unternehmen zu fördern, wurde das Federated Manufacturing Execution System (FMES)

entwickelt (siehe Kap. 3.1). Da übliche Methoden der Datenstandardisierung (siehe Kap. 2) bei einem derart flexiblen und erweiterbaren System nicht umsetzbar sind, haben wir einen sogenannten Föderierten Daten-Spezifizierungs-Ansatz entwickelt, der es ermöglicht, Datenstrukturen in erweiterbaren, verteilten Systemen flexibel entstehen zu lassen (siehe Kap. 3.2).

## 2 Datenstandardisierung

Im Allgemeinen bedeutet Standardisierung die Vereinheitlichung auf eine spezielle Struktur [4]. Standards werden genutzt, um Produkte, Methoden, Abläufe und vieles mehr zu vereinheitlichen. Dabei erhalten die standardisierten Komponenten spezifische Eigenschaften, wie bspw. DIN-A4-Seiten. Die Einhaltung der spezifischen Eigenschaften wirkt sich positiv auf die Verarbeitung und Nutzung der Objekte aus, denn durch die Spezifizierungen können gezielt passende Methoden und Komponenten entwickelt werden (z.B. DIN-A4-Folien).

In der Softwareentwicklung tritt durch die Standardisierung von Daten ein ähnlicher Effekt auf. Liegen Daten in einem standardisierten Datenformat vor, so können diese einfacher und verständlich durch andere Systemkomponenten verarbeitet werden [5, 6].

Bei klassischen Softwareprojekten wird hierbei üblicherweise auf bereits existierende Datenstandards<sup>1</sup> und de-facto Datenstandards<sup>2</sup> zurückgegriffen. Im Bereich der Produktionssysteme tauchen daher immer wieder Standards wie z.B. das ODVA-Maschinendatenmodell<sup>3</sup>, STEP<sup>4</sup> oder ISA-95<sup>5</sup> auf. Mitunter ist ein Standard jedoch nicht ausreichend, um alle Datentypen zu beschreiben, die in einem Netzwerk ausgetauscht werden sollen, weshalb er mitunter (systemintern) erweitert werden muss. Die Auswahl und Modifikation der Standards bedarf eines großen Kommunikationsaufwands zwischen allen, am System beteiligten Personen.

## 3 Föderierter Daten-Spezifizierungs-Ansatz

Um eine problemlose Datennutzung in einem System zu gewährleisten, ist ein, den Anforderungen entsprechender, Daten-Spezifizierungs-Prozess erforderlich.

---

1 Definiert durch offizielle Stellen die Internationale Organisation für Normung (ISO) oder Europäische Normungsinstitutionen (DIN, CEN, CENELEC, ETSI, etc.).

2 Status eines Quasi-Standards durch häufige Verwendung und Vorkommen.

3 Datenstruktur für Maschineninformationen. [5]

4 Formal normiert in der ISO-Norm 10303. Ein Standard für den Austausch von Produktmodell-Daten. [9, 5]

5 Definiert als IEC 62264. Datenaustauschformat zur Integration der Unternehmens- und Betriebsleitebene. [5]

### 3.1 Das FMES und seine Anforderungen

Das FMES basiert auf einer verteilten Systemarchitektur. Neben dem hohen Level an Integration unterstützt das Softwarekonzept einen betriebsübergreifenden Entwicklungs- und Nutzungsansatz. Das bedeutet, dass das System nicht nur von einem einzelnen Unternehmen, sondern von einem Verbund aus verschiedenen Firmen genutzt werden kann. Durch die Integration eigener Systemkomponenten kann das System sogar innerhalb des Unternehmensverbunds weiterentwickelt werden.

Die Festlegung auf einen bestehenden Standard (siehe Kap. 2) würde die Flexibilität eines FMES stark einschränken. Durch die hohe Integrationsreichweite und die dadurch entstehende Vielzahl an unterschiedlichen Nachrichtentypen (z.B. Maschinendaten, Prozessinformationen, Mitteilungen von Zulieferern) ist es zum einen nicht möglich, alle erforderlichen Nachrichtentypen mit einem Standard abzudecken, zum anderen ist zum Zeitpunkt der Systemeinführung nicht abzusehen, welche Nachrichtentypen bei späteren Weiterentwicklungen integriert werden und daher mit berücksichtigt werden müssten. Die hohe Flexibilität des Systems und die Möglichkeit der überbetrieblichen Systemweiterentwicklung erfordern einen Daten-Spezifizierungs-Prozess, der

- flexibel und erweiterbar ist,
- eine Beschreibung unterschiedlicher Datentypen ermöglicht und
- durch unterschiedliche Personen des verteilten Systems weiterentwickelt werden kann.

### 3.2 Prinzip des Föderierten Datenmanagements

Durch die große Vielfalt an Informationen, die über ein System wie FMES geteilt werden können, haben wir einen Föderierten Daten-Spezifizierungs-Prozess (FDSP) entwickelt. Ähnlich zu anderen Ansätzen im Umfeld produktionsunterstützender Software [7, 8] gibt der Ansatz eine grundlegende Nachrichtenstruktur vor, welche die Nachrichten in einen Header und einen Body unterteilt (siehe Abb. 1).

Der Header beinhaltet die Metadaten einer Nachricht. Hier sind Routing-Informationen entsprechend des genutzten Nachrichtenprotokolls (z.B. MQTT, OPC UA, etc.) vermerkt sowie weitere Informationen, die bei der späteren Datenverarbeitung unterstützen. Der Body enthält den eigentlichen Nachrichteninhalt, der über das System geteilt werden soll. Abhängig vom, im Header angegebenen, Nachrichtentyp, enthält der Body unterschiedliche Inhalte. Bei Einführung des FDSP muss an dieser Stelle ein grundlegendes Datenformat für die Beschreibung des Nachrichteninhalts festgelegt werden (z.B. JSON, CSV, etc.). Weitere Definitionen werden aufgrund der großen Vielfalt an unterschiedlichen Nachrichtentypen an dieser Stelle nicht vorgenommen.

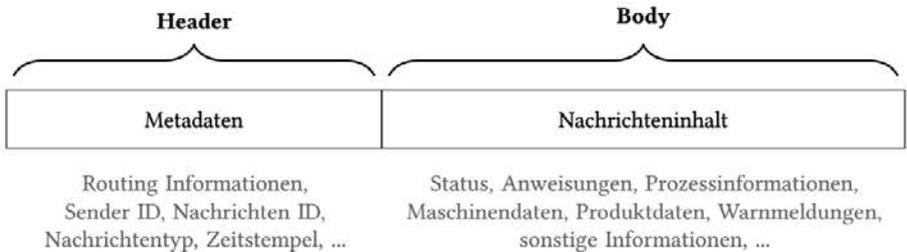


Abbildung 1: Grundlegende Nachrichtenstruktur

Durch die geringen Vorgaben an die Datenstrukturierung werden Eintrittsbarrieren für die Bereitstellung neuer Informationen niedrig gehalten. Informationsveröffentlichungen sind somit einfach umzusetzen: Relevante Informationen müssen lediglich, der Information entsprechend sinnvoll strukturiert, im entsprechenden Format (z.B. JSON) in den Body einer Nachricht verpackt und nach dem Publish-Subscribe-Pattern an das System verschickt werden (siehe Abb. 2, Service A).

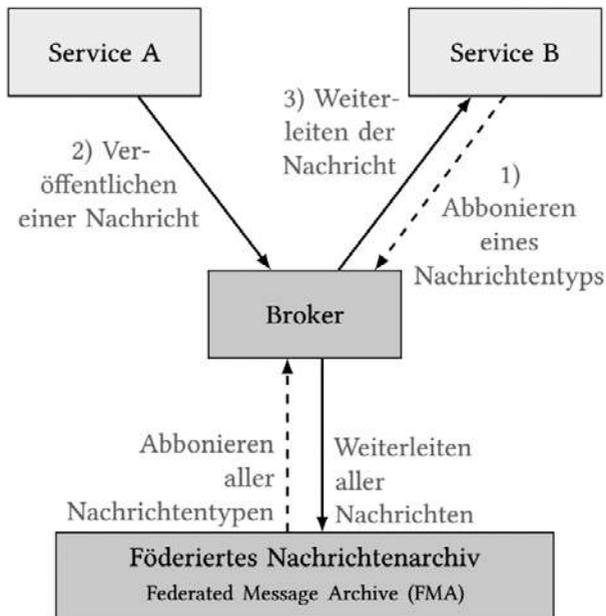


Abbildung 2: Föderiertes Daten-Management-System

Die Entwicklung einer Komponente, die Daten aus dem System verarbeitet (siehe Abb. 2, Service B), birgt größere Herausforderungen, denn der Entwickler benötigt Informationen über die zu verarbeitenden Nachrichten. Um dieses Problem zu lösen, beinhaltet das System ein Föderiertes Nachrichtenarchiv (FMA). Das Archiv sammelt Informationen über Nachrichten und bereitet diese für die Nutzer auf. So lassen sich mittels des FMA bspw. folgende Fragen beantworten:

- Wie ist eine Nachricht vom Typ XY aufgebaut?
- Welche ist die letzte Nachricht, die vom Typ XY veröffentlicht wurde?
- In welchem Intervall werden Nachrichten vom Typ XY veröffentlicht?

Um die Informationen den Nutzern übersichtlich darzustellen, wird eine Benutzeroberfläche (siehe Abb. 3) bereitgestellt, die einen strukturierten Zugriff auf diese Informationen ermöglicht.

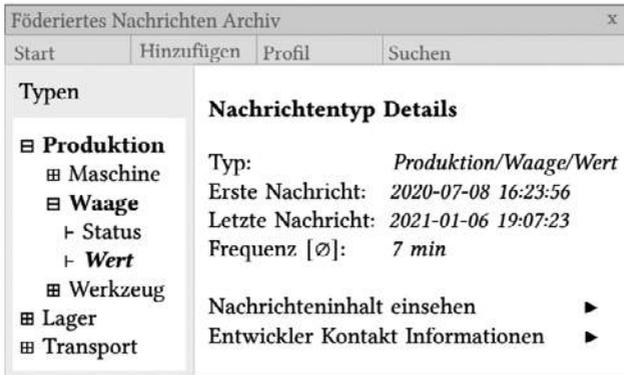


Abbildung 3: GUI Mockup des FMA

## 4 Diskussion

Wie in Abb. 4 dargestellt, ermöglicht FMES und der hier präsentierte FDSP Kooperationen zwischen unterschiedlichen Unternehmen. Da durch den FDSP lediglich fundamentale Daten-Formalisierungen vorgegeben werden, sind die Eintrittsbarrieren zur Einspeisung neuer Daten klein gehalten. Die spezifische Datenstruktur, die dem Dateninhalt entsprechend angepasst sein muss, kann frei und dem Inhalt entsprechend strukturiert werden. Systementwickler haben somit die Möglichkeit eigene Datenstruktur-Vorschläge für spezifische Datentypen abzugeben. Durch gezielte Dokumentation der Datentypen und Beschreibung der Nachrichteninhalte (z.B. Attribute) im FMA können Entwickler einen Teil dazu beitragen, dass ihre Nachrichten einfacher von anderen weiterverwendet werden können. Zusätzlich können bereits bestehende Datenstrukturen

von anderen Systemnutzern eingesehen werden. Bewährte Vorschläge können adaptiert und unvollständige überarbeitet und erweitert werden. Somit entsteht ein flexibler und erweiterbarer systeminterner Datenstandard an dem alle Beteiligten des föderierten Netzwerks mitwirken können.

Die Integration bestehender Datenstandards in das System wird jedoch nicht ausbleiben. Da viele Maschinen bereits Möglichkeiten der Datenausgabe mit sich bringen, ist es sinnvoll, die hier verwendeten Datenstandards zu integrieren. Zusätzlich wird es nötig sein, eine Versionierung der Datentypen einzuführen, um Modifikationen und Erweiterungen eines bestehenden Datentyps möglich zu machen.

### 5 Ausblick

In den kommenden Schritten soll der bereits entwickelte Prototyp des FMA auf seinen Nutzen im Rahmen von beispielhaften Softwareentwicklungsprojekten im Vergleich zu einem konventionellen Vorgehen getestet werden. In weiteren Forschungsarbeiten planen wir den Einsatz von FMES unter der Verwendung des FDSP in einem real existierenden Unternehmensverbund zu implementieren.

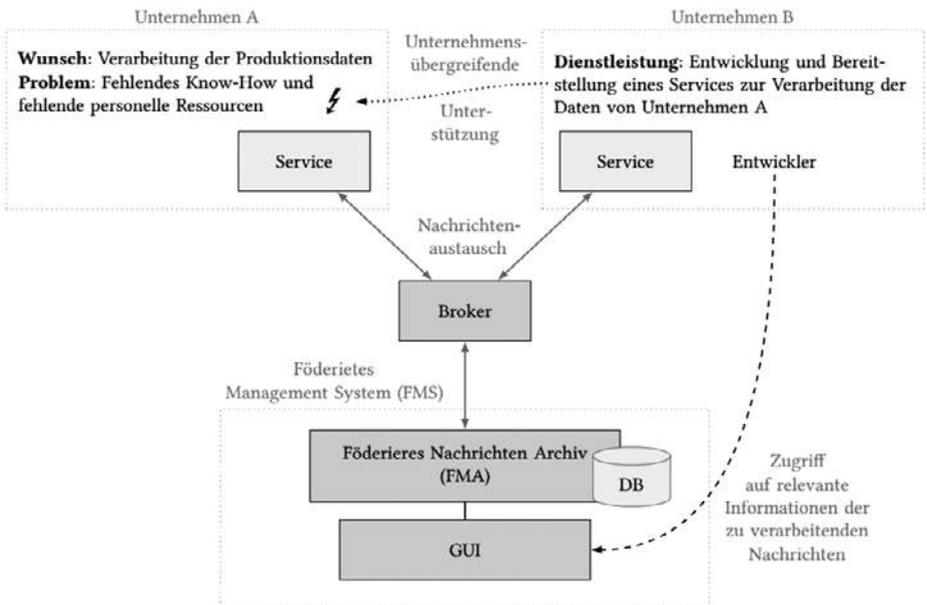


Abbildung 4: Unternehmensübergreifende Zusammenarbeit

## Literaturverzeichnis

- [1] A. Ullrich, G. Vladova, C. Thim und N. Gronau, „Akzeptanz und Wandlungsfähigkeit im Zeichen der Industrie 4.0,“ *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik*, August 2015.
- [2] P. I. 4.0, „Digital business models in the data economy,“ *2019 Progress Report*, pp. 8-9, März 2019.
- [3] L. Varshney und D. Oppenheim, „On-Cross-Enterprise Collaboration,“ 2011.
- [4] F. Maiwald und T. Reicks, „Approaches to Process Standardization,“ ACC, 2010.
- [5] D. Gorecky, A. Hennecke, M. Schmitt, S. Weyer und D. Zühlke, „Wandelbare modulare Automatisierungssysteme,“ in *Handbuch Industrie 4.0*, München, Hanser Fachbuchverlag, 2017.
- [6] J. Meißner, C. Maasem und S. Kropp, „Kapitel 2 Voruntersuchung „Produktion am Standort Deutschland“,“ in *Ergebnisbericht des BMBF-Verbundprojektes PROSENSE : hochauflösende Produktionssteuerung auf Basis kybernetischer Unterstützungssysteme und intelligenter Sensorik*, Aachen, Apprimus Verlag Aachen, 2015.
- [7] A. Theorin, K. Bengtsson, J. Provost, M. Lieder, C. Johnsson, T. Lundholm und B. Lennartson, „An Event-Driven,“ *International Journal of Production Research* 55, 5, pp. 1297-1311, Juli 2016.
- [8] J. Vialkowitsch, O. Schell, A. Willner, F. Vollmar, T. Schulz, F. Pethig, J. Neidig, T. Usländer, J. Reich, D. Nehls, M. Lieske, C. Diedrich, A. Belyaev, J. Bock und T. Deppe, „I4.0-Sprache,“ *Plattform Industrie*, Berlin, 2018.
- [9] R. Anderl, H. John, D. Trippner, M. Arlt, M. Endres, J. Katzenmaier, M. Philipp, C. Pütter, A. Angebrandt, H. Axtner, B. Daum, W. Kerschbaum, T. Kiesewetter, D. Lange, M. Leber und K. Pagenstert, *STEP Standard for the Exchange of Product Model Data: Eine Einführung in die Entwicklung, Implementierung und industrielle Nutzung der Normenreihe ISO 10303 (STEP)*, Springer-Verlag, 2013.

# Learning Agreement: Instrument zur Qualitätssicherung im dualen Studium

Thiem, T.; Moneke, S.  
Hochschule Harz, Wernigerode  
E-Mail: t.thiem@hs-harz.de

## Kurzfassung

Das duale Studium erfreut sich immer höherer Beliebtheit, jedoch bringt es auch Herausforderungen mit sich wie die unzureichende Verzahnung von Theorie und Praxis. In dieser Arbeit wird das Learning Agreement Websystem vorgestellt. Dessen Ziel ist es, die Verzahnung der Lernorte im dualen Studium zu verbessern, um so die Qualität des dualen Studiums zu erhöhen. Durch eine technische Lösung sollen Barrieren in der Benutzbarkeit verringert werden und inhaltliche Aspekte besser umsetzbar sein.

## 1. Einleitung

Das duale Studium gewinnt in der deutschen Bildungslandschaft immer mehr an Bedeutung [1]. Ein Grund hierfür ist die hohe Praxisintegration, die ein duales Studium im Vergleich zum regulären Vollzeitstudium bietet [2]. Die Umsetzung der Praxisphasen ist jedoch in der Praxis unzureichend. Die einzelnen Parteien gehen zu wenig aufeinander ein [2]. Notwendig ist die Weiterarbeit an der systematischen curricularen Integration der Inhalte und gewünschten Lernergebnisse [2]. Zur Verbesserung dieser Problematik stellen wir ein neues System vor: das Learning Agreement Websystem (LAWS). Dieses soll die Lernortkooperation verbessern und für mehr Transparenz sorgen. Ziel dieser Arbeit ist es, aufzuzeigen, dass mittels einer digitalen Lösung, am Beispiel des LAWS, eine bessere Verzahnung der Lernorte aufgebaut werden kann.

## 2. Duales Studium

Die Dualität als Verbindung und Abstimmung von mindestens zwei Lernorten sowie die Verfasstheit als wissenschaftliches bzw. wissenschaftsbezogenes Studium sind die konstituierenden Wesensmerkmale des dualen Studiums [3]. Die Lernorte müssen systematisch miteinander verzahnt sein [4]. Demnach kann die Qualität des dualen Studiums daran bewertet werden, wie gut die Lernorte miteinander verzahnt sind.

Die Praxisintegration, die das prägende Qualitätsmerkmal im dualen Studium ist, stellt jedoch auch eine Herausforderung dar [5]. Für die akademische Qualität der Ausbildung ist die Hochschule zuständig [6]. In, zwischen Hochschulen und Unternehmen,

geschlossenen Verträgen sind jedoch oftmals keine Inhalte für die Praxisphasen im Betrieb hinterlegt [7].

Laut einer Umfrage von Langfeldt et al. sehen nur ein Viertel der dual Studierenden die Praxisintegration als sehr gut oder gut an und 60 % der Unternehmen sind mit dieser unzureichenden Integration zufrieden. Folgende Gründe werden für die unzureichende Verzahnung angeführt:

- fehlendes Interesse einiger Ausbilder an theoretischen Studieninhalten
- zu geringe Anpassung an Rahmenvorgaben des Studiengangs und Praxismodule
- nicht vorhandene (schriftliche) Ablaufpläne, die eine systematische Ausbildung und einen gezielten Bezug zu den Theoriephasen erkennen lassen
- unzureichende Absprachen und zu wenig Lernortkooperation, um Anknüpfungspunkte für das betriebliche Lernen zu finden
- Unternehmen werden nicht über Änderungen von Modulinhalt informiert
- Wechsel von Ansprechpersonen im Unternehmen werden nicht unbedingt der Hochschule mitgeteilt, was die Kommunikation erschwert [5]

Um die systematische Verzahnung zu verbessern, müssen Hochschulen und Betriebe abgestimmter agieren [5]. Jedoch fehlt es vielerorts an einer Informations- und Kommunikationsstrategie unter Einbeziehung digitaler Medien, die ein vernetztes Studieren und die (virtuelle) Kooperation der Lernorte befördern könnte [5].

### **3. Learning Agreement Websystem**

Die in Kapitel 2 aufgezeigten Probleme sollen mittels einer technischen Lösung (Websystem) verbessert werden. Ein Websystem bietet entscheidende Vorteile: Es erlaubt einen sehr einfachen, bidirektionalen Austausch von Informationen aller Beteiligten, sowie den Zugriff auf ein Hochschulinformationssystem (HIS), aus dem automatisiert Daten übernommen und aufbereitet werden können [8]. Außerdem können webbasierte Anwendungen von überall und jedem internetfähigen Gerät verwendet werden [8]. Weiter wird eine verteilte Arbeit ermöglicht. Verschiedene Benutzer können gleichzeitig das System verwenden und mit dem gleichen Datenbestand arbeiten, dabei jedoch unterschiedliche optische Ausgestaltungen sehen [9]. So kann ein Betrieb andere Daten und Einstellungsmöglichkeiten sehen als Studierende oder die Hochschule. Interaktivität und multimediale Inhalte, die durch webbasierte Anwendungen umgesetzt werden können, ermöglichen den Dialog zwischen den unterschiedlichen Nutzern [9].

Folgende Verbesserungen sollen durch das LAWS erreicht werden:

- Transparenzschaffung bei Ansprechpersonen
- Zugriff auf die aktuellsten Studienordnungsstrukturen und dazugehörige Inhalte ermöglichen
- Transparenz beim Ablaufplan

- Schriftliche, verbindliche Festlegung von Ablaufplänen
- Erhöhung des Theorie-Praxis-Transfers

Diese Punkte sollen gemeinsam betrachtet und zusammen umgesetzt werden. Es soll ein System aufgebaut werden, welches das duale Studium mit den Studierenden im Mittelpunkt als ganzheitlichen Prozess betrachtet. Das LAWS soll das duale Studium, entlang des gesamten Lebenszyklus von Studierenden, begleiten und unterstützen. Im weiteren Verlauf der Arbeit wird erläutert, welche Aspekte mit dem LAWS verbessert werden sollen und wie diese technisch umgesetzt werden.

### 3.1 Inhaltliche Gestaltung

Den Betrieben und Studierenden müssen Hilfestellungen bereitgestellt werden, um die Verzahnung zu verbessern. Diese sollen in die technische Lösung angebunden werden, um so die Studierenden bestmöglich, während des gesamten Lebenszyklus an der Hochschule, zu unterstützen. Die nachfolgende Abbildung verdeutlicht dies und zeigt, welche Aspekte inhaltlich im LAWS behandelt werden sollen.



Abbildung 1: LAWS entlang des Lebenszyklus von Studierenden

Das LAWS ist zwischen Studierenden und Betrieben angedacht und soll beiden Parteien einen Mehrwert bieten. In Kapitel 2 wurde angeführt, dass die Transparenz ein Problem darstellt. Hier bietet das LAWS Studierenden und Betrieben die Möglichkeit, an einem zentralen Punkt alle studiumsrelevanten Informationen zu finden. Zudem können diese auch zentral geändert werden, sodass alle Beteiligten Änderungen sofort sehen.

Neben den transparenzschaffenden Elementen sollen noch Elemente entwickelt werden, welche die Qualität der Verzahnung zwischen den Parteien erhöhen. Diese Elemente könnten nachfolgende sein: Maßnahmen zum Praxistransfer, verschiedene Tools und Leitfäden zur Gestaltung der Zusammenarbeit, Empfehlungen zur Gestaltung der Praxisphasen, Evaluation der Praxisphasen und Dokumentation von Lernergebnissen der Praxisphasen.

Die inhaltlichen Aspekte sollen im LAWS technisch umgesetzt werden. Die Realisierung mit einer technischen Lösung soll dabei unterstützen, die inhaltlichen Aspekte so benutzerfreundlich wie möglich umzusetzen.

### 3.2 Technisches System

Für das LAWS werden sowohl Daten der Hochschule (zu Studierenden und Studienverläufen), als auch Unternehmensdaten (Praxisinformationen) benötigt. Diese Daten müssen miteinander verbunden werden. Die folgende Abbildung veranschaulicht dies.

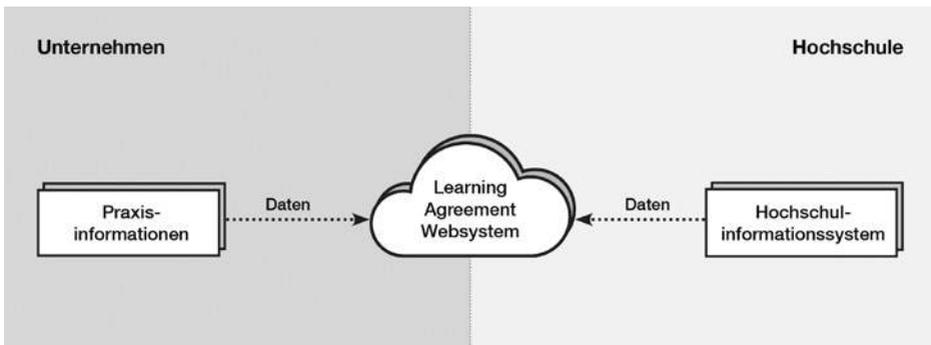


Abbildung 2: Datenherkunft LAWS

Seitens der Hochschule liegen die Daten im hochschuleigenen HIS. Ein solches HIS muss an jeder Hochschule vorhanden sein, denn die Studierenden müssen bewirtschaftet werden. Als HIS für diese Arbeit wird HisinOne verwendet.

Um die Daten aus dem HIS in das LAWS zu migrieren wird ein CronJob genutzt. Dieser startet einmal am Tag einen vordefinierten Programmcode, greift auf HisinOne zu und migriert die relevanten Daten. Dadurch werden alle relevanten Daten vollautomatisiert ins LAWS übertragen.

Bei den benötigten Unternehmensdaten kann keine vollautomatisierte Lösung bereitgestellt werden, auf Grund der großen Anzahl an möglichen Systemen in der Wirtschaftswelt [10]. Daher soll es den Unternehmen möglich sein über die grafische Benutzeroberfläche Daten ins System einzugeben. Webanwendungen sind weitverbreitet und werden im Alltag von sehr vielen Menschen verwendet [11], daher sollte das LAWS intuitiv verwendbar sein. Eine einfache Menüführung und ansprechend gestaltete Oberflächen sollen zudem das Unternehmen weiter motivieren das LAWS zu verwenden.

Das LAWS hilft bei der Kommunikation, ist benutzerfreundlich und kann bei der Verbesserung der Transparenz helfen sowie die Verzahnung verstärken.

## 4. Diskussion

Im vorherigen Kapitel wurde das LAWS vorgestellt und wie dieses die Verzahnung zwischen den Lernorten verbessern soll. Durch die einfache Handhabung des LWAS soll es den Unternehmen leichter fallen ihre Praxisphasen auf die Theoriephasen abzustimmen. Die Studierenden und Betriebe profitieren davon, dass das System eine hohe Transparenz schafft. Studierende erhalten außerdem Planungssicherheit über Themen, die in den Praxisphasen behandelt werden sollen. Zudem sollen Studierende und Unternehmen, in einer noch kommenden Erweiterung des LAWS, Hilfestellungen für einen stärkeren Theorie-Praxis-Transfer gegeben werden. Ebenfalls sollen Evaluationen durchgeführt werden.

In der Theorie hält das System was versprochen wurde: Es kann die Verzahnung der Lernorte verbessern. Jedoch befindet sich das LAWS noch in einem frühen Entwicklungsstadium. Das System wurde bisher nicht im produktiven Einsatz getestet. Erst nach einem solchen Einsatz kann gemessen werden, ob das System auch wirklich einen praktischen Mehrwert bietet.

## 5. Zusammenfassung und Ausblick

In dieser Arbeit wurde das LAWS vorgestellt. Ziel des Systems ist es, die Verzahnung im dualen Studium zu verbessern. Zunächst wurden Probleme des dualen Studiums thematisiert. Anschließend wurde das LAWS vorgestellt und beschrieben, wie dieses aufgezeigte Probleme beheben kann. Die Inhalte des Systems schaffen Transparenz und eine systematische Verzahnung zwischen Hochschule, Unternehmen und Studierenden. Durch das System wird zudem die Kommunikation erleichtert und die Usability verbessert. Das LAWS hat das Potenzial die Verzahnung der Lernorte zu verbessern, jedoch befindet sich das System noch in einer frühen Entwicklungsphase und konnte noch nicht im produktiven Einsatz getestet werden. Dies ist der nächste wichtige Schritt, welcher in einer nachfolgenden Arbeit beleuchtet werden soll.

## 6. Literaturverzeichnis

- [1] Mordhorst, L.; Nickel S.: „Grenzenloses Wachstum? Entwicklung des dualen Studiums in den Bundesländern“, CHE, Gütersloh (2019)
- [2] Frommberger, D.: „Wege zwischen beruflicher und hochschulischer Bildung Ein internationaler Vergleich“, Bertelsmann Stiftung, Gütersloh (2019)
- [3] Wissenschaftsrat: „Empfehlungen zur Entwicklung des dualen Studiums | Positionspapier“, Wissenschaftsrat, Köln (2013)
- [4] Kultusministerkonferenz: „Musterrechtsverordnung gemäß Artikel 4 Absätze 1 – 4, Studienakkreditierungsstaatsvertrag“, Stiftung Akkreditierungsrat, Bonn (2017)

- [5] Langfeldt, B.: „Lernortkooperation im dualen Studium – zu viel oder zu wenig Einfluss der Hochschulen auf die betrieblichen Praxisphasen?“, in *bwp@ Ausgabe Nr. 34*, bwp@, online (2018)
- [6] Akkreditierungsrat: „Handreichung der AG „Studiengänge mit besonderem Profilanspruch““, Stiftung Akkreditierungsrat, Bonn (2010)
- [7] Kupfer, F.; Köhlmann-Eckel, C.; Kolter, C.: „Duale Studiengänge – Praxisnahes Erfolgsmodell mit Potenzial?“, Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB), Bonn (2014)
- [8] Wilhelm, D. B.: „Nutzerakzeptanz von webbasierten Anwendungen: Modell zur Akzeptanzmessung und Identifikation von Verbesserungspotenzialen“, Gabler Verlag, Wiesbaden (2012)
- [9] Möhlenbruch D.; Dölling S.; Ritschel R.: „Web 2.0-Anwendungen im Kundenbindungsmanagement des M-Commerce“, in *Bauer H.H.; Bryant M.D.; Dirks T.: „Erfolgsfaktoren des Mobile Marketing“*, Springer, Berlin/ Heidelberg (2008)
- [10] Görzt, M.; Hesseler, M.: „Basiswissen ERP-Systeme: Auswahl, Einführung & Einsatz betriebswirtschaftlicher Standardsoftware“, W3L GmbH, Herdecke/ Witten (2007)
- [11] Steyer, R.: „WordPress: Einführung in das Content Management System“, Springer, Wiesbaden (2016)

## Ableitung von Orten und Wegen aus GPS-Standortdaten

Welk, J.

Hochschule Mittweida

E-Mail: koepke@hs-mittweida.de

### Kurzfassung

Die Nutzung mobiler Endgeräte erzeugt oft personenbezogene Daten, u.a. Positionsdaten, die z.B. von Fitness-Trackern und Apps aufgenommen und in verschiedenen Anwendungen eingesetzt werden. Jedoch sind die einzelnen Positionsdaten oft zu feingranular, sodass eine Vergrößerung (Aggregation) zu Orten und verbindenden Strecken notwendig wird. Der Algorithmus *CluPlaR* ermöglicht auf Basis einer konzeptionellen Fundierung die Aggregation der Positionsdaten zu Orten und Besuchen unter Beibehaltung ihrer chronologischen Reihenfolge. Der Artikel stellt den Algorithmus vor und präsentiert Evaluationsergebnisse. Im Ergebnis zeigt sich, dass mit dem Algorithmus eine effiziente Aggregation von Positionsdaten vorgenommen werden kann, die einer Abbildung von Orten realistisch nahekommt.

### 1. Einleitung

Der Gebrauch mobiler Endgeräte erzeugt verschiedenste Daten. Viele Fitness-Tracker können z.B. Positionsdaten protokollieren, sodass die aktive Person medizinischen Messdaten (z.B. Puls) Strecken zuordnen kann. Positionsdaten werden oft mit geografischen Längen- und Breitengraden angegeben; die Einsatzgebiete solcher Daten sind vielseitig und umfassen nicht nur die o.g. Fitness-Tracker, sondern z.B. die Messung von Umweltdaten (z.B. Feinstaub). Für deren Monitoring können mobile Sensoren verwendet werden. Mit einem GPS-Modul ausgerüstet, können die von Sensoren erfassten Umweltdaten mit deren Position zum Aufnahmezeitpunkt verknüpft werden; die Messdaten erhalten einen zeitlichen und räumlichen Kontext. Bei der Nutzung solcher Sensoren mit zwischenzeitlich stationären Aufenthalten kann die Gruppierung von Positionsdaten inkl. der verknüpften Umweltdaten wertvolle Erkenntnisse in Bezug auf Orte oder Strecken liefern.

Oft sind Positionsangaben für Analysen zu feingranular. Daher müssen sie, insb. Daten mit Personenbezug, zusammengefasst werden. Die Extraktion von Orten aus Bewegungsdaten ist Gegenstand von [1]. Anhand der Geschwindigkeit und des Radius werden Orte gebildet, die miteinander verbunden werden und somit Routen nachbilden. In [2] wird die Geschwindigkeit des Sensors ebenso in die Gruppierung einbezogen. Positionsdaten werden nur bei Überschreiten eines Grenzwertes auf-

gezeichnet. Fehlende Messwerte deuten auf einen Ortsbesuch hin; dieser wird über einen Grenzwert bezogen auf die zeitliche Lücke erkannt. In [3] wird ein Algorithmus verwendet, der Positionsdaten bzgl. ihres zeitlichen und räumlichen Abstandes gruppiert.

*CluPlAR* (*Clustering based Place Recognition*) verwendet ebenso den zeitlichen und räumlichen Kontext zur Gruppierung von Positionsdaten. Während in [1, 2] eine niedrige Geschwindigkeit bzw. ein Stoppen zur Extraktion von Orten dient, verwendet *CluPlAR* den Abstand der Positionsdaten zueinander. Zudem bezieht *CluPlAR*, analog zu [3], die Aufenthaltszeit an einem Ort in das Clustering ein, um kurze Stopps von Ortsbesuchen zu unterscheiden. Im Gegensatz zu [3] verwirft *CluPlAR* keine Positionsdaten, sondern weist sie Bewegungen zwischen Orten zu.

Die Arbeit fokussiert auf folgende Aspekte:

- Sie führt ein Konzept zur Beschreibung von Positionsdaten und abgeleiteten Aggregaten ein.
- Zur Aggregation von Positionsdaten wird der Algorithmus *CluPlAR* vorgestellt.
- *CluPlAR* wird an einem realitätsnahen Beispiel evaluiert und ausgewählte Ergebnisse gezeigt.

Kapitel 2 stellt das Konzept vor, auf dem *CluPlAR* (Kapitel 3) basiert. Kapitel 4 zeigt Evaluationsergebnisse; Kapitel 5 fasst zusammen.

## 2. Konzept

Eine Position setzt sich aus der geografischen Breite, Länge und Höhe zusammen; die Bestimmung erfolgt in einem zeitlichen Kontext. Damit kann einem Sensor die Position *Pos* zu einem Zeitpunkt *t* zugeordnet werden; dies wird als *PositionVisit*  $Pos^V = (Pos, t)$  bezeichnet.

Oft fehlt in den Daten eine explizite Verbindung zwischen den *PositionVisits*. Sie ergibt sich aus der chronologischen Reihenfolge, d.h. entsprechend der Zeitpunkte *t*, für die einzelnen *PositionVisit*. Entlang der Reihenfolge können beschrittene Wege verfolgt werden, wobei die lineare räumliche Verbindung zweier chronologisch benachbarter *PositionVisit* eine für die angestrebten Auswertungen hinreichende Vereinfachung darstellt.

Aus der Menge der *PositionVisits* und den aus ihrer chronologischen Reihenfolge abgeleiteten Verbindungen  $(Pos_1^V, \dots, Pos_n^V)$  lässt sich der *PositionVisit*-Graph  $G_{PosVisit} = (POS^V, \{(Pos_i^V, Pos_j^V)\})$  induzieren, für den gilt, dass  $Pos_i^V, Pos_j^V \in POS^V$  und  $Pos_i^V < Pos_j^V (t_i < t_j)$ , wobei  $\nexists Pos_k^V \in POS^V$ , sodass  $Pos_i^V < Pos_k^V < Pos_j^V (t_i < t_k < t_j)$ . Positionen können sich überlagern; die Linearität der Zeit – dies kann als Vereinfachung angenommen werden – macht die einzelnen *PositionVisits* unterscheidbar. Der *PositionVisit*-Graph ist gerichtet; die Richtung der Kanten ergibt sich aus der chronologischen Reihenfolge benachbarter *PositionVisits*.

Der *PositionVisit*-Graph enthält alle feingranularen Positionsdaten und ist Grundlage für die betrachtete Aggregation. Dazu werden miteinander verbundene *PositionVisits*, die räumlich und zeitlich nah beieinander liegen, zu einem *PlaceVisit*  $Place^V$  zusammengefasst, wodurch dieser eine viel gröbere Auflösung als ein *PositionVisit* aufweist. *PositionVisits*, die keinem *PlaceVisit* zugewiesen werden, gehen in den gerichteten Verbindungen, den *Tracks*, zwischen den *PlaceVisits* auf. Die Praxis zeigt, dass *PlaceVisits*, die nur einen *PositionVisit* umfassen, oft keinen Mehrwert bieten. Somit lassen sich die einzelnen *PositionVisits* sowohl zusammenfassend den *PlaceVisits* als auch den *Tracks* zuordnen. Die Menge der *PlaceVisits*  $PLACE^V$  und *TRACK* induziert den *PlaceVisit*-Graphen  $G_{PlaceVisit} = (PLACE^V, TRACK)$ . Analog dem *PositionVisit*-Graph ist mit der chronologischen Reihenfolge der aggregierten *PositionVisits* der *PlaceVisit*-Graph ebenso gerichtet.

Wird aus den *PlaceVisits* und den *Tracks* der Zeitbezug entfernt, werden aus den *PlaceVisits* miteinander verbundene *Places* abgeleitet. Dazu werden die *PositionVisits* der *PlaceVisits* und *Tracks* um die Zeitkomponente  $t$  reduziert; woraus sich der *Place*-Graph, der aus der Menge der *Places*  $PLACE$  und der sie verbindenden Kanten *CONNECTION* besteht, ergibt:  $G_{place} = (PLACE, CONNECTION)$ . Mit dem Entfernen der Zeitkomponente wird der *Place*-Graph zu einem ungerichteten Graphen.

### 3. Der Algorithmus CluPlaR

Ziel von *CluPlaR* ist die Aggregation von Positionsdaten, indem die *PositionVisits* zu *PlaceVisits* (*Places*) und *Tracks* (*Connections*) und damit die *PlaceVisit*-Graphen (*Place*-Graphen) abgeleitet werden. Das wird determiniert von:

- Radius  $maxDistance$  eines *PlaceVisit*
- Aufenthaltszeit  $minDuration$  an einem *PlaceVisit*
- Zentrumsradius  $r_{max}^C$  für einen *Place*

Der Radius  $maxDistance$  bestimmt den räumlichen Radius um das Zentrum eines *PlaceVisit*, in dem sich ein *PositionVisit* befinden muss, um ihm zugeordnet zu werden. Als Abstand fungiert die kürzeste Distanz. Kleine (größere) Radien führen zu einer höheren (kleineren) Anzahl an *PlaceVisits*.

Die Aufenthaltszeit  $minDuration$  spezifiziert die kürzeste zeitliche Ausdehnung, die zur Kombination chronologisch aufeinanderfolgender *PositionVisits* zu einem *PlaceVisit* führen. Zusammen mit  $maxDistance$  lassen sich die *PositionVisits* zu *PlaceVisits/Tracks* zuordnen. Mit kleinen (großen) Werten werden kurze Stopps zu *PlaceVisits* (*Tracks*) zugeordnet, wodurch die Anzahl der *PlaceVisits* steigt (sinkt).

Der Radius  $r_{max}^C$  spezifiziert, ob *PlaceVisits* zu *Places* verschmelzen. Dazu müssen sich die Zentroide der *PlaceVisits* in einem vorgegebenen Radius befinden. Die Intention ist, dass eng benachbarte *PlaceVisits* denselben Ort bezeichnen. Größere Radien führen zu

einer Gruppierung eng benachbarter *PlaceVisits*, während kleine Radien dazu führen, dass aus nahezu jedem *PlaceVisit* ein *Place* entsteht.

Abb. 1 zeigt den Pseudocode von *ChuPlaR*. Auf Basis des Abstands  $maxDistance$  eines *PositionVisits* zum Mittelpunkt eines Clusters erfolgt die Zuordnung zu diesem oder einem neuen Cluster. Wird ein *PositionVisit* betrachtet, für den keine Zuordnung zum aktuellen Cluster erfolgt, wird das Cluster bzgl. seiner Aufenthaltszeit  $minDuration$  überprüft. Wird diese erreicht, wird das Cluster als *PlaceVisit* gekennzeichnet, andernfalls werden die dem Cluster angehörenden *PositionVisits* dem aktuellen *Track* zugewiesen. Der Generierung eines *PlaceVisits* folgt auf Basis des Zentrumsradius  $r_{max}^C$  entweder eine Zuordnung desselben zu einem bereits existierenden oder zu einem neuen Ort.

```

Input: measured locations inputData
Required: current cluster cl, pending location ploc, current track t,
added do place added, significant places places, significant tracks
tracks
Result: Places, PlaceVisits and Tracks
foreach loc in inputData do
  if cl is empty then
    add loc to cl;
    ploc ← null;
  else
    if distance(cl, loc) ≤ maxDistance then
      add loc to cl;
      ploc ← null;
    else
      if ploc is not null then
        if duration(cl) ≥ minDuration then
          if places is empty then
            add cl to new place p;
            add p to places;
          else
            foreach p in places do
              if cl inside p then
                add cl to p;
                added ← true;
              end
            end
            if added is false then
              add cl to new place p;
              add p to places ;
            end
            added ← false;
          end
          if t is not empty then
            add t to tracks;
            t ← new track;
          end
        else
          add points of cl to t;
        end
        cl ← new cluster;
        add ploc to cl;
        if distance(cl, loc) ≤ maxDistance then
          add loc to cl;
          ploc ← null;
        else
          ploc ← loc;
        end
      else
        ploc ← loc;
      end
    end
  end
end

```

Abb. 1: Pseudocode von *ChuPlaR*

## 4. Evaluation

Mit der Evaluation sollen die Funktionsweise von *CluPlaR* und der Parametereinfluss geprüft werden. Dazu wurden von einer unabhängigen Person im Raum Mittweida 17.658 Positionsdaten inkl. Zeitstempel für mehrere Routen aufgenommen. Die Orte sowie An- und Abreisezeiten wurden parallel manuell dokumentiert; sie dienen der Evaluation von *CluPlaR*.

Im Fokus der Evaluierung steht der Einfluss der drei Parameter (*maxDistance*, *minDuration*,  $r_{max}^C$ ) auf das Ergebnis von *CluPlaR*. In einer manuellen Analyse stellte sich die Kombination ( $r_{max}^C = \text{maxDistance} = 50 \text{ m}$ , *minDuration* = 20 min) als Optimum heraus. Die nachfolgenden Auswertungen zeigen ausgehend von diesem Optimum veränderte Parametereinstellungen und deren Resultate.

Abb. 2 zeigt die Gesamtanzahl an (a) *Places* und (b) *PlaceVisits*. Beide Diagramme stellen die Anzahl der manuellen Dokumentation, der optimalen Parametereinstellung und davon abweichenden Einstellungen gegenüber; für letzteres wird die Veränderung zum ermittelten Optimum als Bezeichner verwendet. Die Untersuchung bestätigt den in Kapitel 3 angegebenen Einfluss der Radien  $r_{max}^C$  und *maxDistance* auf das Ergebnis.

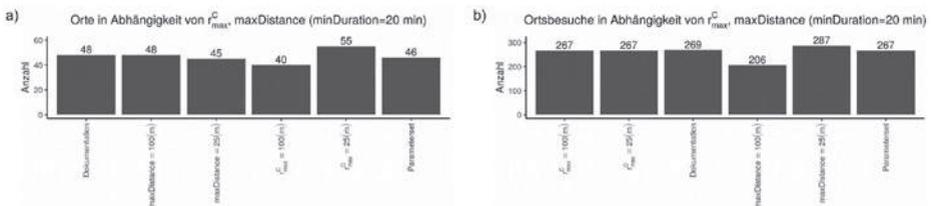


Abb. 2: Anzahl der Orte bzw. Ortsbesuche in Abhängigkeit von  $r_{max}^C$  und *maxDistance* (*minDuration* konstant)

In Abb. 3 werden die Besuchshäufigkeiten der drei meistbesuchten Orte (nach Dokumentation) dem Optimum (a) sowie Variationen der Radien  $r_{max}^C$  und *maxDistance* (b-d) gegenübergestellt. Die Untersuchungen bestätigen den angegebenen Einfluss der Parameter auf das Ergebnis.

*CluPlaR* weist mit der optimalen Parametereinstellung nur geringe Abweichungen zur manuellen Dokumentation auf. Alternative Einstellungen führen zu größeren Abweichungen; die Qualität des Ergebnisses hängt daher maßgeblich von der Parameterwahl ab.

## 5. Zusammenfassung

Der Artikel beschreibt ein Konzept und den darauf aufbauenden Algorithmus *CluPlaR* zur Aggregation von Positionsdaten mit Zeitbezug. *CluPlaR* wurde an Testdaten eva-

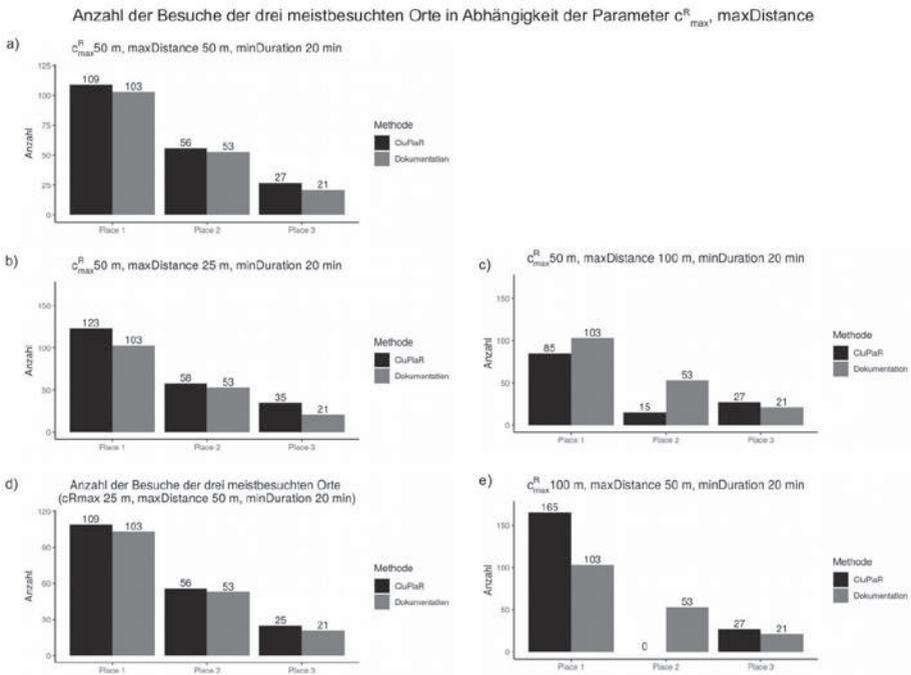


Abb. 3: Besuchshäufigkeit der drei meistbesuchten Orte in Abhängigkeit von  $r_{max}^C$  und  $maxDistance$  ( $minDuration$  konstant)

luiert; es zeigt sich eine große Abhängigkeit des erzielten Ergebnisses von Parameter-einstellungen, aber auch die Möglichkeit, mit *CluPlaR* eine realitätsnahe Gruppierung zu erreichen. Künftige Arbeiten sollen sich auf die analytische Bestimmung der Parameter sowie auf die Anwendung von *CluPlaR* in verschiedenen Szenarien fokussieren.

## 6. Literaturverzeichnis

- [1] Feuerhake, U.; Kuntzsch, C.; Sester, M.: "Finding interesting places and characteristic patterns in spatio-temporal trajectories", In: Amendment to the Proceedings of the 8th International Symposium on Location-Based Services (2011)
- [2] Ashbrook, D.; Starner, T.: "Learning significant locations and predicting user movement with GPS", In: Proceedings Sixth International Symposium on Wearable Computers (ISWC 2002), Seiten 101-108 (2002)
- [3] Kang, J. H.; Welbourne, W.; Stewart, B.; Borriello, G.: "Extracting places from traces of locations", In: Mobile Computing and Communications Review, 9(3):58-68 (2005)

# A Modular Framework for Detecting and Classifying IoT Malware Using Multi-Level Machine Learning Techniques

Winkler, H.<sup>1</sup>; Lenk, Ch.<sup>2</sup>; Pawlaszczyk, D.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Hochschule Mittweida – University of Applied Sciences

<sup>2</sup> ZITiS – Central Office for Information Technology in the Security Sphere

E-Mail: winkler5@hs-mittweida.de

## Abstract

The digital transformation is unstoppable. The Internet of Things forms the basis of our digital information society. Growing cybercrime is one of the greatest challenges in this context. Targeted and complex cyberattacks on converged network infrastructures require innovative detection strategies to discover and classify multi-level malware and its underlying intentions. In this work, a modular framework is presented that enables reliable detection and classification of suspicious or malicious behaviour. The data basis for this is a preceding hybrid app analysis. The program consists of four modules. The pattern recognition and characterization of malware are based on a multi-stage supervised machine learning model, the functionality of which has been validated in initial system tests.

## 1. Introduction

The *Internet of Things (IoT)*, *information technology (IT)* and *operation technology (OT)* are converging into a unified *Industrial IoT* as part of the digital transformation [1, 2]. Android-based IoT devices and OT infrastructures are particularly vulnerable to cyberattacks [3, 4]. Due to their widespread use and lucrative prospects for success, they are increasingly becoming the focus of cybercriminals [5, 6]. The reasons for this are outdated software versions, lack of patch management, insufficient security mechanisms and incorrect configurations. [3, 7] In general, conventional IT security concepts can only be implemented to a limited extent in industrial networks due to different protection requirements and heterogeneous components. Therefore, IoT platforms serve as promising attack vectors for *advanced persistent threats (APT)* on *cyber-physical systems (CPS)* [8, 9]. As a result, there is a high risk of data destruction, industrial espionage, sabotage, theft of data and digital identities, blackmail, and loss of image. In addition, many of these attacks are identified too late or not at all. The increasing complexity and diversity, multi-layered obfuscation techniques and intelligent *malware* propagation algorithms require innovative detection strategies to detect targeted attack attempts. If virtual analysis systems [10], techniques such as *sandboxing* or classic analysis tools

are detected via *fingerprinting* during controlled execution, it cannot be excluded that intelligent malware remains inactive, and thus the true runtime behaviour remains undetected [7, 11].

Therefore, a modular analysis platform is needed that enables the detection of multi-level APT on industrial networks. Suspicious applications are to be investigated automatically, cross-platform as well as holistically and finally evaluated. The implementation of anti-anti-forensic methods is essential [12].

A hardware based IoT analysis system was developed in the previous research to monitor *Android packages (APK)* across platforms and versions. The profile-based analysis can be customized by adding user-specific parameters. [13] For parallel and large-scale processing of APKs, the system was extended to an analysis farm using *Preboot Execution Environment*. [14]

To obtain insights regarding behaviour and intent from the raw data of the hybrid analysis, the system shall be extended by a component for evaluation and classification. In this work, a framework is presented that enables a useful evaluation, reliable identification, and classification of known as well as unknown mobile malware based on *supervised learning* methods. By automating the entire process, it should be possible to reproduce the results, make the system user-friendly, and minimize the time taken for the analysis.

## 2. Related work

Research in the field of mobile malware analysis is not new. AI-based approaches for evaluating and classifying mobile malware already exist. For instance, MALDY [15] uses *natural language processing* in conjunction with supervised learning to characterize and classify suspicious applications. The framework generates behaviour reports based on log output collected while the application is running in an emulated sandbox or from runtime monitoring of all applications in a productive environment. MalDy creates a set of models for classification. Here, a distinction must be made between a malware detection module and several family assignment modules.

SAMADROID [16] uses static and dynamic data as a basis for decision-making. It is primarily designed to detect malware under real-world conditions. Six features such as permissions, hardware components, actions and requests are extracted from the *App Manifest* and the decompiled *Dalvik Executable (DEX)*. In addition to the static analysis, the APK is executed on a real smartphone and its behaviour is monitored in terms of code changes and *system calls* made. The model of a *linear support vector machine* is used to evaluate the information and make decisions. This machine learning approach also forms the basis of the hybrid malware detection system HUGIN [17].

NAWAY ET AL. [18] provides an overview of analysis systems that use different approaches of *deep learning* to detect malware. KIM ET AL. [19] uses a *multimodal deep neural*

*network* that processes vectors individually and independently. For detection, it uses features obtained from the decoded Android manifest, decompiled DEX, and disassembled shared libraries. Seven different features are read and processed into feature vectors. The methods distinguish between existence-based (e.g., permissions, components) and similarity-based (e.g., system calls, library functions) vectors. However, no classification takes place.

### 3. Methodology

The developed framework consists of four modules, which are interconnected. More specific, these are components for evaluation, detection, classification, and a visualization component. Figure 1 illustrates the basic flow.

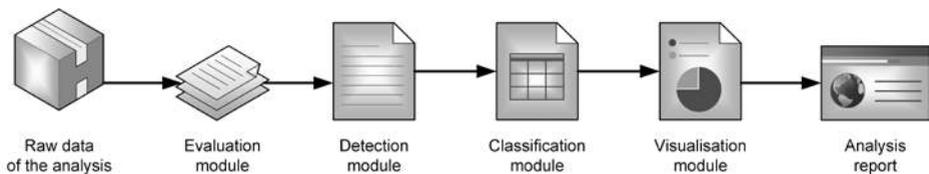


Figure 1: Programmatic workflow concept

The *raw data* [13] collected during the hybrid analysis allow a wide coverage of all possibly occurring properties and resulting features. This collected information is passed to the evaluation module unfiltered and without pre-processing. So, the program uses the direct command outputs of the tools and services.

The **evaluation module** processes the read-in data set and filters the information according to categories. In addition to the static information about the system and the observed application, the behaviour is analysed in the temporal context and in connection with user interactions and inputs. The features found are extracted and stored. Depending on the type, this is done individually or in conjunction with other sub-features to form a pattern. In addition, the characteristics of the different categories are linked if correlations can be identified. As part of the network analysis, the communication connections are merged and evaluated. A domain and IP blacklist check is also implemented. In this way, a behaviour profile can be created for the examined application. This profile is saved and output in the form of an interim report.

The results of the evaluation are further processed in the **detection module**. Robust features with statistically weighted entries in a database, fed by previous assessments experience, form the basis for decision-making. These include permissions, activities and suspicious file and package paths. The individual features are statistically weighted according to their importance for the assessment of harmfulness.

In a seven-step process, a decision is made separately for each characteristic. The implemented activation methodology is based on the model of KUMAR, A. ET AL. [20]. The weights of the occurring characteristics are added and compared against a threshold value to decide for or against malware. The global result of the detection is built on the context-based evaluation of the seven levels.

The optimisation of the decision instance is done by means of implemented backpropagation. The database values of the detected features are recalculated after each run so that the associated weightings develop in a more distinct direction. This is intended to improve the reliability of the detection.

The **classification module** specifies the suspected application parameters and evaluates these characteristics in terms of runtime behaviour, actions, and target intents. With the implemented methodology, a variety of attributes of different categories can be assigned to the typical malware types. A chain of characteristics can be determinant not only for one, but also for several types. The classification is carried out using an artificial neural network. Each data category receives an activation layer. A neuron in this layer is activated when the corresponding feature is recognised during the application examination. The resulting network paths, consisting of the active neurons of the individual stages, enable the assignment to the functional groups of malware via the query of the classification database. The more matches in a group, the higher the probability that it is malware of this type. Multiple assignments and overlaps are also possible. The classification result therefore consists of an overview of the potential affiliation to certain species. The findings contribute to the further development of the database.

The results of the analysis are processed by the **visualisation module**. This is used to process, merge, and present the information in a human-readable form. The detailed information of the application analysis is displayed in tabular form on the website. According to the user's approval, the detection result, the classification diagram (Figure 2), the overview of the operations carried out can be displayed and processed in the *analysis report*.

## 4. Results and discussion

In this paper, a modular framework for the detection and classification of mobile applications was presented. In the field of cybersecurity as well as digital forensics, AI-based methods have become indispensable nowadays [12]. So, the basis for pattern recognition and typing is a multi-level decision level model using supervised learning. This approach was chosen because of the clear structure of the procedures and the comprehensibility of the results. On the other hand, the data preparation is more time-consuming. The collected productive data flows into the evaluation of future applications through backpropagation to optimise the reliability of the system and to ensure that it

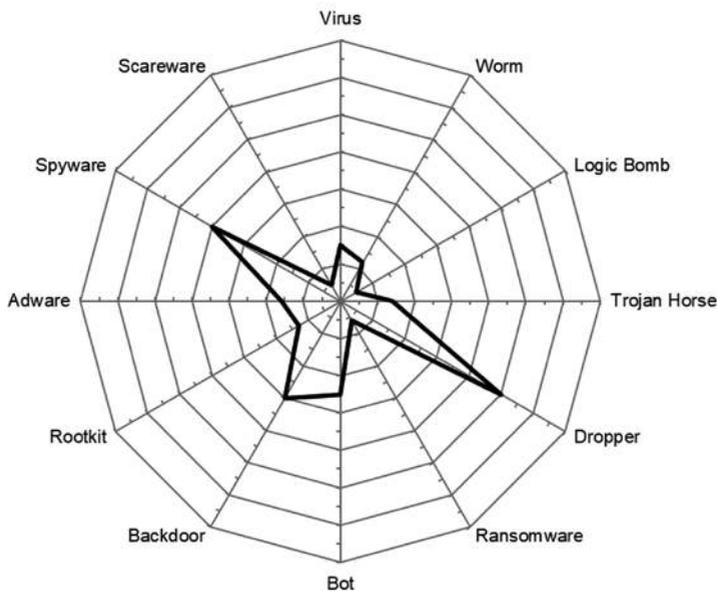


Figure 2: Radar diagram for descriptive classification in the analysis report

is up to date. Suspicious behaviour and activities, even of unknown malware, can be detected and analysed cross-platform with the presented approach. By using a point system, malicious apps with generally widespread characteristics can be detected. The system is designed so that features that are statistically very frequent manifestations of a suspicious application are rated higher and included than those which in a larger number in harmless apps.

The developed model is currently in the training and testing process. In this process, the evaluation of the quality of the model is planned. The extent to which the model accuracy can be increased by optimising the parameter space is to be checked with the use of validation data. This is also intended to avoid overfitting the system. AI-based Android analysis systems are increasingly threatened by malicious manipulation, e.g., *poisoning attacks* [21]. The developed model does not currently have any security mechanisms implemented and must be extended to include them.

As shown in Figure 3, the developed IoT analysis platform will be extended by CPS and OT components. It is planned to simulate a converged industrial network and to explore APT on the technical network infrastructure. For this purpose, interfaces are implemented in the modular system. The final stage will be holistic system and field tests of the platform.

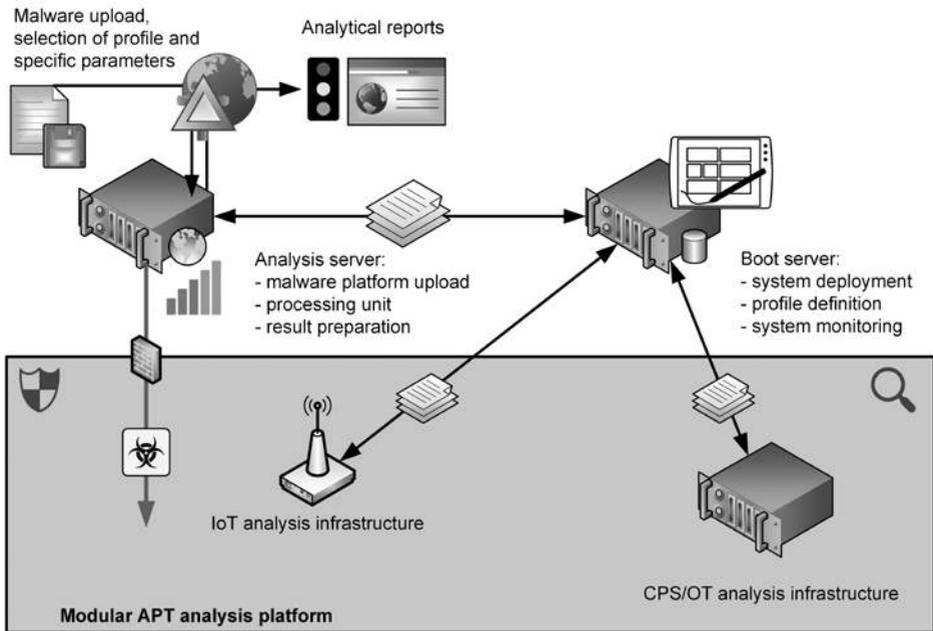


Figure 3: Schematic structure of the APT Analysis System

## 5. References

- [1] E. Sisinni, A. Saifullah, S. Han, U. Jennehag, and M. Gidlund, "Industrial Internet of Things: Challenges, Opportunities, and Directions," *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 14, no. 11, pp. 4724–4734, 2018.
- [2] D. Serpanos, "The Cyber-Physical Systems Revolution," *Computer*, vol. 51, no. 3, pp. 70–73, 2018.
- [3] D. Bhamare, M. Zolanvari, A. Erbad, R. Jain, K. Khan, and N. Meskin, "Cybersecurity for industrial control systems: A survey," *Computers & Security*, vol. 89, p. 101677, 2020.
- [4] C. E. Bodungen, B. L. Singer, A. Shbeeb, S. Hilt, and K. Wilhoit, *Hacking exposed, industrial control systems: ICS and SCADA security secrets & solutions*. New York, Chicago, San Francisco: Mc Graw Hill Education, 2017.
- [5] Victor Chebyshev, *Mobile malware evolution 2020* | Securelist. [Online]. Available: <https://securelist.com/mobile-malware-evolution-2020/101029/> (accessed: Mar. 8 2021).
- [6] G DATA CyberDefense AG, *G DATA Mobile Malware Report 2019: Neuer Höchststand bei schädlichen Android-Apps*. [Online]. Available: <https://www.gdata.de/news/2020/05/36125-g-data-mobile-malware-report-2019-neuer-hoehchststand-bei-schaedlichen-android-apps> (accessed: Mar. 16 2021).

- [7] J. Garcia, M. Hammad, and S. Malek, “Lightweight, Obfuscation-Resilient Detection and Family Identification of Android Malware,” *ACM Transactions on Software Engineering and Methodology*, vol. 26, no. 3, pp. 1–29, 2018.
- [8] G. Guo, J. Zhuge, M. Yang, G. Zhou, and Y. Wu, “A Survey of Industrial Control System Devices on the Internet,” in *IINTEC: The 2018 International Conference on Internet of Things, Embedded Systems and Communications*, Hamammet, Tunisia, 2018, pp. 197–202.
- [9] Stephen Hilt, Vladimir Kropotov, Fernando Mercês, Mayra Rosario, and David Sancho, *Uncovering IoT Threats in the Cybercrime Underground*. [Online]. Available: <https://www.trendmicro.com/vinfo/us/security/news/cybercrime-and-digital-threats/the-internet-of-things-in-the-cybercrime-underground> (accessed: Mar. 8 2021).
- [10] M. K. Alzaylaee, S. Y. Yerima, and S. Sezer, “EMULATOR vs REAL PHONE,” in *Proceedings of the 3rd ACM on International Workshop on Security And Privacy Analytics - IWSPA '17*, Scottsdale, Arizona, USA, 2017, pp. 65–72.
- [11] A. Qamar, A. Karim, and V. Chang, “Mobile malware attacks: Review, taxonomy & future directions,” *Future Generation Computer Systems*, vol. 97, pp. 887–909, 2019.
- [12] J. Saxe, and H. Sanders, *Malware Data Science: Attack Detection and Attribution*. San Francisco, CA: No Starch Press Incorporated, 2018.
- [13] H. Winkler and C. Hummert, “Android-App-Dissection on the Wandboard – Automatic Analysis of Malicious Mobile Code,” in *SAM'17: The 2017 International Conference on Security and Management*, Las Vegas, Nevada, USA, 2017, pp. 204–210.
- [14] H. Winkler, C. Lenk, P. Engler, D. Pawlaszczyk, and C. Hummert, “Android App Dissection on the Wandboard–Evolving the Platform Into One-Button Solution,” in *SAM'19: The 2019 International Conference on Security and Management*, Las Vegas, Nevada, USA, 2019, pp. 228–235.
- [15] E. B. Karbab and M. Debbabi, “MalDy: Portable, data-driven malware detection using natural language processing and machine learning techniques on behavioral analysis reports,” *Digital Investigation*, vol. 28, pp. 77–87, 2019.
- [16] S. Arshad, M. A. Shah, A. Wahid, A. Mehmood, H. Song, and H. Yu, “SAMADroid: A Novel 3-Level Hybrid Malware Detection Model for Android Operating System,” *IEEE Access*, vol. 6, pp. 4321–4339, 2018.
- [17] D. Teubert, J. Krude, S. Schueppen, and U. Meyer, “Hugin: a Scalable Hybrid Android Malware Detection System,” in *SECURWARE 2017: The Eleventh International Conference on Emerging Security Information, Systems and Technologies*, Wilmington, DE, USA: IARIA, 2017, pp. 168–176.
- [18] A. Naway and Y. LI, “A Review on The Use of Deep Learning in Android Malware Detection,” *International Journal of Computer Science and Mobile Computing*, vol. 7, no. 12, pp. 42–58, 2018.
- [19] T. Kim, B. Kang, M. Rho, S. Sezer, and E. G. Im, “A Multimodal Deep Learning Method for Android Malware Detection Using Various Features,” *IEEE Trans.Inform.Forensic Secur.*, vol. 14, no. 3, pp. 773–788, 2019.

- [20] A. Kumar, K. S. Kuppusamy, and G. Aghila, “FAMOUS: Forensic Analysis of MOBILE devices Using Scoring of application permissions,” *Future Generation Computer Systems*, vol. 83, pp. 158–172, 2018.
- [21] X. Liu, X. Du, X. Zhang, Q. Zhu, H. Wang, and M. Guizani, “Adversarial Samples on Android Malware Detection Systems for IoT Systems,” *Sensors (Basel, Switzerland)*, vol. 19, no. 4, 2019.

# Intelligente Bilderkennung für einen mobilen Roboter Begleiter – Best Buddy Intelligence<sup>1</sup>

Hellmund, F.; Steckhan, K.; Stolzenburg, F.

Hochschule Harz, Fachbereich Automatisierung und Informatik, Wernigerode

E-Mail: Florian-Hellmund@t-online.de

## Kurzfassung und Einleitung

Ziel des hier dargestellten Vorhabens ist es, ein Smartphone mit einem Roboter zu kombinieren, um ein neues Gesamtsystem zu schaffen, den „Best Buddy“ (vgl. Abbildung 1 links). Dabei soll sowohl die Rechenleistung als auch Sensorik des mobilen Geräts genutzt werden. Der Roboter soll durch Erkennen von Objekten und Sprachkommandos der Benutzer intelligent mit der Umgebung interagieren. Das bestehende Roboter-System [2] wird hierzu um Verfahren des maschinellen Lernens zur Objekterkennung erweitert. Verschiedene Architekturen neuronaler Netze werden mithilfe automatisch generierter Bilddaten erstellt und auf ihre Leistungsfähigkeit geprüft.

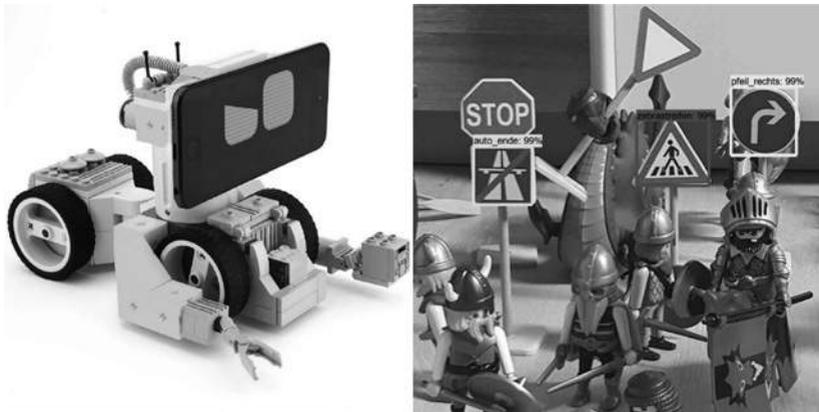


Abbildung 1: Objekterkennung mit dem Best Buddy

## 1. Ziele

Hauptziel dieser Arbeit ist die Entwicklung eines automatischen Prozesses zur Erstellung von Trainingsdaten für neuronale Netze. Um diesen Prozess zu bewerten, wird im

<sup>1</sup> Das Projekt „Best Buddy“ wurde durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) im Zentralen Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM) unter den Kennzeichen ZF 4167905MS7 (Hochschule Harz) gefördert.

Folgenden die Erkennung von zehn unterschiedlichen Spielzeug-Verkehrsschildern betrachtet (vgl. Abbildung 1 rechts). Hierzu soll eine automatisierte Form der Gewinnung von Bilddatensätzen entwickelt werden. Diese werden zum Trainieren neuronaler Netze eingesetzt und auf ihre Güte hin untersucht.

## 2. Umsetzung

Die Objekterkennung erfolgt durch tiefe neuronale Netze [1] und TensorFlow.<sup>2</sup> Hierzu wird eine große Menge an Beispieldaten benötigt. Die Trainingsmenge wird daher mithilfe eines elektromechanischen Aufbaus automatisiert erstellt. Hintergrund, Entfernung und Drehwinkel des Objekts können dabei mithilfe eines Bildschirmmonitors und Stepper- bzw. Servomotoren variiert und somit eine große Menge an Bilddaten in einer verhältnismäßig kurzen Zeitspanne automatisiert erstellt werden. Dieses Vorgehen hilft auch, die Daten effizienter für das Training vorzuverarbeiten, da die Position des zu erkennenden Objektes durch den Versuchsaufbau bekannt ist. Zur einfachen Anpassung des Bildhintergrundes wurde ein großer Bildschirmmonitor gewählt. Dieser ermöglicht einen schnellen Wechsel des Hintergrunds (insgesamt 28 in unserem Fall) und es ergeben sich nahezu unbegrenzte Möglichkeiten für Hintergrundfarben und -muster.

Zur Bewertung des Vorgehens soll der Erkennungserfolg verschiedener Netzwerkarchitekturen verglichen werden. Verwendung finden dabei verschiedene Varianten des Tensorflow Model Zoo,<sup>3</sup> nämlich Single Shot Multibox Detector [5] (SSD, `ssd_mobilenet_v1_coco`) und Feature Pyramid Networks (FPN, `ssd_mobilenet_v1_fpn_coco`) [4]. Beide Netze sind mit dem Datensatz COCO (Common Objects in Context) [3] vortrainiert.

## 3. Ergebnisse

Die neuronalen Netze, welche mithilfe der automatisiert erstellten Bilddatensätze trainiert wurden, erzielen dabei bis zu 91% korrekte Ergebnisse. Abbildung 2 zeigt die Erkennungsraten sowie die mittlere maximale Likelihood für die Verkehrsschilder (die vom System angenommene Erkennungssicherheit). Als Testmenge wurden 16 Bilder verwendet, auf denen die 10 verschiedene Verkehrsschilder jeweils insgesamt 7 Mal abgebildet sind. Trotz teilweise starker Überdeckung der Verkehrsschilder werden die Objekte in 61% (SSD) bzw. 91% (FPN) der Fälle (True Positives plus True Negatives) erfolgreich erkannt. Die verbesserte Genauigkeit des FPN-Netzes geht jedoch mit Einbußen der Geschwindigkeit auf mobilen Geräten einher.

<sup>2</sup> <https://www.tensorflow.org/>

<sup>3</sup> [https://github.com/tensorflow/models/blob/master/research/object\\_detection/g3doc/detection\\_model\\_zoo.md](https://github.com/tensorflow/models/blob/master/research/object_detection/g3doc/detection_model_zoo.md)

SSD			
Erkennungsrate in %			
	positive	negative	Summe
true	6 %	55 %	61 %
false	1 %	38 %	39 %
mittlere maximale Likelihood			
	positive	negative	
true	0,93	n. a.	
false	0,80	n. a.	

FPN			
Erkennungsrate in %			
	positive	negative	Summe
true	36 %	55 %	91 %
false	1 %	8 %	9 %
mittlere maximale Likelihood			
	positive	negative	
true	0,96	n. a.	
false	0,89	n. a.	

Abbildung 2: Erkennungsraten

#### 4. Diskussion

Durch die automatisierte Erstellung von Bilddaten können zukünftig neue Bilddatensätze effizient erstellt werden. Fokus weiterer Forschungsarbeiten sollte es sein, die Güte der Erkennung beizubehalten und die Detektionsgeschwindigkeit zu erhöhen.

#### 5. Literaturverzeichnis

[1] Goodfellow, I.; Bengio, Y.; Courville, A.: „Deep Learning. Adaptive Computation and Machine Learning“. MIT Press, Cambridge, MA, London, 2016.

- [2] Kuhle, K.; Steckhan, K.; Stolzenburg, F.; Guder, C.: „Best Buddy – ein intelligenter Roboter mit Smartphone“. In Jörg Kirbs (Hrsg.), 20. Nachwuchswissenschaftlerkonferenz, S. 21, Hochschule Merseburg, 2019. Abstract.
- [3] Lin, T.-Y. *et al.*: Microsoft COCO: “Common Objects in Context”. European Conference on Computer Vision. Springer, Cham, 2014.
- [4] Lin, T.-Y. *et al.*: “Feature Pyramid Networks for Object Detection”. Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2017.
- [5] Liu, W. *et al.*: “SSD: Single Shot Multibox Detector”. European Conference on Computer Vision. Springer, Cham, 2016.

# **Wirtschaft und Soziales**

# Herausforderungen und Lösungsansätze bei der Zusammenarbeit von Akteuren der Flüchtlingsintegration in Sachsen-Anhalt

Apitz, S.; Radom, R.

Hochschule Harz, Fachbereich Verwaltungswissenschaften, Halberstadt

E-Mail: [sapitz@hs-harz.de](mailto:sapitz@hs-harz.de)

## Kurzfassung

Netzwerkbasierte Zusammenarbeit ist ein wichtiger strategischer Ansatz bei der Integration von Geflüchteten, doch erweist sich die Kooperation von heterogenen Akteuren im Handlungsfeld mitunter als schwierig. Der vorliegende Beitrag untersucht die Zusammenarbeit von Akteuren der Flüchtlingsintegration in Sachsen-Anhalt und stellt einen Praxisansatz für die Stärkung der Vernetzung und des Wissensaustausches von Integrationsakteuren zur Diskussion. Insbesondere aufgrund von etablierten organisierten kommunalen Integrationsnetzwerken scheint eine gute Zusammenarbeit zwischen den Akteuren zu bestehen. Potenziell problematisch ist ein latentes Konfliktpotenzial zwischen Haupt- und Ehrenamtlichen sowie eine als unübersichtlich wahrgenommene Akteurslandschaft mit einem Stadt-Land-Gefälle.

## 1. Einführung in das Thema

Die Förderung der Integration von Geflüchteten stellt auch in Sachsen-Anhalt eine langfristige Herausforderung dar, die nur durch ein komplexes Zusammenspiel heterogener Akteursgruppen (u.a. Behörden, Wohlfahrtsverbände, Migrantenorganisationen, Unternehmen und Ehrenamtliche) gestaltet und gestärkt werden kann. Die Bedeutung der Zusammenarbeit wird literaturübergreifend hervorgehoben und eine erfolgreiche netzwerkbasierte Kooperation aller Akteure als ein entscheidender Erfolgsfaktor für den Integrationsprozess angesehen [1, S. 30]. Doch scheint die Kooperation im Handlungsfeld der Flüchtlingsintegration, insbesondere im Kontext der Arbeitsmarktintegration, mit besonderen Herausforderungen verbunden zu sein [2, S. 16-17]. Um den bis dahin begrenzten Wissensstand in diesem Themenfeld zu erweitern, werden im Kontext der am Fachbereich Verwaltungswissenschaften der Hochschule Harz angesiedelten Projekte IntegriF I<sup>1</sup>, IntegriF II<sup>2</sup> und ERASMI<sup>3</sup> und damit verbundenen Publikationen [3] und

1 Integriertes Flüchtlingsmanagement in Theorie und Praxis, Mai 2017 – Dezember 2017.

2 Theorie und Praxis des Integrierten Flüchtlingsmanagements im transnationalen Vergleich, Januar 2018 – Dezember 2019. Weitere Informationen unter [www.hs-harz.de/forschung/ausgewaehlte-forschungsprojekte/integrif-ii/](http://www.hs-harz.de/forschung/ausgewaehlte-forschungsprojekte/integrif-ii/)

3 Empowering Regional Actors & Stakeholders for Refugee and Migrant Inclusion, September 2019 – August 2022. Weitere Informationen unter [www.hs-harz.de/forschung/ausgewaehlte-forschungsprojekte/erasmi/](http://www.hs-harz.de/forschung/ausgewaehlte-forschungsprojekte/erasmi/)

Qualifikationsarbeiten der Verfasser [4; 5] seit mehr als vier Jahren die Erfahrungen von Integrationsakteuren im Kontext der rechtlich-administrativen Rahmenbedingungen untersucht. Ziel der interdisziplinären Forschungsprojekte ist es u.a., einen Überblick über aktuelle Herausforderungen und Lösungsansätze bei der Zusammenarbeit von Akteuren der Flüchtlingsintegration in Sachsen-Anhalt zu geben und Perspektiven für die Stärkung von Kompetenzen aller relevanten Akteursgruppen aufzuzeigen, die in diesem komplexen Handlungsfeld kooperieren (müssen). Folgende Fragen sollen dabei beantwortet werden:

- Wie schätzen haupt- und ehrenamtliche Integrationsakteure die Zusammenarbeit in Sachsen-Anhalt ein?
- Welche Herausforderungen und Lösungsansätze bestehen bei der netzwerkbaasierten Kooperation?
- Wie kann ein netzwerkbasierter Erfahrungs- und Wissensaustausch zwischen den beteiligten Akteursgruppen systematisch gefördert werden?

## 2. Methodisches Vorgehen

Zur Beantwortung der Forschungsfragen wurde ein transdisziplinär-partizipatives Methodendesign gewählt, das auf die Generierung von Handlungswissen in enger Kooperation mit Praxispartnern abzielt. Um die Erfahrungen möglichst vieler Akteure im Land zu erfassen und ein facettenreiches Gesamtbild der netzwerkbaasierten Zusammenarbeit insbesondere im Feld der Arbeitsmarktintegration zu zeichnen, wurden im Zeitraum von 2017-2020 leitfadengestützte Interviews mit haupt- und ehrenamtlichen Integrationsakteuren (u.a. Vertreter\*innen der Bundesagentur für Arbeit, von kommunalen Jobcentern, Koordinierungsstellen für Migration, Projektverbänden, gewerblichen Kammern, Wohlfahrtsverbänden und Unternehmen sowie Ehrenamtliche mit und ohne Fluchthintergrund) geführt. Die inhaltsanalytische Auswertung dieser Daten wurde mittels Analyse ergänzender Gruppendiskussionen<sup>4</sup> validiert. Mit ausgewählten Akteuren wurden zudem narrative Interviews unter Nutzung egozentrierter Netzwerkkarten geführt, dokumentiert und inhaltsanalytisch ausgewertet.

## 3. Ergebnisse

Die netzwerkbaasierte Zusammenarbeit in Sachsen-Anhalt wird von den befragten Akteuren als überwiegend gut wahrgenommen. Ein Grund hierfür seien die etablierten organisierten Netzwerkstrukturen. Als besonders wertvoll werden die in Sachsen-Anhalt bereits seit 2008 etablierten kommunalen Netzwerke der Koordinierungsstellen für Migration eingeschätzt, bei denen es sich um breit aufgestellte Netzwerke zum Informa-

---

4 Siehe Kapitel 4.

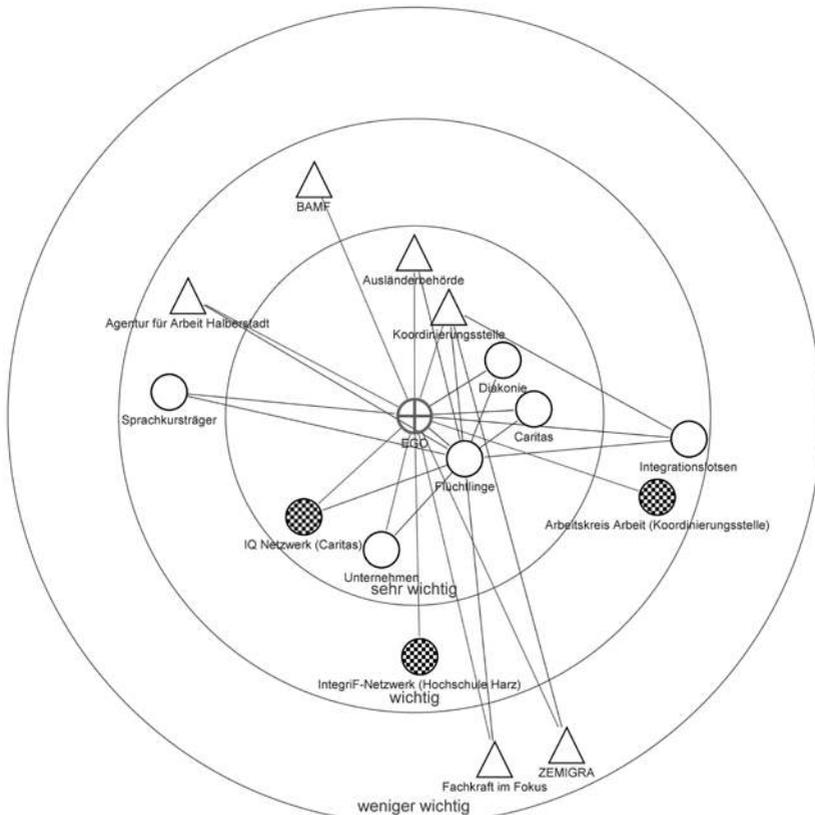


Abbildung 1: Beispiel für eine egozentrierte Netzwerkkarte (Jobcenter).  
Quelle: Eigene Darstellung.

tionsaustausch handle. Auch stellen die befragten Akteure heraus, es bestehe eine organisierte Netzwerkstruktur in Bezug auf Sprachkursangebote. Mitunter halte das BAMF als Koordinator der Integrations- und Sprachkurse regelmäßige Treffen mit den beteiligten Akteuren ab, um die Abstimmung zu verbessern. Aus Sicht der Befragten besteht insbesondere im ländlichen Raum ein hoher Koordinierungsbedarf der Sprachkurse, damit diese trotz geringerer Teilnehmer\*innenzahlen regelmäßig stattfinden könnten. Insgesamt scheinen die vorhandenen organisierten Netzwerkstrukturen gute persönliche Kontakte zwischen den Akteuren zu befördern, was wiederum eine Grundlage für gute Kooperation und funktionierende Verweisketten darstellt. Eine wichtige Brückenfunktion zur Zielgruppe nehmen laut Aussagen der Befragten die Sozialarbeiter\*innen

der Erstaufnahmeeinrichtung des Landes Sachsen-Anhalt in Halberstadt (ZAST), der kommunalen Koordinierungsstellen für Migration und der Migrationsberatungsstellen ein, welche nicht nur an die zuständigen Behörden verweisen, sondern generell bei der Weitergabe von Informationen an die Zielgruppe unterstützen. Gleiches gilt für die ehrenamtlichen Integrationslots\*innen, die zwischen dem Funktionssystem des Staates und den ratsuchenden Flüchtlingen vermitteln. Allerdings lässt sich ein latentes Konfliktpotenzial zwischen dem Haupt- und Ehrenamt feststellen. Dies erscheint insofern problematisch, weil Ehrenamtliche auch neben der Verweisberatung eine zentrale Rolle einnehmen und auf vielfältige Weise den Prozess der Integration unterstützen. Zudem nehmen nichtstaatliche Akteure, die außerhalb von organisierten Netzwerken agieren, wie Ehrenamtliche oder Arbeitgeber\*innen, die Akteurslandschaft als unübersichtlich wahr. Abhilfe soll hier das Landesprojekt ZEMIGRA<sup>5</sup> u.a. durch eine Anbieterlandkarte und ein Online-Forum schaffen.

Als ein weiterer Grund für die gute Zusammenarbeit wird die Schnittstellenfunktion des gemeinsamen Geländes des BAMF und der Erstaufnahmeeinrichtung in Halberstadt benannt. Hier kooperierten verschiedenste Akteure im Sinne eines integrierten Flüchtlingsmanagements. Derart integrierte Ansätze finden sich auch auf kommunaler Ebene, z.B. bei der Migrationsagentur des Burgenlandkreises und dem gemeinsamen Standort von Agentur für Arbeit, Jobcenter und weiteren Kreisbehörden im Landkreis Harz, was zu einer guten Beziehung untereinander führe. Einzig mit den Ausländerbehörden wünschen sich die Akteure der Arbeitsvermittlung mitunter eine stärkere fallbezogene Zusammenarbeit. Im Übrigen zeigt sich ein Stadt-Land-Gefälle in der Akteurslandschaft. So werden von den Akteuren spezifische Projektangebote im ländlichen Raum vermisst.

#### **4. Praxisansatz für die Stärkung der Vernetzung und des Wissensaustauschs von Integrationsakteuren**

Um eine gute netzwerkbasierte Zusammenarbeit zu fördern und alle regional relevanten Akteure im Handlungsfeld einzubinden, können gemeinsame Austauschforen initiiert werden. Bundesweit wünschen sich sowohl Haupt- als auch Ehrenamtliche im Kontext von Flucht und Migration einen intensivierten Austausch, schätzen bisher vorhandene Formate jedoch häufig als unbefriedigend ein [6, S. 92]. Ein konkreter Praxisansatz ist die Planung, Durchführung und Evaluation von Transferworkshops an der Hochschule Harz. Im Zeitraum von Oktober 2017 bis Dezember 2020 wurden unter Beteiligung der Verfasser bisher sieben themenspezifische Workshops mit einem Umfang von jeweils zwei bis drei Zeitstunden veranstaltet, die als interaktive Formate zum wechselseitigen Wissens- und Erfahrungsaustausch zwischen Integrationsakteuren konzipiert wurden (vgl. Abb. 2).

---

<sup>5</sup> Zentrum für Migration und Arbeitsmarkt.

Datum	Thema
27.10.2017	Berufs- und Bildungsorientierung für Geflüchtete. Unterstützungsnetzwerke im Integrierten Flüchtlingsmanagement.
24.05.2018	Geflüchtete auf dem Weg in den Arbeitsmarkt? Aktuelle Herausforderungen im integrierten Flüchtlingsmanagement.
27.09.2018	How to facilitate knowledge sharing and mutual learning to cooperate successfully in the field of labour market integration of refugees.
21.02.2019	Endstation AnKER-Einrichtungen? Aktuelle Herausforderungen für Akteure der Flüchtlingsintegration in Sachsen-Anhalt.
22.05.2019	Unternehmen integrieren Flüchtlinge? Aktuelle Herausforderungen der betrieblichen Integration von Geflüchteten in Sachsen-Anhalt.
08.07.2020	Netzwerkbasierte Zusammenarbeit im Handlungsfeld Migration und Integration. Aktuelle Herausforderungen im Kontext von COVID-19.
01.12.2020	Netzwerke, Netzwerke, Netzwerke... Erfolgsfaktoren der Netzwerkarbeit im Handlungsfeld Migration und Integration.

Abbildung 2: Übersicht Transferworkshops Hochschule Harz 2017–2020.  
Quelle: Eigene Darstellung.

Jede Veranstaltung fokussiert auf ein aktuelles Schwerpunktthema im Kontext von Flucht und Migration, das für möglichst viele potenzielle Teilnehmende relevant ist, und vereint im Teilnehmendenfeld stets sowohl staatliche als auch zivilgesellschaftliche Akteure. Die Konzeption erfolgt mit einer dualen Struktur: Einem theoretischen Teil zu Beginn der Veranstaltung folgt stets ein interaktiver Part. Um die Workshops als dynamische Austauschforen zu gestalten, werden für den zweiten Veranstaltungsteil verschiedene Moderationstechniken getestet und vergleichend evaluiert sowie die Resonanz der Teilnehmenden im Anschluss an die jeweilige Veranstaltung über Feedbackfragebögen ermittelt. Für den Wissens- und Erfahrungsaustausch von heterogenen Akteursgruppen im Kontext von Transferworkshops konnten bereits verschiedene Erfolgsfaktoren identifiziert werden. Hierzu gehört insbesondere die Schaffung von Partizipationsmöglichkeiten für alle Teilnehmenden als Alternative zu eher einseitigem Wissenstransfer von Forschenden zu Praxisvertreter\*innen. Partizipative Moderationstechniken (u.a. Design Thinking, Serious Play) wurden überwiegend als diskussionsfördernd und praxisnah eingeschätzt, um alle Beteiligten in die Diskussion einzubeziehen. Die Teilnehmenden wurden zudem regelmäßig gebeten, Themen vorzuschlagen, so dass die Workshops die

jeweils aktuellen Herausforderungen in diesem Bereich widerspiegeln. Als ein besonderer Reiz der Workshop-Reihe erwies sich ihre thematische Relevanz für sehr unterschiedliche Zielgruppen von staatlichen und nichtstaatlichen Akteuren. Im Vergleich zu Ideen und Kreativität spielen im Kontext der Transferworkshops Organisationszugehörigkeit oder Hierarchieebene für die Diskussion von Herausforderungen der Integration in Sachsen-Anhalt eine nachgeordnete Rolle. Die sehr heterogene Zusammensetzung des Teilnehmendenkreises aus verschiedenen Regionen Sachsen-Anhalts (und zum Teil auch darüber hinaus) unterstreicht damit den potenziellen Mehrwert eines partizipativen und transdisziplinären Workshop-Designs für viele Integrationsakteure im Land.

## 5. Ausblick

Zur Förderung der Zusammenarbeit heterogener Integrationsakteure beschäftigt sich das Projektteam der Hochschule Harz noch mindestens bis August 2022 mit den Chancen und Risiken der Zusammenarbeit zwischen heterogenen Integrationsakteuren im Land Sachsen-Anhalt und wird weiterhin vielversprechende Ansätze für einen regelmäßigen Wissens- und Erfahrungsaustausch zur Diskussion stellen. Den Schwerpunkt bildet die vergleichende Untersuchung von innovativen Ansätzen und Erfolgsfaktoren im Kontext von netzwerkbasierter Zusammenarbeit im Handlungsfeld der Integration von Migrant\*innen. Dabei finden auch Perspektiven aus verschiedenen europäischen Staaten Berücksichtigung und werden mit Erfahrungen aus Sachsen-Anhalt abgeglichen. In diesem Kontext sollen auch die Auswirkungen der COVID-19-Pandemie auf die Vernetzung der Akteure verstärkt in den Fokus gerückt werden.

## 6. Literaturverzeichnis

- [1] OECD: Working Together for Local Integration of Migrants and Refugees, OECD Publishing, Paris (2018)
- [2] Hooper, K.; Desiderio, M.; Salant, B.: Improving the Labour Market Integration of Migrants and Refugees: Empowering Cities through Better Use of EU Instruments, Migration Policy Institute, Brüssel (2017)
- [3] Apfelbaum, B.; Apitz, S.; Radom, R.: Aktuelle Herausforderungen der Arbeitsmarktintegration von Geflüchteten in Sachsen-Anhalt. Erfahrungen von Haupt- und Ehrenamtlichen in heterogenen Akteursnetzwerken. In: Z'Flucht 4 (2), Nomos, Baden-Baden, S. 309–326 (2020)
- [4] Apitz, S.; Apfelbaum, B.: Unternehmen integrieren Flüchtlinge? Eine Studie zu den Potenzialen betrieblicher Integration von Geflüchteten in Sachsen-Anhalt. In: J. Stember (Hg.): Zwischen innovativer Polizeiarbeit und neuem Management. Herausragende Abschlussarbeiten der Hochschulen für den öffentlichen Dienst, Nomos, Baden-Baden, S. 137–154 (2019)

- [5] Radom, R.; Apfelbaum, B: Netzwerke der Arbeitsmarktintegration in einem integrierten Flüchtlingsmanagement. Herausforderungen und Lösungsansätze in Sachsen-Anhalt im Kontext aktueller rechtlicher und konzeptioneller Entwicklungen. In: J. Stember (Hg.): Neue Strategien, Methoden und Ansätze in der Polizei und der öffentlichen Verwaltung. Herausragende Abschlussarbeiten der Hochschulen für den öffentlichen Dienst, Nomos, Baden-Baden, S. 119–138 (2020)
- [6] Schumacher, J.: Kooperation von Haupt- und Ehrenamtlichen in der Arbeit mit Geflüchteten, INBAS-Sozialforschung GmbH, Frankfurt/Main (2018)

## Differenziertere Bestimmung der psychischen Belastung anhand der SCL-90®-S bei Patientinnen und Patienten der Psychosomatik

Barschdorf, F.<sup>1</sup>; Bischoff, L.<sup>1</sup>; Küch, D.<sup>2</sup>; Jagla-Franke, M.<sup>1</sup>; Franke, G. H.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Hochschule Magdeburg-Stendal

<sup>2</sup> Paracelsus Klinik an der Gande, Bad Gandersheim

E-Mail: bischoff\_laura@web.de

### Kurzfassung

Diese Untersuchung beschäftigt sich mit der zentralen Frage, ob eine neue Falldefinition der SCL-90®-S differenziertere Informationen zur psychischen Belastung liefern kann. Dazu wurde eine Reanalyse der Stichprobe von N=103 Patient\*innen der Psychosomatik/Psychotherapie aus der Klinik Werra in Bad Sooden-Allendorf vorgenommen. Die Überprüfung der Fragestellung erfolgte unter Einbezug der psychometrischen Verfahren SCL-90®-S und UKS. Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass eine Einteilung der SCL-90®-S in vier Fallgruppen differenziertere Ergebnisse liefern kann. Dies sollte jedoch anhand größerer Stichproben weiter untersucht werden.

### 1. Einleitung

Psychische Belastungen entstehen durch das Einwirken verschiedener Stressoren, die je nach Intensität der psychischen und physischen Beanspruchung sowie den individuellen Ressourcen zur Genese der Symptome psychischer Störungen bis hin zu deren Manifestation führen können [1]. Mit einer 12-Monats-Prävalenz von 27.7% in der deutschen Gesamtbevölkerung zählen psychische Störungen zu den häufigsten Erkrankungen [2] und Ursachen für Arbeitsunfähigkeit sowie Erwerbsminderungsrente [3]. Dabei wird die Prävalenz schwerer psychischer Erkrankungen auf 1–2% geschätzt [4]. Trotz der hohen Anzahl betroffener Personen bleibt eine frühzeitige und bedarfsgerechte Behandlung häufig aus [5].

Die Symptom Checklist 90®-Standard [6] bildet anhand von 90 Items und neun Skalen die psychische Belastung einer Person innerhalb der letzten sieben Tage ab und erlaubt die Kategorisierung in *psychisch belastet* und *nicht belastet*. Mit Hilfe des globalen Kennwertes GSI wird die grundsätzliche psychische Belastung gemessen. Eine psychische Belastung liegt vor, wenn  $T[\text{GSI}]$  und/oder  $T[2\text{Skalen}] \geq 63$  ist. Laut Franke [7] bietet eine differenziertere Einteilung in vier Fallgruppen (*nicht*, *leicht*, *deutlich* und *stark belastet*) die Möglichkeit, den Schweregrad der psychischen Belastung detaillierter abzubilden, was eine bedarfsgerechte Zuweisung zu präventiven (Gruppe: *nicht* und *leicht belastet*) und kurativen (Gruppe: *deutlich* und *stark belastet*) Maßnahmen ermöglicht.

Ziel der vorliegenden Untersuchung war die Prüfung, ob die neuen Fallgruppen der SCL90®-S in *nicht* (keine 2 Skalen und/oder  $T[GSI] \geq 60$ ), *leicht* (2 Skalen und/oder  $T[GSI] \geq 60 \& < 63$ ), *deutlich* (2 Skalen und/oder  $T[GSI] \geq 63 \& < 70$ ) und *stark belastet* (2 Skalen und/oder  $T[GSI] \geq 70$ ) differenziertere Informationen zur psychischen Belastung liefern können.

## 2. Methodik

Die Daten von N=103 stationären Patient\*innen der psychosomatischen Rehabilitation und Psychotherapie der Klinik Werra in Bad Sooden-Allendorf wurden reanalysiert. Die Überprüfung der Fragestellung erfolgte unter Einbezug der psychometrischen Verfahren SCL-90®-S [6] und Ultra-Kurz-Screening (UKS) [8]. Bei der SCL-90®-S handelt es sich um ein Fragebogenverfahren, das die subjektiv empfundene Beeinträchtigung durch körperliche und psychische Symptome einer Person, anhand von 90 Items auf neun Skalen sowie drei globalen Kennwerten, abbildet. Die Reliabilität der Skalen wird als zufriedenstellend bis sehr gut beschrieben ( $\alpha = .76-.98$ ). Da auch die Retest-Reliabilität als befriedigend bis gut gewertet wird, ist das Verfahren zur Messwiederholung geeignet [6]. Das UKS ist ein Screeningverfahren zur Erfassung von psychosozialen Problemen auf den Ebenen: *psychische Komorbidität, Schmerzen, familiäre und berufliche Belastungen, Motivation zur Inanspruchnahme psychologischer Angebote* bei orthopädischen Rehabilitand\*innen [8]. Die soziodemographischen Einflüsse auf die Testverfahren und die Unterschiede zwischen den Belastungsgruppen wurden mit Hilfe von t-Tests sowie uni- und multivariaten Varianzanalysen geprüft.

## 3. Ergebnisdarstellung

Die N=103 Patient\*innen waren im Mittel 50 Jahre alt ( $SD=7$ ) und 66% waren weiblich. Laut bisher genutzter Falldefinition lag bei  $n=67$  (65%) eine auffällige psychische Belastung vor. Die neue Falldefinition erlaubt eine Abstufung in Schweregrade. Nach dieser neuen Methode waren  $n=22$  (21%) *nicht*,  $n=14$  (14%) *leicht*,  $n=30$  (29%) *deutlich* und  $n=37$  (36%) *stark belastet*. Es konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den vier Fallgruppen in Bezug auf die Soziodemographie gefunden werden. Für die Patient\*innen bildeten sich unterschiedliche T-Werte ( $M=50$ ,  $SD=10$ ) zwischen den vier Gruppen auf den SCL-90®-S-Skalen ab. Sie berichteten bei *keiner Belastung* T-Werte zwischen  $T=46-51$ , bei *leichter* Belastung zwischen  $T=51-58$ , bei *deutlicher* Belastung lagen die T-Werte zwischen 59-65 und bei *starker* Belastung zwischen  $T=66-72$  (siehe Tab. 1).

Tabelle 1: Deskription der vier Fallgruppen auf den Skalen der SCL90®-Sund globalen Kennwerten für die Patient\*innen der Psychosomatik/Psychotherapie (N=103)

Skala	1 (n=22)	2 (n=14)	3 (n=30)	4 (n=37)	Gesamt (n=103)
<b>AGGR</b>	45.59±6.77	54.36±7.79	59.30±6.80	68.95±7.12	59.17±11.22
<b>ANGS</b>	51.45±7.36	58.07±3.95	60.83±6.68	70.11±5.31	61.79±9.28
<b>DEPR</b>	51.45±7.18	58.43±3.67	64.50±3.79	70.49±5.12	63.04±8.85
<b>PARA</b>	49.23±7.81	57.07±6.73	59.17±6.73	66.32±10.10	59.33±10.38
<b>PHOB</b>	49.05±5.44	50.86±7.17	58.97±8.45	64.32±9.57	57.67±10.20
<b>PSYC</b>	49.23±6.55	57.14±6.04	61.13±6.75	67.95±5.63	60.50±9.32
<b>SOMA</b>	47.41±8.46	51.21±6.19	60.70±7.13	66.00±6.57	58.48±10.24
<b>UNSI</b>	48.64±7.17	55.43±6.71	63.33±4.71	71.41±6.83	62.02±10.78
<b>ZWAN</b>	49.73±7.39	58.14±5.83	64.37±6.16	71.54±5.42	62.97±10.25
<b>GSI</b>	49.41±7.75	58.36±3.13	64.07±2.38	70.92±4.34	62.62±9.36
<b>PSDI</b>	46.95±7.11	57.21±5.74	62.40±5.14	70.65±5.47	61.36±10.56
<b>PST</b>	49.91±8.13	56.86±3.66	63.50±5.61	68.22±4.57	61.32±9.02

1=keine Belastung; 2=leichte Belastung; 3=deutliche Belastung; 4=starke Belastung

Die UKS-Skalen *Psychische Komorbidität*, *Schmerzen* und *Berufliche Belastung* sowie der *UKS-Gesamtwert* wiesen statistisch signifikante Unterschiede (nach Bonferroni-Korrektur:  $\alpha \leq .01$ ) zwischen den vier Belastungsgruppen sowie in den nachgeschalteten Einzelvergleichen auf (siehe Tab. 2).

Tabelle 2: Unterschiede zwischen den vier Fallgruppen der SCL-90®-S im UKS bei den Patient\*innen der Psychosomatik/Psychotherapie (N=103)

Skala	1 (n=22)	2 (n=14)	3 (n=30)	4 (n=37)	Gesamt (N=103)	Statistische Prüfung einfaktorielle ANOVA
<b>Psychische Komorbidität</b>	2.41±2.54	3.71±2.16	5.30±2.34	7.97±2.41	5.43±3.20	F=28.215; $p \leq .0001$ ; $\eta^2 = .461$ Post hoc: 1<3,4; 2<4; 3<4
<b>Schmerzen</b>	0.50±0.74	0.64±1.65	1.77±1.78	2.16±1.72	1.49±1.70	F=6.815; $p \leq .0001$ ; $\eta^2 = .171$ Post hoc: 1<3,4; 2<4
<b>Familiäre Belastung</b>	1.45±1.18	1.07±0.83	1.47±1.17	1.81±1.18	1.53±1.15	F=1.580; $p \leq .20$
<b>Berufliche Belastung</b>	1.86±0.89	1.79±0.98	2.43±0.86	2.41±0.96	2.21±0.95	F= 3.198; $p \leq .03$
<b>UKS Gesamt</b>	4.17±2.05	4.11±1.75	6.11±1.61	7.29±2.00	5.85±2.28	F=17.41; $p \leq .0001$ ; $\eta^2 = .345$ Post hoc 1<3,4; 2<3,4

1=keine Belastung; 2=leichte Belastung; 3=deutliche Belastung; 4=starke Belastung

#### 4. Diskussion und Ausblick

Die Ergebnisse zeigen, dass die Belastung bei allen SCL-90®-S- und den UKS-Skalen *Psychische Komorbidität* und *Schmerzen* über die vier Belastungsgruppen kontinuierlich ansteigen. Die Analyse der nachgeschalteten Einzelvergleiche im UKS bringt auf der Skala *Psychische Komorbidität* insgesamt mehr Unterschiede hervor als die Zweiergruppenlösung, da zwischen den *deutlich* und *stark belasteten* Patient\*innen differenziert werden kann. Auch bei der Skala *Schmerz* lassen sich differenzierte Ergebnisse abbilden (siehe Tab. 2); weitere Unterschiede sind nicht feststellbar. Diese Ergebnisse sprechen dafür, dass die neue Falldefinition differenziertere Informationen zu psychischen Belastungen bei den Patient\*innen der Psychosomatik und Psychotherapie liefert, was für eine Überführung in die neuen Fallgruppen spricht. Daraus können spezifische Hilfsangebote resultieren. Personen, die *keine Belastung* aufweisen, benötigen keine (rehabilitations-)psychologischen Interventionen. Personen, die eine *leichte Belastung* aufweisen, könnten präventive, unspezifische Maßnahmen, wie z.B. Entspannungsverfahren angeboten werden; großzügige Verlaufskontrollen werden angeraten. Personen mit einer *deutlichen Belastung* sollten eine vertiefte Diagnostik mit daraus abgeleiteten Indikationsstellungen zu spezifischen Gruppen- und Einzelangeboten erhalten. Insbesondere bei Personen aus der *schwer psychisch belasteten* Gruppe sollte eine vertiefte Diagnostik durchgeführt und anschließend akute Hilfsangebote im Einzelsetting, sowie u.U. interdisziplinäres Arbeiten, stationäre und psychopharmakologische Interventionen vermittelt werden. In beiden Fällen werden engmaschige Messwiederholungen angeraten [7]. Besonders im ambulanten Bereich kann von der Umstrukturierung der SCL-90®-S profitiert werden, indem leicht psychisch belastete Personen über präventive Maßnahmen informiert und unterstützt werden. Aufgrund der frühzeitigen Interventionen können stationäre Behandlungsaufenthalte verringert oder gar vermieden werden. Das exakte Identifizieren von leicht belasteten Personen kann sich somit ressourcensparend und kosteneffizient auswirken.

Die Untersuchung ist durch verschiedene Einflüsse limitiert, wobei der relevanteste Faktor der geringe Stichprobenumfang ( $N=103$ ) ist, der nach Bühner [9] als nicht repräsentativ eingeschätzt wird. Als weitere Limitation kann das Studiendesign, d.h. die Erfassung der Daten zu einem Messzeitpunkt, verstanden werden, da so keine Verlaufsdaten und dementsprechend keine Veränderungen abgebildet werden können.

Zukünftige Studien sollten die Differenzierung in vier Fallgruppen an größeren klinischen Stichproben prüfen, da dies zu einer effizienteren Erfassung der psychischen Belastung und somit zur bedarfsgerechteren Zuweisung zu Interventionen führen kann.

## 5. Literatur

- [1] Deutsche Gesellschaft für Psychiatrie, Psychotherapie und Nervenheilkunde (2012). Positionspapier der Deutschen Gesellschaft für Psychiatrie, Psychotherapie und Nervenheilkunde (DGPPN) zum Thema Burnout. Verfügbar unter [http://www2.psychotherapeutenkammer-berlin.de/uploads/stellungnahme\\_dgppn\\_2012.pdf](http://www2.psychotherapeutenkammer-berlin.de/uploads/stellungnahme_dgppn_2012.pdf)
- [2] Jacobi, F., Höfler, M., Strehle, J., Mack, S., Gerschler, A., Scholl et al. (2014). Psychische Störungen in der Allgemeinbevölkerung. Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland und ihr Zusatzmodul Psychische Gesundheit (DEGS1-MH). *Nervenarzt*, 85, 77-87.
- [3] Gesundheitsberichterstattung des Bundes. (2019). Rentenzugänge wegen verminderter Erwerbsfähigkeit in der Gesetzlichen Rentenversicherung im Laufe des Berichtsjahres (Anzahl und je 100.000 aktiv Versicherte). Gliederungsmerkmale: Jahre, Region, Zugangsalter, Geschlecht, 1. Diagnose (ICD-10). Verfügbar unter: [HYp://www.gbe-bund.de/oowa921-install/servlet/oowa/aw92/dboowasys921.xwdevkit/xwd\\_initgbe.isgbe-tol/xs\\_start\\_neu/&p\\_aid=3&p\\_aid=2173657&nummer=851&p\\_sprache=D&p\\_indsp=-&p\\_aid=21986279](http://www.gbe-bund.de/oowa921-install/servlet/oowa/aw92/dboowasys921.xwdevkit/xwd_initgbe.isgbe-tol/xs_start_neu/&p_aid=3&p_aid=2173657&nummer=851&p_sprache=D&p_indsp=-&p_aid=21986279)
- [4] Gühne, U., Becker, T., Salize, H.-J. & Riedel-Heller, S.G. (2015). Wie viele Menschen in Deutschland sind schwer psychisch krank? *Psychiatrische Praxis*, 42(8), 415-423. doi:10.1055/s-0035-1552715
- [5] Rommel, A., Bretschneider, J., Kroll, L.E., Prütz, F. & Thom, J. (2017). Inanspruchnahme psychiatrischer und psychotherapeutischer Leistungen - Individuelle Determinanten und regionale Unterschiede. *Journal of Health Monitoring*, 2(4), 3-22. doi:10.17886/RKI-GBE-2017-111
- [6] Franke, G.H. (2014). *SCL-90®-S. Symptom-Checklist-90®-Standard-Manual*. Göttingen: Hogrefe.
- [7] Franke, G.H. (2020). Zur genaueren Bestimmung von psychischer Komorbidität durch die SCL-90®-S. In Deutsche Rentenversicherung Bund (Hrsg.), 29. *Rehabilitationswissenschaftliches Kolloquium. Deutscher Kongress für Rehabilitationsforschung* (S.44-46). Berlin: DRV.
- [8] Küch, D. (2015). *UKS – Ultra-Kurz-Screening (auf der Basis des PHQ 4) Selbsteinschätzung zu psychosozialen Problemlagen von Rehabilitanden in der Orthopädie*. Verfügbar unter: [http://www.medizinisch-berufliche-orientierung.de/downloads/UKS\\_Mai2015.pdf](http://www.medizinisch-berufliche-orientierung.de/downloads/UKS_Mai2015.pdf)
- [9] Bühner, M. (2011). *Einführung in die Test- und Fragebogenkonstruktion* (3., aktualisierte und erw. Aufl.). München: Pearson Studium.

## **Bindung und Förderung von Nachwuchswissenschaftler\*innen an deutschen Hochschulen**

Başkaya, S.; Heine, I.; Schmitt, R. H.

RWTH Aachen University, Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen, Lehrstuhl für Fertigungsmesstechnik und Qualitätsmanagement

E-Mail: s.baskaya@wzl.rwth-aachen.de

### **Kurzfassung**

In einer anonymen Fragenbogenstudie zu den Arbeitsbedingungen wissenschaftlicher Mitarbeiter\*innen wurden im Jahr 2017 insgesamt 196 Forschende befragt. Ziel war es, die „Turnover intentions“ zu erfassen. Die wichtigsten deskriptiven Informationen zu den Teilnehmenden sind: 63% sind Doktorand\*innen, 61% sind 25-29 Jahre alt, 96% befristet und 2% in Teilzeit eingestellt. Die Konstrukte „Turnover intentions“ und „Work engagement / commitment“ zeigen einen negativen Zusammenhang (-0,568). Die Konstrukte „Job satisfaction“ und „Work engagement / commitment“ hängen positiv zusammen (+0,613), ebenso die Konstrukte „Job satisfaction“ und „Work content & Environment / job resources“ (+0,700). Durch einen Harman's-One-Factor-Test konnte das Vorliegen eines Common Method Bias ausgeschlossen werden.

### **1. Einleitung**

Für die Analyse der Arbeitsbedingungen wissenschaftlicher Mitarbeiter\*innen wurde eine Fragebogenstudie in Zusammenarbeit mit WGP-Instituten (Wissenschaftliche Gesellschaft für Produktionstechnik) durchgeführt. Das Ziel der Befragung, an der insgesamt 196 Forschende [n=196] aus 23 Instituten anonym teilgenommen haben, war es, u.a. die Motivation des Verbleibs am Lehrstuhl nach Promotionsabschluss bzw. die allgemeinen „Turnover intentions“ und deren Antezedenten speziell von Doktoranden\*innen zu erfassen.

In Deutschland stellt die Bindung von Nachwuchswissenschaftler\*innen weiterhin eine große Herausforderung dar, weil hohe „Turnover intentions“ nach der Promotion meistens mit einer Beendigung der wissenschaftlichen Karriere einhergehen. [1] Im internationalen Vergleich (siehe Abbildung 1) gibt es an deutschen Universitäten zwar eine überdurchschnittlich hohe Promotionsquote, dennoch arbeiten nur wenige Mitarbeiter\*innen auf Senior-Staff-Ebenen, da eine hohe Abwanderung aus der Wissenschaft nach der Promotion (vor allem Ingenieurwissenschaften) die Regel darstellt. [1, 2, 3, 4, 5, 6]

Im internationalen Vergleich wird deutlich, dass der Mittelbau in Deutschland viel höhere Anteile am gesamten wissenschaftlichen Personal einnimmt (ca. 86%) als in anderen

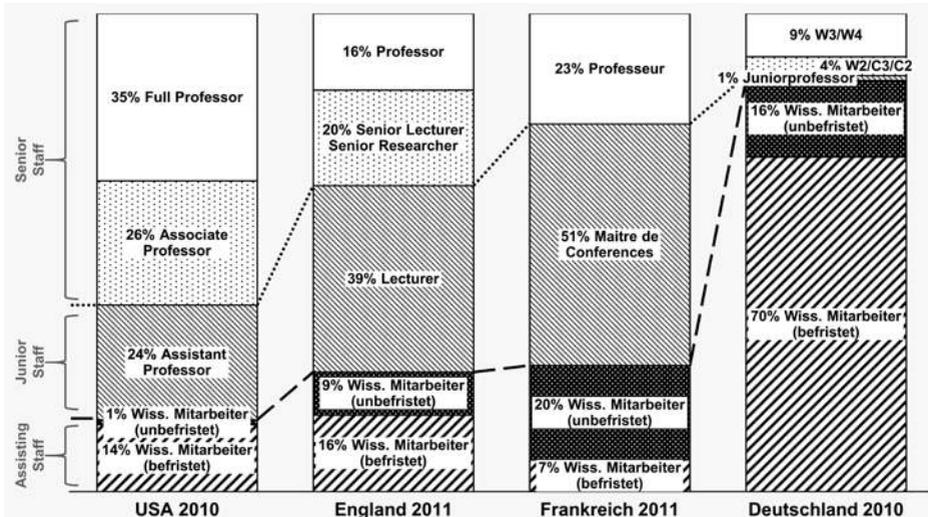


Abbildung 1: Hauptberufliches wissenschaftliches Personal an Universitäten in den USA (2010), in England (2011), in Frankreich (2011) und in Deutschland (2010) [3, 7]

Ländern (USA ca. 15%, England ca. 25%, Frankreich ca. 27%). Trotz möglicher Veränderungen im Kontext der Nachwuchsqualifizierung und -förderung in den letzten zehn Jahren, wie zusätzliche Tenure-Track-Professuren, die Förderung von Exzellenzclustern und Exzellenzuniversitäten und dem Pakt für Forschung und Innovation [1], zeigt diese Verteilung sehr deutlich, dass der Großteil des hauptberuflichen wissenschaftlichen Personals an Universitäten in Deutschland der Kategorie „Assisting Staff“ zuzuordnen ist. Die Kategorie „Junior Staff“ ist mit ca. 1% fast vernachlässigbar (USA ca. 24%, England ca. 39%, Frankreich ca. 51%). Die Kategorie „Senior Staff“ bildet in Deutschland ca. 13% des wissenschaftlichen Personals ab, weitaus geringer als im internationalen Vergleich (USA ca. 61%, England ca. 36%, Frankreich ca. 23%).

Aufgrund der Arbeitsbedingungen im Kontext des deutschen Wissenschaftssystems (vor allem in der Kategorie „Assiting Staff“ und niedriger), wie bspw. die Befristung der Beschäftigungsverhältnisse, die kurzen Vertragslaufzeiten (und den damit verbundenen „Kettenverträgen“), dem niedrigen Einkommen (vor allem durch Teilzeitbeschäftigung) und die Diskrepanz zwischen vertraglich geregelter und tatsächlicher Arbeitszeit [1] wird meist von der „Prekarisierung“ wissenschaftlicher Arbeit gesprochen. [8] Besonders wird diese Diskussion durch die unsichere Beschäftigungsperspektiven, einem durch die Promotion bedingten Abhängigkeitsverhältnisses und den hohen Anteilen unbezahlter Mehrarbeit geführt.

## 2. Methodik

Zu Beginn der Studie wurde auf Basis theoriegeleiteter Hypothesen und Erklärungsansätzen [1, 2, 5, 6, 7] ein qualitatives Modell erstellt. Diese Erklärungsansätze können derart zusammengefasst werden:

- Die individuellen Wertesysteme neuerer Doktorandengenerationen (z. B. Generation Y) sind nicht mit den aktuellen Arbeitsbedingungen an Universitäten bzw. deren Instituten kompatibel.
- Diese Werteinkompatibilität führt zu einer mangelnden Identifikation der Doktorand\*innen mit dem Institut.
- Weiterhin entsprechen die Führungs- und Organisationsstrukturen nicht mehr den Bedürfnissen heutiger Doktorand\*innen.
- Aufgrund eingeschränkter beruflicher Perspektiven ist die wissenschaftliche Arbeit an (deutschen) Instituten für den Nachwuchs außerdem nicht „attraktiv“ genug.

Für das qualitative Modell (siehe Abbildung 2) wurden folgende Konstrukte herangezogen und als unabhängige und abhängige Variablen definiert:

- Unabhängige Variablen
  - Organizational attributes / attractiveness [9]: das Produkt der Wichtigkeit organisationaler Merkmale und deren wahrgenommenes Erfüllungsmaß
  - Organizational identification / Person-environment fit [10]: Übereinstimmung der Werte der Mitarbeiter\*innen mit denen der Organisation
  - Work content & Environment / job resources [11]: Physikalische, psychologische, soziale oder organisationale Aspekte des Jobs zur Erreichung von Arbeitszielen oder Stressreduzierung
  - Job satisfaction [12, 13]: Ausmaß, zu dem Mitarbeiter\*innen ihren Job mögen (satisfaction) oder nicht mögen (dissatisfaction)
- Abhängige Variablen
  - Work engagement / commitment [14]: positiv erfüllender, arbeitsbezogener Gemütszustand, der durch Elan, Hingabe und geistiger Vertiefung gekennzeichnet ist
  - Turnover intentions [15]: Absicht oder Entscheidung von Mitarbeiter\*innen die Organisation zu verlassen
  - Job performance: arbeitsbezogene Aktivitäten, die Erwartungen an und die Erfüllung durch Mitarbeiter\*innen darstellen

Mit Ausnahme des angenommenen negativen Zusammenhangs zwischen „Work engagement / commitment“ und „Turnover intentions“, werden zwischen allen weiteren Konstrukten positive Zusammenhänge erwartet.

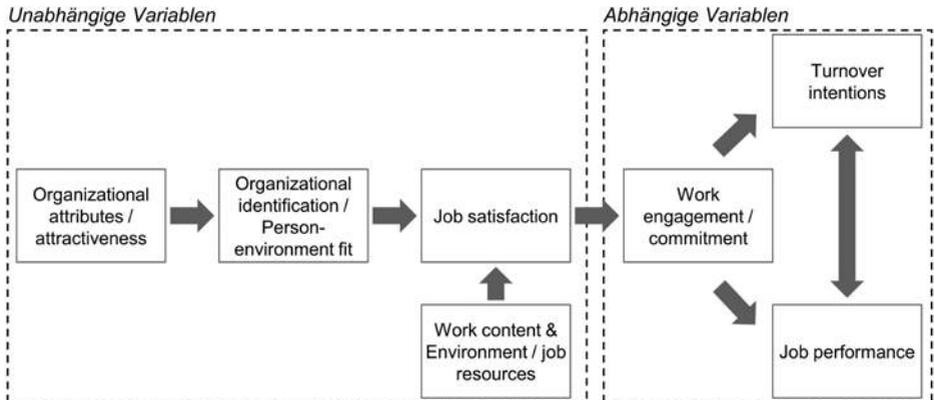


Abbildung 2: Aufbau qualitatives Modell für die Fragenbogenstudie „Attachment and Promotion of Junior Scientists“

Mögliche Messansätze für die „Job performance“ sind die Promotionsdauer und die Anzahl wissenschaftlicher Publikationen. Im Zuge dieser Befragung wurde die „Job performance“ jedoch aus Gründen der Verfügbarkeit personenbezogener Daten nicht betrachtet. Jedoch haben die Institute selbst die Möglichkeit, diese Variabel zu nutzen und mittels interner Daten den Zusammenhang zu den „Turnover intentions“ (negative Korrelation) und zum „Work engagement / commitment“ (positive Korrelation) zu untersuchen.

Für die Durchführung wurde eine eigene Installation von LimeSurvey genutzt, für die anschließende Datenauswertung die Software SPSS Statistics (Vers. 25).

### 3. Teilnehmende

Folgende deskriptive Informationen zu den Teilnehmenden der Studie (siehe Abbildung 3) geben weiteren Aufschluss: Die Mehrheit der Teilnehmer\*innen sind Doktorand\*innen (63%) und gehören der Altersklasse „25-29 Jahre“ (61%) an. 96% der Teilnehmer\*innen haben zum Zeitpunkt der Abfrage einen befristeten Arbeitsvertrag. Diese Angabe deckt sich auch mit den Ergebnissen des Bundesberichts *Wissenschaftlicher Nachwuchs* für das Jahr 2020 [1]: Während die allgemeine Quote bei 92% liegt, befindet sie sich in den Ingenieurwissenschaften sogar bei 95%. In diesem Zusammenhang ist es interessant, dass ca. ein Drittel der Teilnehmer\*innen bei ihrer Einstellung sogar eine langfristige Anstellung am Lehrstuhl anstrebten. Nur 2% geben an, in Teilzeit beschäftigt zu sein. Die Realität der Beschäftigungsdauer zum Zeitpunkt der Befragung zeigt, dass befristete Mitarbeiter\*innen sich entweder in einem aktuellen Arbeitsverhältnis von 1-2 Jahren (34%) befinden oder einige (26%) sogar einen Arbeitsvertrag mit

einer Laufzeit zwischen 2 und 3 Jahren haben. Die drittgrößte Gruppe (16%) hat allerdings nur einen Arbeitsvertrag mit 6 Monaten bis zu einem Jahr Laufzeit. Ferner gibt die Mehrheit (88%) an, die vertraglich festgelegten Wochenstunden zu überschreiten.

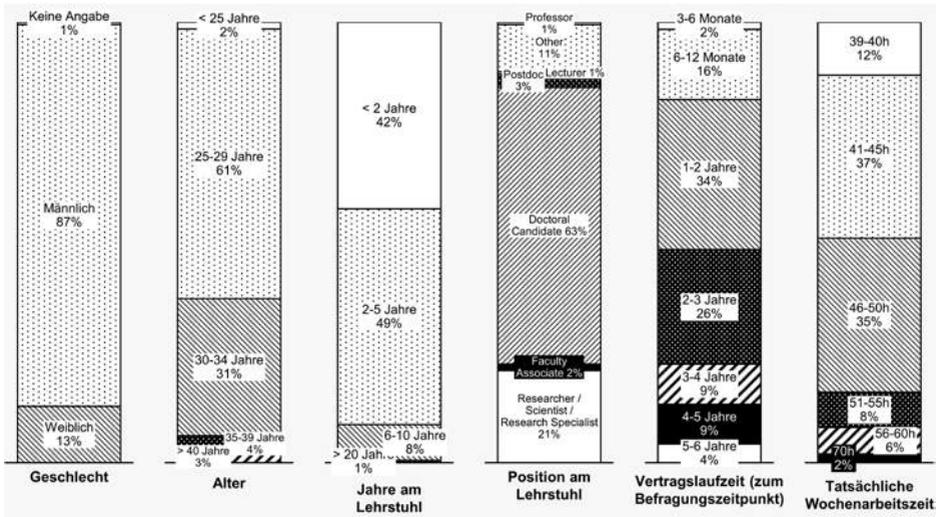


Abbildung 3: Deskriptive Informationen zu den Teilnehmenden der Fragenbogenstudie

## 4. Ergebnis

Die quantitative Untersuchung des qualitativen Modells (siehe Abbildung 4) bestätigt die angenommene (negative) Korrelation zwischen den beiden Konstrukten „Turnover intentions“ und „Work engagement / commitment“ mit einem Wert von  $-0,568$ . Das heißt, dass die Absicht die Stelle zu wechseln höher ist, wenn das Arbeitsengagement niedrig ist.

Positiv hervorzuheben ist (siehe Abbildung 5), dass eher selten darüber nachgedacht wird, den Job zu wechseln (1,99 von 5). Jedoch wird sich nur manchmal auf den nächsten Arbeitstag gefreut (3,20 von 5) und man ist manchmal darüber frustriert (2,70 von 5), dass es bei der Arbeit nicht die Möglichkeit gibt, persönliche arbeitsbezogene Ziele zu erreichen.

Zwischen den Konstrukten „Job satisfaction“ und „Work engagement / commitment“ besteht ein starker positiver Zusammenhang ( $+0,613$ ). Das heißt, dass eine hohe Arbeitszufriedenheit mit einem hohen Arbeitsengagement einhergeht. Zwischen den Konstrukten „Job satisfaction“ und „Work content & Environment / job resources“ liegt ebenfalls ein starker positiver Zusammenhang vor ( $+0,700$ ).

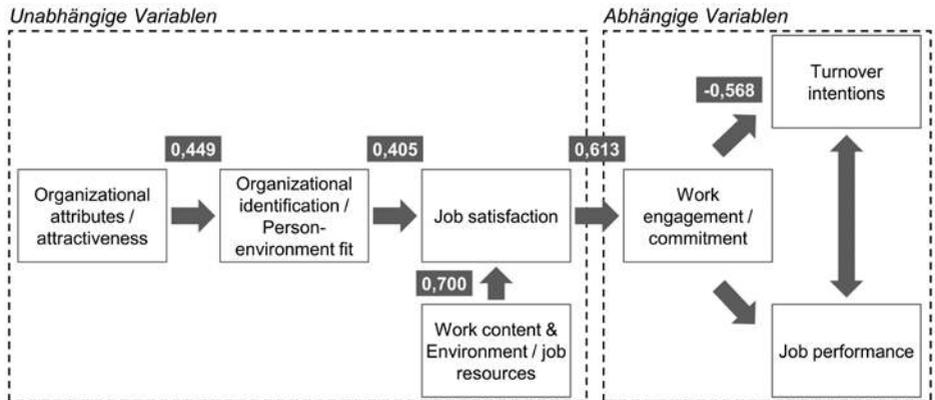


Abbildung 4: Korrelation der Konstrukte innerhalb des qualitativen Modells für die Fragenbogenstudie

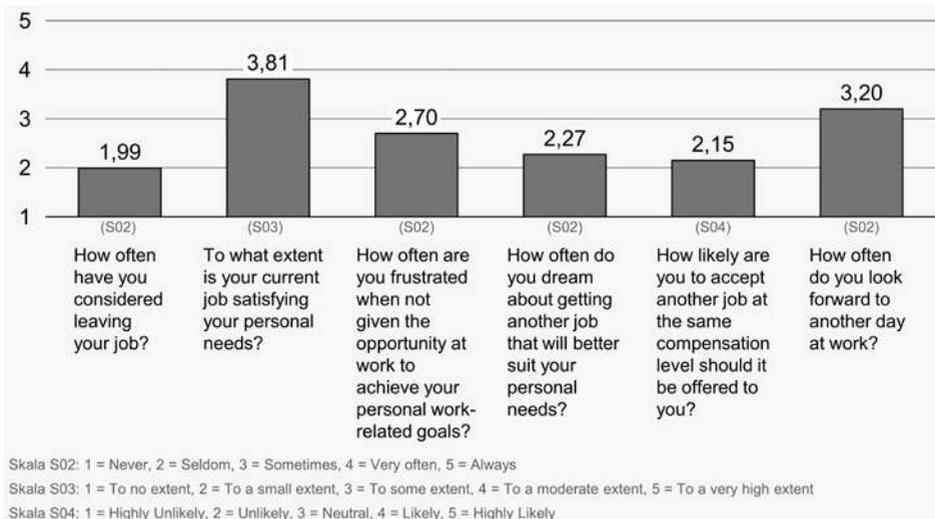


Abbildung 5: Arithmetische Mittelwerte der Items innerhalb des Konstrukts „Turnover intentions“ (n = 196)

Hier wurde deutlich, dass Karrieremöglichkeiten (Item: „I have career opportunities at my chair.“) am Lehrstuhl (im Vergleich zu anderen Items der „Job satisfaction“) schlechter abschnitten (2,94 von 5). Außerdem wird im Konstrukt „Organizational attributes / attractiveness“ angegeben, dass stressige Arbeitsbedingungen (Item: „I am not experiencing stress at my work.“) vorliegen (2,22 von 5).

## 5. Diskussion

Das qualitative Feedback einiger Teilnehmenden [n=39, entspricht ca. 20%] kann wie folgt zusammengefasst werden:

- *Anonymität* ist nicht für alle gegeben, dementsprechend existiert für unzufriedenen Nachwuchses das Hemmnis, wahrheitsgemäß zu antworten:
  - Die Kombination aus „Jahre am Lehrstuhl“ + „Alter“ kann bereits Rückschlüsse auf einen kleineren Personenkreis ermöglichen.
  - Die bloße Angabe des „weiblichen“ Geschlechts reicht in den männerdominierten Instituten aus, um Personen zu identifizieren.
- Die *Sprache* (englischsprachig) war nicht immer verständlich, besonders auch durch die genutzten Fachausdrücke.
- Der zu lange *Umfang* (55 Fragen) und redundant wahrgenommene Fragen wurden kritisiert.
- Von einigen Teilnehmenden wurde der Fragebogen als sehr positiv angenommen und es wurde sich hierfür bedankt.

Um die Existenz eines Common Method Bias zu analysieren, wurde im Anschluss ein Harman's-One-Factor-Test durchgeführt und dabei ein Faktor von 0,21 (< 0,50) berechnet. Daraus lässt sich schließen, dass keine Methodenverzerrung vorliegt. [16, 17, 18]

## 6. Literaturverzeichnis

- [1] Konsortium Bundesbericht Wissenschaftlicher Nachwuchs: „Bundesbericht Wissenschaftlicher Nachwuchs 2021. Statistische Daten und Forschungsbefunde zu Promovierenden und Promovierten in Deutschland.“, Bertelsmann, Bielefeld (2021)
- [2] Konsortium Bundesbericht Wissenschaftlicher Nachwuchs: „Bundesbericht Wissenschaftlicher Nachwuchs 2017. Statistische Daten und Forschungsbefunde zu Promovierenden und Promovierten in Deutschland.“, Bertelsmann, Bielefeld (2017)
- [3] Kreckel, R.: „Zur Lage des wissenschaftlichen Nachwuchses an Universitäten: Deutschland im Vergleich mit Frankreich, England, den USA und Österreich.“, In: *Beiträge zur Hochschulforschung*, 38(1-2), 12-40. (2016)
- [4] Krempkow, R.: „Wie viele Postdocs gibt es in Deutschland? Drei Berechnungsansätze und erste Ergebnisse.“, In: *Das Hochschulwesen*, 64. (2016)
- [5] Krempkow, R., Sembritzki, T., Schürmann, R., Winde, M.: „Personalentwicklung für den wissenschaftlichen Nachwuchs. Bedarf, Angebote und Perspektiven – eine empirische Bestandsaufnahme im Zeitvergleich.“, Edition Stifterverband, Essen (2016)
- [6] Krempkow, R., Sembritzki, T.: „Die Vereinbarkeit von Wissenschaft und Familie in Deutschland – Bestandsaufnahme aus Sicht von Hochschulen und Nachwuchsforschenden.“, In: *Beiträge zur Hochschulforschung*, 39(2), 102-123. (2017)

- [7] Konsortium Bundesbericht Wissenschaftlicher Nachwuchs: „Bundesbericht Wissenschaftlicher Nachwuchs 2013. Statistische Daten und Forschungsbefunde zu Promovierenden und Promovierten in Deutschland.“, Bertelsmann, Bielefeld (2013)
- [8] Banscherus, U.: „DGB-Hochschulreport. Arbeit und Beschäftigung an Hochschulen und Forschungseinrichtungen. Expansion und Wettbewerb im Spiegel der amtlichen Statistik.“, DGB Bundesvorstand, Berlin (2020)
- [9] Ronda, L.; Valor, C.; Abril, C.: „Are they willing to work for you? An employee-centric view to employer brand attractiveness.“, In: *Journal of Product & Brand Management* 27(3). (2018)
- [10] Cheney, G.: „On the various and changing meanings of organizational membership: A field study of organizational identification.“, In: *Communications Monographs*, 50(4), 342-362. (1983)
- [11] Xanthopoulou, D.; Demerouti, E.; Schaufeli, W.: „The Role of Personal Resources in the Job Demands-Resources Model.“, In: *International Journal of Stress Management*. 14(2). (2007)
- [12] Judge, T. A.; Bono, J. E.: „Relationship of core self-evaluations traits – self-esteem, generalized self-efficacy, locus of control, and emotional stability – with job satisfaction and job performance: A meta-analysis.“, In: *Journal of applied Psychology*, 86(1), 80. (2001)
- [13] Judge, T. A.; Thoresen, C. J.; Bono, J. E.; Patton, G. K.: „The job satisfaction – job performance relationship: A qualitative and quantitative review.“, In: *Psychological Bulletin*, 127(3), 376. (2001)
- [14] Bakker, A. B.; Schaufeli, W. B.; Leiter, M. P.; Taris, T. W.: „Work engagement: An emerging concept in occupational health psychology.“, In: *Work & stress*, 22(3), 187-200. (2008)
- [15] Bothma, C. F.; Roodt, G.: „The validation of the turnover intention scale.“, In: *SA Journal of Human Resource Management*, 11(1), 1-12. (2013)
- [16] Conway, J. M.; Lance, C. E.: „What Reviewers Should Expect from Authors Regarding Common Method Bias in Organizational Research.“, In: *Journal of Business and Psychology*, 25, 325-334. (2010)
- [17] MacKenzie, S. B.; Podsakoff, P. M.: „Common Method Bias in Marketing: Causes, Mechanisms, and Procedural Remedies.“, In: *Journal of Retailing*, 88(4), 542-555. (2012)
- [18] Söhnchen, F.: „Common Method Variance und Single Source Bias.“, In: Albers, S.; Klapper, D.; Konradt, U.; Walter, A.; Wolf, J. (Hrsg.) *Methodik der empirischen Forschung*. Gabler, Wiesbaden (2009)

# Der Wert der kunden- und umweltfreundlichen Paketzustellung im Online-Handel – Ergebnisse einer quantitativen Befragung im Rahmen des Berliner Forschungsprojekts KOPKIB

Engelhardt, M.; Seeck, S.; Malzahn, B.

Hochschule für Technik und Wirtschaft, Berlin, School of Computing, Communication and Business

E-Mail: maximilian.engelhardt@htw-berlin.de

## Kurzfassung

Das Angebot von kundenorientierten und nachhaltigen Zustelleistungen auf der letzten Meile besteht bereits; aufgrund des Mehrwerts sind diese aber mit Mehrkosten verbunden, die durch Empfänger\*innen gedeckt werden müssen. Die vorliegende Studie zeigt, dass bei einem hohen Anteil der Empfänger\*innen in Großstädten (61 %) diese Zahlungsbereitschaft (ZB) vorhanden ist. Die ZB beträgt mehr als 2 €/Lieferung bzw. als Flatrate mehr als 8 €/Monat. Ein relevanter Einfluss soziodemographischer, wohn- oder nutzenbedingter Faktoren konnte nicht nachgewiesen werden. Die Aussagen zur ZB können als Inputparameter zur Simulation urbaner Logistikkonzepte verwendet werden, sind aber v. a. für Startups auf der letzten Meile bedeutend, da sich damit die Wirtschaftlichkeit von Geschäftsmodellen überprüfen lässt.

## 1. Einleitung

Das Paketvolumen in Deutschland hat sich seit dem Jahr 2000 mehr als verdoppelt [1]. Die aktuellen COVID-19-bedingten Einschränkungen im Einzelhandel beflügeln diese Entwicklung [2]. Durch den steigenden Lieferverkehr wird dabei v.a. in Städten Infrastruktur und Umwelt belastet [3]. Gleichzeitig bleibt der Kundenservice der Paketzustellung weit hinter den Erwartungen zurück [3, 4]. Ein möglicher Lösungsansatz ist die Bündelung von Paketen verschiedener Paketdienste in einem Mikro-Depot und deren anschließende Zustellung zur Wunschzeit mit dem Lastenrad, was aktuell im Berliner Forschungsprojekt KOPKIB („Kundenorientierte Paketzustellung durch den Kiezboten“) erprobt wird [5]. Der „Kiezboten-Ansatz“ generiert einen großen Mehrwert bei Empfänger\*innen [6], bringt aber auch eine nicht unerhebliche Steigerung der Lieferkosten mit sich [7]. Für einen wirtschaftlichen Betrieb des „Kiezboten-Ansatzes“ stellt sich daher die Frage, ob der Mehrwert die zusätzlichen Kosten rechtfertigt.

Im Rahmen dieser Arbeit soll der Mehrwert auf Basis mikroökonomischer Grundlagen bei Paket-Empfänger\*innen quantifiziert werden, um herauszufinden, ob und in welchem Umfang Mehrkosten weitergegeben werden können. Die Studie analysiert damit eine wichtige Einkommensquelle für das Geschäftsmodell des „Kiezboten-Ansatzes“.

Bisherige Forschungsergebnisse können nicht auf das „Kiezboten-Konzept“ übertragen werden, da lediglich die Zahlungsbereitschaft (ZB) für Einzelaspekte, nicht jedoch das Gesamtkonzept untersucht wurde. Daher sollen im Rahmen einer empirischen Studie konkret zwei Forschungsfragen beantwortet werden:

- Wie groß ist die ZB von Empfänger\*innen für die Nutzung des beschriebenen Paketzustell-Services?
- Welche Faktoren beeinflussen diese?

## 2. Stand der Forschung

In der Mikroökonomie hängt die maximale ZB von Einkommen und Präferenzen ab [8]. Die ZB steigt dabei mit der Höhe des empfundenen Nutzens [9]. Auf dieser Basis wird der empirische Forschungsstand untersucht, um die Einflussfaktoren im Kontext der vorliegenden Forschungsfragen zu präzisieren.

Verschiedene Studien stellen fest, dass der Preis das wichtigste Service-Merkmal der Paketzustellung ist (z. B. [10], [11]). Das unterstreicht die Notwendigkeit, die ZB differenziert zu analysieren. Untersucht wurde die ZB und deren Einflussfaktoren bereits für die gebündelte Zustellung mit dem Lastenrad, ohne Berücksichtigung der Wahl eines Wunschzeitfensters [12]. In [13] werden Zeitfenster zwar berücksichtigt, in [14] die Lieferung am Abend, beide Studien vernachlässigen jedoch die Bündelungs- und Umweltaspekte. [15] liefert Erkenntnisse zu allen drei relevanten Einzelaspekten, doch bleibt unklar, wie sich die ZB in Kombination verhält. Tab. 1 fasst die wichtigsten Erkenntnisse des bisherigen Forschungsstands zusammen.

Tabelle 1: Empirischer Forschungsstand zur ZB für die Paketzustellung

Studie	Methodik	Höhe ZB	Einflussfaktoren
<b>Joerrs, Schröder et al. (2016) [10]</b>	Conjoint-Analyse China, Deutschland, USA (n=4.700)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• N/A, aber:</li> <li>• 70% bevorzugen günstigste Form der Haustürzustellung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alter</li> <li>• Geschwindigkeit</li> <li>• Art der Übergabe</li> </ul>
<b>Hagen, Schäfer et al. (2019) [12]</b>	Online-Befragung, Conjoint-Analyse deutsche Großstädte (n=2.017)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 36% zahlungsbereit für gebündelte, umweltfreundliche Lieferung, davon Ø 1,20€ pro Paket</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alter</li> <li>• Stadtteiletyp</li> <li>• Stadtgröße/Stadt</li> <li>• Wichtigkeit „Kommunikation mit dem zustellenden Unternehmen“</li> <li>• Wichtigkeit „ökologische Transportmittel“</li> </ul>

Tabelle 1 (Fortsetzung): Empirischer Forschungsstand zur ZB für die Paketzustellung

Studie	Methodik	Höhe ZB	Einflussfaktoren
<b>GS1 Germany GmbH (2019) [13]</b>	Online-Befragung deutschlandweit (n=318)	<ul style="list-style-type: none"> <li>71% zahlungsbereit für Wunschzeitfenster, davon Ø 0,79€ pro Lieferung</li> <li>60% zahlungsbereit für 2h-Wunschzeitfenster bei wichtiger Lieferung: 1,99€ pro Lieferung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Länge des Wunschzeitfensters</li> </ul>
<b>Spectos GmbH (2019) [14]</b>	Online-Befragung deutschlandweit (n=2.269)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Minderheit (ca. 20%) zahlungsbereit für Lieferungen nach 20 Uhr, 2-10€ pro Lieferung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alter</li> </ul>
<b>Prümm, Kauschke et al. (2018) [15]</b>	Online-Befragung deutschlandweit (n=1.000)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Je nach (für „Kiezboten-Service“ relevantem) Service-Merkmal 35%-39% zahlungsbereit, davon Ø 2,22€-2,67€ pro Lieferung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alter</li> <li>Geschlecht</li> <li>Service-Merkmal (Retouren-Akzeptanz, Zeitfenster, umweltfreundlich, Abendstunden, Geschwindigkeit)</li> </ul>

Auf Basis der mikroökonomischen Grundlagen und des empirischen Forschungsstands wurde ein Ordnungsrahmen für die vorliegende Arbeit entwickelt (s. Abb. 1). Er zeigt den *Untersuchungsgegenstand*, die *Forschungsfragen* und die *Einflussfaktoren* auf die ZB.

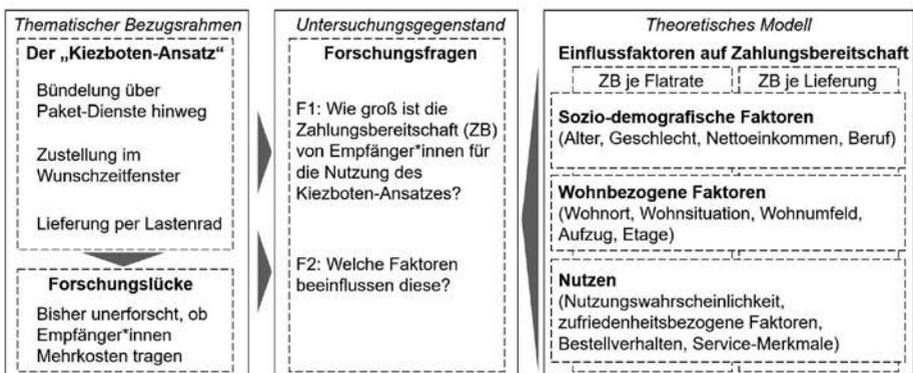


Abbildung 1: Ordnungsrahmen der Arbeit

Im Folgenden werden die aus der Theorie abgeleiteten sowie selbst formulierten Hypothesen und Fragestellungen vorgestellt, zuerst zur Kategorie „Soziodemografie“:

- **SD1:** *Je jünger Empfänger\*innen sind, umso größer ist die ZB [10, 12, 14, 15].*
- **SD2:** *Die ZB unterscheidet sich nach Geschlecht [15].*
- **SD3:** *Je höher das Nettoeinkommen ist, umso größer ist die ZB [8].*
- **SD4:** *Die ZB unterscheidet sich je nach Beruf aufgrund der Einkommensstärke.*

Weitere Hypothesen und Fragestellungen zum Wohnen der Empfänger\*innen lauten:

- **W1:** *Unterscheidet sich die ZB nach Wohnort?*
- **W2:** *Unterscheidet sich die ZB nach Wohnumfeld, z. B. Altbau, Neubau, etc.?*
- **W3:** *Unterscheidet sich die ZB nach Wohnsituation, wie z. B. alleine, mit Partner\*in, etc.?*
- **W4:** *Die ZB ist bei Empfänger\*innen ohne Aufzug größer.*
- **W5:** *Bei Empfänger\*innen ohne Aufzug hängt die ZB von der bewohnten Etage ab.*

Diese Hypothesen W4 und W5 lassen sich dadurch begründen, dass „keine Zustellung, [...] trotz Anwesenheit“ die größte Beschwerde über Paket-Dienste laut Verbraucherzentrale ist [16].

Der Nutzen hat laut Mikroökonomie direkten Einfluss auf die ZB. Daher wird dieser auf verschiedene Weisen geprüft:

- **N1:** *Je wahrscheinlicher die Nutzung des Service, umso größer ist die ZB.*
- **N2:** *Je unzufriedener Empfänger\*innen mit dem bisherigen Service sind, umso größer ist die ZB.*
- **N3:** *Je mehr online bestellt wird, umso größer ist die ZB.*
- **N4:** *Wer Abendstundenlieferung präferiert, ist zahlungsbereiter.*
- **N5:** *Welche Service-Merkmale wie Geschwindigkeit, Zeitfensterlänge, nachhaltige Faktoren etc. beeinflussen die ZB am meisten?*

### 3. Methodische Vorgehensweise

Zur direkten Ermittlung der ZB für das „Kiezboten-Konzept“ wurde eine quantitative Onlinebefragung als Querschnittsstudie durchgeführt. Hierzu wurde ein Fragebogen gemäß der Fragestellungen und Hypothesen aus Kapitel 2 entwickelt, welcher folgende Variablen enthält: Bestellhäufigkeit (metrisch, freie Eingabe), Service-Zufriedenheit und Wahrscheinlichkeit der Nutzung (metrisch, je 5-stufige Skala mit äquidistanten verbalen Verankerungen nach [17]), grundsätzliche ZB (nominal), ZB je Lieferung und ZB Flatrate je Monat (beide metrisch, freie Eingabe), ZB für Produkteigenschaften (metrisch, je 5-stufige Skala mit äquidistanten verbalen Verankerungen nach [17]), soziodemografische Faktoren (Alter, Geschlecht, PLZ, Wohnsituation, Wohnumfeld, Aufzug, Etage, Beruf, Einkommen) sowie präferierte Wunschzeitfenster (Mehrfachauswahl).

Die Stichprobe ( $n = 1.071$ ) wurde in Kooperation mit dem Nachbarschaftsnetzwerk nebenan.de auf deren Plattform mittels „Anzeige“ vom 17.09.2020 bis 05.10.2020 in den fünf größten Städten Deutschlands akquiriert. Der Datensatz wurde im Anschluss deskriptiv und inferenzstatistisch mit Hilfe der Statistik-Programmiersprache „R“ ausgewertet. Für die inferenzstatistische Auswertung kamen die Verfahren T-Test, Pearson-Korrelation und ANOVA zum Einsatz. Die Ergebnisse zur Höhe der ZB wurden zur Auswertung in eine Preis-Absatz-Funktion überführt.

#### 4. Ergebnisse

Die erhobene Stichprobe umfasst 1.071 Stadtbewohner\*innen aus Berlin (49 %), Hamburg (17 %), München (12 %), Köln (7 %), Frankfurt (5 %) bzw. nicht angegeben (11 %), die Ø 45,4 Jahre alt sind und über ein Nettoeinkommen von Ø 2.323 € im Monat verfügen. Auf Basis dieser und weiterer Daten repräsentiert die Stichprobe die Grundgesamtheit der Stadtbewohner\*innen der fünf größten Städte in Deutschland. Lediglich die Verteilung nach Geschlecht ist überraschend: 70 % der Befragten fühlen sich dem weiblichen Geschlecht zugehörig, 28 % dem männlichen (1 % divers). Es liegt nahe, dass die Bereitschaft bei Frauen an der Teilnahme an Studien zum Thema Paketzustellung größer ist. Eine von dieser Studie unabhängige Erhebung stellt dieses Phänomen ebenfalls fest [11]. Durchschnittlich bestellen die Befragten 4,2-mal pro Monat im Internet. 30 % bestellen mindestens wöchentlich und sind damit der Gruppe der Heavy User zuzuordnen, 51 % mindestens monatlich und 16 % mindestens jährlich. 3 % kaufen nie online ein; als Gründe werden v. a. der Erhalt des lokalen Handels angeführt, Probleme mit der Paketzustellung spielen nur eine untergeordnete Rolle. Die Kundenzufriedenheit mit der bisherigen Paketzustellung ist mit 3,7 von 5 (3 = „mittelmäßig“, 4 = „ziemlich“ zufrieden) höher als erwartet, was daran liegen kann, dass zum Erhebungszeitraum viele Befragte COVID-19 bedingt im Home-Office waren und Pakete daher tagsüber zu Hause empfangen konnten. Die wesentlichen Gründe, warum die Befragten nicht „außerordentlich zufrieden“ waren, sind „Nicht geklingelt, obwohl ich zu Hause war“ (65 %), „Keine Karte erhalten“ (39 %), „Paket kam, als ich nicht zu Hause war“ (31 %). Die präferierte Lieferzeit ist mit Abstand die Abendzustellung von 17-21 Uhr (65%), andere Tageszeiten werden von nur max. 25 % bevorzugt. Die Stichprobe ist „ziemlich“ bis „außerordentlich“ wahrscheinlich dazu bereit (4,3 von 5), das „Kiezboten-Konzept“ zu nutzen. 41 % besitzen bereits Erfahrungen mit innovativen Zustell-Services wie z.B. Liefer-Abos oder Paketstationen.

Im Ergebnis zeigt sich, dass bei 61 % der Befragten eine grundsätzliche ZB besteht. 35 % bevorzugen die Zahlung pro Lieferung (Ø 2,23 €), 26 % eine monatliche Flatrate (Ø 8,27 €). Flatrate-Bevorzuger\*innen empfangen mit 6,2 Paketen im Monat mehr als doppelt so viele Pakete und sind mit Ø 42,6 Jahren mehr als 4 Jahre jünger als diejeni-

gen, die den Preis je Lieferung bevorzugen (Anzahl Bestellungen je Monat: 2,7; Alter: Ø 42,6 Jahre). Auf Basis der ermittelten Daten kann nun eine Preis-Absatz-Funktion erstellt werden (s. Abb. 2). Diese zeigt, welcher Anteil an Nutzer\*innen bei einem bestimmten Preis den „Kiezboten-Ansatz“ nutzen würde.

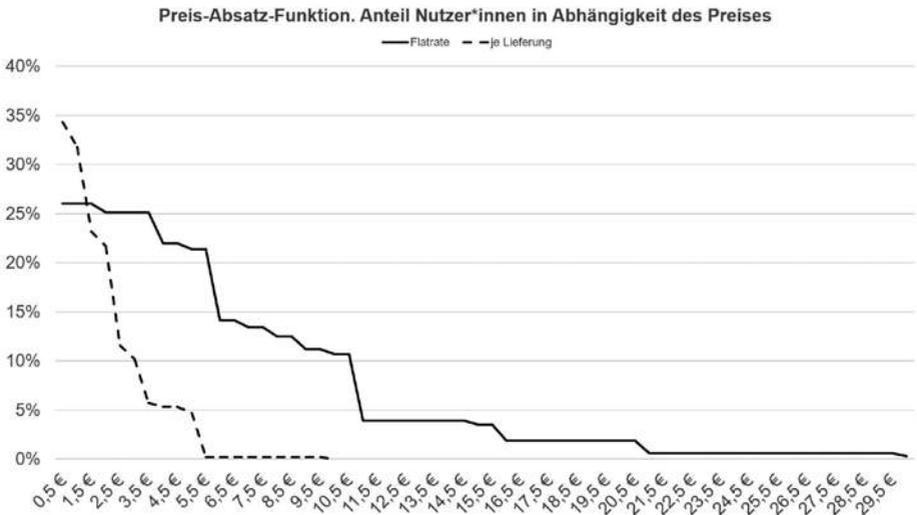


Abbildung 2: Preis-Absatz-Funktion

Die Ergebnisse der Analyse der *soziodemografischen Einflussfaktoren*, der *einkommensbezogenen Einflussfaktoren* und der *nutzenbezogenen Einflussfaktoren* sind in Tab. 2 dargestellt.

Wie Tab. 2 zeigt, haben nur wenige Faktoren einen (geringen) Einfluss auf die ZB: Geschlecht und Alter auf ZB je Lieferung, Bestellverhalten auf ZB je Flatrate (statistisch signifikant auf Signifikanz-Niveau  $\alpha < 0,05$ ; gekennzeichnet durch (\*)) sowie Wohnsituation Einfamilienhaus (deskriptiv betrachtet). Beachtlich ist, dass weder das Einkommen noch der Nutzen in Form der Zustell-(Un-)Zufriedenheit einen relevanten Einfluss auf die ZB haben. Die ZB muss also von anderen Faktoren beeinflusst werden.

Über die im Rahmen der Hypothesen und Fragestellungen ermittelten Ergebnisse hinaus konnten durch offene Eingabefelder zusätzliche Einflussfaktoren auf die ZB ermittelt werden: Diese sind u. a. Größe, Gewicht und Anzahl der Pakete, Warenart und -wert, erzielte Zeit- und Aufwandsparnis bei Empfänger\*innen, Höhe der ohnehin anfallenden Versandkosten, tatsächlich anfallende Mehrkosten.

Tabelle 2: Einflussfaktoren auf die ZB

Kategorie	Einflussfaktor Hypothese/ Frage- stellung	Auswertungs- verfahren	Effekte auf ZB je Lieferung	Effekte auf ZB als Flatrate
Soziodemografie	Alter (S1)	Pearson-Korrelation	cor -0,15 (*)	cor 0,01
	Geschlecht (S2)	T-Test	Ø 1,91 € (m) Ø 2,36 € (w) (*)	Ø 9,16 € (m) Ø 7,90 € (w)
	Nettoeinkommen (S3)	Pearson-Korrelation	cor -0,15 (*)	cor 0,04
	Beruf (S4)	ANOVA	Pr(>F) 0,84 (nicht signifikant)	Pr(>F) 0,28 (nicht signifikant)
Wohnen	Wohnort (W1)	Deskriptiv	Ø 2,16 € (Berlin) Ø 2,71 € (Hamb.) Ø 2,13 € (Mün.)	Ø 8,35 € (B) Ø 7,58 € (H) Ø 7,69 € (M)
	Wohnumfeld (W2)	Deskriptiv	Ø 2,23 € (Altb.) Ø 2,36 € (Neub.) Ø 1,81 € (Einf.-H.)	Ø 8,37 € (Altb.) Ø 7,85 € (Neub.) Ø 8,55 € (Einf.-H.)
	Wohnsituation (W3)	Deskriptiv	Ø 2,47 € (Alleine) Ø 2,07 € (Partner) Ø 2,13 € (Familie)	Ø 8,23 € (Alleine) Ø 8,37 € (Partner) Ø 8,08 € (Familie)
	Aufzug (W4)	T-Test	Ø 2,24 € (mit) Ø 2,23 € (ohne)	Ø 8,49 € (mit) Ø 8,20 € (ohne)
	Etage (W5)	Pearson-Korrelation	cor 0,06	cor 0,04
Nutzen	Nutzungsbereitschaft (N1)	Pearson-Korrelation	cor -0,03	cor -0,00
	Zustell-Zufriedenheit (N2)	Pearson-Korrelation	cor -0,06	cor -0,09
	Bestellverhalten (N3)	Pearson-Korrelation	cor -0,08	cor 0,17 (*)
	Präferierte Lieferzeit (N4)	T-Test	Ø 2,21 € (Abend) Ø 2,28 €	Ø 8,39 € (Abend) Ø 7,84 €
	Service-Merkmale (N5: Größter Einfluss?)	Deskriptiv (5-stufige Skala)	4,4/5 – Faire Lieferung 4,2/5 – Umweltfreundliche Lieferung 3,8/5 – Gebündelte Lieferung 3,6/5 – Lokale Lieferung 3,6/5 – 2h-Zeitfenster 3,4/5 – Retourenabholung 3,3/5 – 30min-Zeitfenster 2,7/5 – Sofortlieferung	

## 5. Diskussion und Fazit

In der vorliegenden Studie wurde erstmals die ZB für eine komplexe Zustelleistung aus Wunschzeitfensterbelieferung kombiniert mit nachhaltiger Zustellung per Lastenrad, gebündelt über alle Versender\*innen und Paket-Dienste hinweg, ermittelt. Bei mehr als 60% der repräsentativ Befragten besteht hierfür eine ZB. Wie zu erwarten war, präferieren Empfänger\*innen mit wenigen Bestellungen eine Bezahlung pro Lieferung mit einer ZB von über 2 €/Lieferung, während Heavy-User mit mindestens einer Bestellung pro Woche eine Flatrate bevorzugen und dafür eine ZB von über 8 €/Monat besteht.

Relevante Unterschiede bei Betrachtung von Einflussfaktoren konnten nicht festgestellt werden, einzig Bewohner von Einfamilienhäusern sind weniger Zahlungsbereit (1,81 €); dies erklärt sich dadurch, dass hier alternative Ablageorte für Pakete einfacher genutzt werden können als bei anderen Wohnsituationen.

Die Studie fokussiert sich auf Großstädte in Deutschland und bildet im Panel daher auch nur diese Bevölkerungsgruppe ab; weiterführende Untersuchungen müssen die fehlenden Gebiete ergänzen. Die Ergebnisse sind insoweit trotzdem interessant, da Startups auf der letzten Meile fast ausschließlich in Großstädten gegründet werden und Erfolge in diesem Umfeld als am meisten erfolversprechend sind.

Die Erkenntnisse dieser Arbeit können in der Logistikforschung als Inputparameter für Modellierung und Simulation urbaner Logistikkonzepte aller Art verwendet werden und leisten damit einen wichtigen empirischen Forschungsbeitrag.

Implikationen für die Praxis resultieren insbesondere für neue Startups auf der letzten Meile, die – wie im Projekt KOPKIB – durch Bündelung der Pakete über die Paket-Dienste hinweg Prozessoptimierung bei der Zustellung erreichen wollen. Da diese Effekte aber nicht ausreichen, einen solchen Service wirtschaftlich durchzuführen, ist die Frage nach einer ZB der Endkunden für solche Geschäftsmodelle, die im vorliegenden Beitrag beantwortet wird, von entscheidender Bedeutung.

## 6. Literatur

- [1] Bundesverband Paket und Expresslogistik e.V.: KEP-Studie 2020 – Analyse des Marktes in Deutschland. Köln 2020.
- [2] E-Commerce-Plus von 9,2 Prozent im 1. Halbjahr 2020 – Dauerhaft mehr E-Commerce beim „täglichen Bedarf“ 2020.
- [3] Seeck, S.; Göhr, M.: Paketzustellung und Kundenservice – ein Widerspruch in sich? In: Wimmer, T.; Grotemeier, C. (Hrsg.): Digitales trifft Reales. 35. Deutscher Logistik-Kongress : Kongressband. Hamburg 2018.
- [4] Deutsche Verkehrszeitung: Statistik zeigt steigende Unzufriedenheit mit Paketdienstleistern. In: Deutsche Verkehrszeitung (2020).

- [5] IFAF Institut für angewandte Forschung Berlin: Pakete zur Wunschzeit nach Hause geliefert und dabei noch Verkehr verringern? Der „Kiezbote“ macht’s ab heute möglich! Berlin 2020.
- [6] Seeck, S.; Engelhardt, M.: Kiezboten bündeln Zustellung für zufriedener Online-Käufer. Gebündelte Belieferung auf Letzter Meile per Lastenrad aus Mikro-Depot heraus – Pilotversuch in Berlin läuft bis Sommer. In: *Lebensmittelzeitung* (2021) 6, S. 46.
- [7] Seeck, S.; Engelhardt, M.: Gebündelte Paketzustellung mit dem Lastenrad. Wie der Kiezbote die Lebensqualität im Quartier steigert. Online 2021.
- [8] Varian, H. R.: *Grundzüge der Mikroökonomik*, 9., aktualisierte und erweiterte Auflage. Berlin 2016.
- [9] Reifkogel, N.: *Methoden zur Ermittlung der Zahlungsbereitschaft von Konsumenten. Diplomarbeit am Arbeitsbereich für Marketing und Innovation im Fachbereich Wirtschaftswissenschaften* 2005.
- [10] Joerris, M.; Schröder, J.; Neuhaus, F.; Klink, C.; Mann, F.: Parcel delivery. The future of last mile.
- [11] Quitter, D.: *Entwicklung von Empfehlungen für ein kundenorientiertes Geschäftsmodell für Paketdienstleistungen auf der letzten Meile im urbanen Raum mithilfe der Adaptiven Choice Based Conjoint Analyse. Masterarbeit.* Berlin 2021.
- [12] Hagen, T.; Schäfer, P. K.; Schocke, K.-O.; Wendt, D. H.; Bergold, F.; Hofmann, D.; Scheel-Kopeinik, S.; Stolte, D.; Steinpilz, S.: *DeinDepot. Potenzialanalyse zur Umsetzung eines zentralen Depots mit dem Ziel einer umweltfreundlichen und gebündelten Auslieferung von Paketen auf der letzten Meile, Abschlussbericht.* Frankfurt am Main 2020.
- [13] GS1 Germany GmbH: *Zuverlässig, schnell, bequem – was der Empfänger von der Paketzustellung der Zukunft erwartet. Eine Studie von GS1 Germany im Rahmen des Forschungsprojekts SMile.* Köln 2019.
- [14] Spectos GmbH: *Spectos E-Commerce Monitor 2020.* Dresden 2019.
- [15] Prümm, D.; Kauschke, P.; Peiseler, H.: *Wege aus dem Paketdilemma. Flexibel, schnell, umweltfreundlich* 2018.
- [16] Verbraucherzentrale Nordrhein-Westfalen e.V.: *Statistik zu Paket-Beschwerden: Juli bis einschließlich Dezember 2018* 2019.
- [17] Rohrman, B.: *Empirische Studien zur Entwicklung von Antwortskalen für die sozialwissenschaftliche Forschung.* In: *Zeitschrift für Sozialpsychologie* 9 (1978), S. 222–45.

## Wieviel bin ich wert?

Grunert, A.; Berger, G.  
Friedrich-Schiller-Universität Jena  
E-Mail: anja.grunert@uni-jena.de

### Kurzfassung

In China soll mithilfe von Social Scoring Systemen (kurz: SCS) das Verhalten von Bürgern und Organisationen überwacht und bewertet werden. Der Score wird zur Belohnung und Bestrafung genutzt. Das Ziel ist normkonformes Verhalten [3]. Einige Elemente der SCS wurden bereits in der EU eingeführt [10]: In Deutschland werden verhaltensbasierte Versicherungen eingesetzt. Diese nutzen Apps und Wearables, um Kundendaten zu sammeln und um Aussagen über den zukünftigen Gesundheitszustand des Kunden zu machen [11]. Inwiefern die Datensammlung in Deutschland rechtlich akzeptabel ist, soll im nachfolgenden Paper „Wieviel bin ich wert?“ diskutiert werden.

### 1. Einleitung

2021 wird voraussichtlich jeder der 1,4 Milliarden Chinesen einen Punktestand haben [4], der Aussagen über seine „finanzielle, moralische [und] [...] politische Vertrauenswürdigkeit“ macht [12]. Jeder Bürger erhält eine Startpunktzahl und kann durch gewünschtes Verhalten Punkte verdienen sowie durch Fehlverhalten verlieren [9].

In Deutschland gibt es seit einigen Jahren Ansätze von SCS. Verhaltensbasierte Versicherungstarife folgen dem chinesischen Vorbild: Durch das Herunterladen einer App können Versicherte durch angepasstes Verhalten eine Bonuszahlung von der Versicherung erhalten [6].

Das Ziel dieses Beitrags ist es herauszufinden, inwiefern Deutschland vom chinesischen SCS beeinflusst wird. Dies wird anhand von verhaltensbasierten Versicherungen erfolgen. Dabei sollen mittels einer Literaturanalyse die Vor- und Nachteile und die Möglichkeit der Umsetzung hauptsächlich im Rahmen des Art. 9 der DSGVO diskutiert werden.

### 2. Das chinesische SCS

China ist das Land mit den meisten Internet- und Handynutzern weltweit und hat einen der größten Märkte für Datensammlungen. Gleichzeitig ist China einzigartig in der Nutzung seiner Daten. Nahezu alle Daten werden an die Regierung weitergegeben. Diese kontrolliert und analysiert die Daten mithilfe von Algorithmen. Das SCS überwacht sowohl Bürger und Unternehmen als auch politische Organisationen anhand deren wirt-

schaftlichen, politischen, gesetzlichen und soziokulturellen Verhalten [3]. Wie das SCS funktioniert, wird am Ende dieses Abschnitts vereinfacht dargestellt. Vorteile bietet das SCS dahingehend, dass es ökonomische Probleme wie die Zusammenarbeit mit zahlungsunwürdigen Unternehmen reduzieren und die Politik das Missachten von Regeln z.B. im Straßenverkehr sanktionieren kann. Ebenso sollen auch arme Menschen und Geschäfte vom SCS profitieren [13]. In Bezug auf die Klimapolitik hat das SCS positive Aspekte: Es bestraft Bürger sowie Unternehmen, die Umweltverstöße begehen [10]. Die chinesische Regierung möchte neben Vertrauen auch Werte wie Freundlichkeit und Hilfsbereitschaft bewerten [10]. Es ist schwierig diese qualitativen Eigenschaften zu quantifizieren und zu bewerten. Die Daten können kein vollständiges Bild über Menschen erschaffen [10]. Da die Daten des SCS aus unterschiedlichen Quellen geladen werden, ist ungewiss, ob die Vereinheitlichung dieser Daten adäquat erfolgt. Es fehlt einerseits die Transparenz des Systems. Andererseits könnte zu viel Transparenz dazu führen, dass Bürger und Unternehmen versuchen das System auszutricksen [2]. Das chinesische SCS verstößt nach Einschätzung von Fachleuten gegen Menschenrechte und ethische Maßstäbe [3]. Zwar versucht die chinesische Regierung „die Bürger zu folgsamen, vorbildlichen Menschen zu machen“ [9], aber sie wurde nicht nach demokratischen Prinzipien gewählt [10], kennt keine Gewaltenteilung und ist dadurch mit westlichen Werten kaum vergleichbar [13]. Wenn ein Bürger durch Punkteabzug Nachteile erhält, trifft das auch seine Familie und Freunde [9]. Weiterhin gibt es viele Bürger, die keine Kreditkarte nutzen und kein Auto oder Haus besitzen, von denen deshalb weniger Inputfaktoren gesammelt werden, was zu einer unsicheren Datenlage führt [3]. Eine potentielle Gefahr ist die Bildung von Monopolen durch fehlende Konkurrenz. Gerade Korruption, die durch SCS verhindert werden soll, kann dabei wieder aufkommen [13].

### 3. Überprüfung des SCS nach Art. 9 DSGVO

Grundsätzlich gilt in Deutschland, dass alle persönlichen Daten einer natürlichen Person nachvollziehbar verarbeitet werden müssen, eine „Zweckbindung“ haben müssen und die Anzahl der erhobenen Daten auch dem Zweck angemessen sein muss. Außerdem müssen alle Daten korrekt und vollständig sein und dürfen nur für die erforderliche Zeit gespeichert werden. Die „Sicherheit der personenbezogenen Daten“ muss gewährleistet werden [Art. 5 (1) DSGVO]. Die Einwilligung der Person sollte dabei erfolgt sein [Art. 6 (1) a) DSGVO].

Art. 9 (1) der DSGVO untersagt die Verarbeitung von Daten aus denen Erkenntnisse über folgende Sachverhalte einer natürlichen Person getroffen werden können:

- „rassische und ethnische Herkunft“
- „politische Meinungen“
- „religiöse oder weltanschauliche Überzeugungen“
- „Gewerkschaftszugehörigkeit“

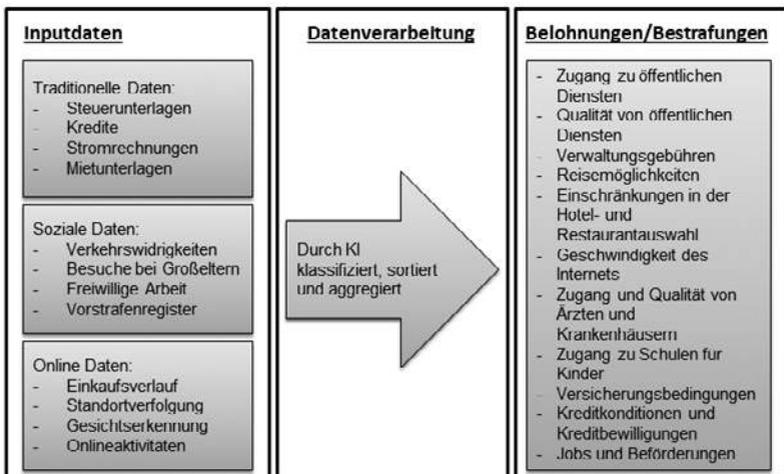


Abbildung 1: vereinfachte Darstellung des Ablaufs im SCS  
(eigene Darstellung nach [3], [10], [2]).

Weiterhin dürfen keine „genetischen Daten, biometrischen Daten zur eindeutigen Identifizierung einer natürlichen Person, Gesundheitsdaten oder Daten zum Sexualleben oder der sexuellen Orientierung einer natürlichen Person“ verarbeitet werden [Art. 9 (1) DSGVO]. Eine Ausnahme besteht lt. Art. 9 (2), wenn die Person ausdrücklich einwilligt [Art. 9 (2) DSGVO].

Social Scoring ist also möglich, wenn die Einwilligung der Person vorliegt. Die Sammlung aller Daten, kollidiert jedoch mit dem Prinzip der Datenminimierung.

Unternehmen wollen jedoch nur mit kreditwürdigen Kunden Verträge abschließen. Daher sollte eine geeignete Bonitätsprüfung erlaubt sein. Die Datenverarbeitung wird schwieriger zu vertreten, je detaillierter die Profilbildung ist [10].

Um die Rahmenbedingungen der DSGVO zu spezifizieren, wurde § 31 BDSG eingeführt. Danach dürfen nur Daten gesammelt werden, „die zur Berechnung des Wahrscheinlichkeitswerts genutzten Daten unter Zugrundelegung eines wissenschaftlich anerkannten mathematisch-statistischen Verfahrens nachweisbar für die Berechnung der Wahrscheinlichkeit des bestimmten Verhaltens erheblich sind“ [§ 31 (1) BDSG]. Somit müssen die Daten relevant für die Berechnung des Scores sein und der Score darf nicht willkürlich zustande kommen [12].

#### 4. Verhaltensbasierte Versicherungen

Verhaltensbasierte Versicherungen in Deutschland werden kontrovers diskutiert [11].

Bei Krankenversicherungen werden u.a. auch Wearables zur Datensammlung eingesetzt. Bereits 2016 hatte ein Drittel der Deutschen ein Gerät, um ihre Gesundheitsdaten aufzuzeichnen. Einige Krankenversicherungen haben Bonusprogramme, die diese Daten nutzen und ihre Kunden mit Gutscheinen belohnen [11]. Wearables können u.a. den Puls messen, die Bewegung und das Schlafverhalten aufzeichnen sowie Kalorien zählen. Die Daten werden mithilfe einer Software ausgewertet und können in sozialen Netzwerken geteilt werden. Mithilfe von Wearables können Sportler „Self-Tracking“ betreiben und Patienten könnten zuhause durch Ärzte überwacht werden [6].

Ein Vorteil von verhaltensbedingten Versicherungen ist, dass die Versicherungen Daten sammeln, mit denen sie bestimmen könnten, wer in Zukunft ein Versicherungsfall wird [1]. Wearables können genutzt werden, um an Medikamenteneinnahmen zu erinnern oder Medikamentenverträglichkeitsprüfungen vorzunehmen [11].

Aber wäre es bei Versicherungen nicht gerechter, wenn der zu zahlende Betrag des Versicherten auch von seinem Verhalten abhängig wäre? Oder sollte das Prinzip der Solidargemeinschaft an dieser Stelle mehr wiegen?

Krankenversicherungen haben das Ziel die Gesundheit ihrer Kunden zu fördern, um Kosten im Gesundheitswesen zu vermeiden. Darüber hinaus werden u.a. gemeinnützige Projekte wie Blut- und Organspenden belohnt. Bei der Berechnung eines Scores muss die Gewichtung der Faktoren eine Rolle spielen. Dies sollte nach wissenschaftlicher Evidenz erfolgen und gesellschaftlich erörtert werden, sodass der Nachweis einer Gesundheitsförderung gegeben ist. Viele Versicherungen haben jedoch keine oder eine willkürliche Gewichtung. Außerdem sollte auch in diesem Fall die Scoreberechnung nachvollziehbar sein. Eine Diskriminierung von Kranken ist sonst nicht ausgeschlossen, da diese Personengruppe z.B. unverschuldet weniger sportliche Aktivität vorweisen kann. Weiterhin muss der Versicherte die Wahl haben, ob er seine Daten teilen will. Daraus darf ihm kein Nachteil entstehen [Wag19]. Darüber hinaus ist die Speicherung und Übertragung der Daten angreifbar. Diese dürfen nicht durch Dritte einsehbar sein [6].

## 5. Fazit

Das chinesische Recht erlaubt die Aufzeichnung von Smartphone- und Computeraktivitäten [10]. Nach Maamar könnte Social Scoring besonders erfolgreich sein, wenn es auf ein System mit positiven Anreizen setzt [10]. Hierbei spielt die Gamification eine große Rolle. Sie soll den Nutzer motivieren den Punktestand zu erhöhen [8]. Auch andere Länder nutzen SCS, z.B. die USA, die Social-Media Profile zur Bewertung von Visa-Anträgen heranzieht [10]. Darüber hinaus sind bereits weitere Einsatzgebiete von SCS erkennbar, z.B. Datingwebsites und Einstellungspotentiale [13].

In Deutschland sind SCS schwierig umsetzbar, da die Transparenz der Algorithmen und eine Zuverlässigkeit der Inputdaten noch nicht gegeben ist. Weiterhin gibt es eine Reihe von rechtlichen Begrenzungen [5].

## 6. Literaturverzeichnis

- [1] arzteblatt.de: Spahn appelliert an Bevölkerung, Gesundheitsdaten für Forschung freizugeben. <https://www.aerzteblatt.de/nachrichten/102368/Spahn-appelliert-an-Bevoelkerung-Gesundheitsdaten-fuer-Forschung-freizugeben> (letzter Aufruf: 21.10.2020), 2019.
- [2] Bach, J.: The red and the black: China's social credit experiment as a total test environment. In: *British Journal of Sociology*, London 2020.
- [3] Barrios, L.: *Origins and Perceptions of the Chinese Social Credit System*. Duke University, Durham 2020.
- [4] Benrath, B.; Bartsch, B.: Punktabzug für zu seltene Besuche bei den Eltern. <https://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/infografik-chinas-sozialkredit-system15913709.html> (letzter Aufruf: 17.01.2020), 2018.
- [5] Bundesministerium für Justiz und Verbraucherschutz: Social Scoring – Auf dem Weg in die gläserne Gesellschaft. [https://www.bmjv.de/SharedDocs/Artikel/DE/2019/031419\\_OpenCodes.html](https://www.bmjv.de/SharedDocs/Artikel/DE/2019/031419_OpenCodes.html) (letzter Aufruf: 12.01.2021), 2019.
- [6] Braun, M.; Nürnberg, V.: Verhaltensbasierte Versicherungstarife – innovative E-Health-Initiative oder Ausstieg aus der Solidargemeinschaft?. In: *G&S Gesundheits- und Sozialpolitik*, Berlin 2015.
- [7] Eschholz, S.: Big Data-Scoring unter dem Einfluss der Datenschutz-Grundverordnung. In: *Datenschutz und Datensicherheit - DuD*, <https://link.springer.com/article/10.1007/s11623-017-0752-9> (letzter Aufruf: 15.01.2021), 2017.
- [8] Kühnenreich, K.: Soziale Kontrolle 4.0? In: *Blätter für deutsche und internationale Politik*, Berlin 2018.
- [9] Lippold, M.: Was ist das Sozialkreditsystem?. Wie China seine Bürger überwachen will. <https://www.n-tv.de/politik/Wie-China-seine-Buerger-ueberwachen-will-article21359017.html> (letzter Aufruf: 17.01.2020), 2019.
- [10] Maamar, N.: Social Scoring - Eine europäische Perspektive auf Verbraucher-Scores zwischen Big Data und Big Brother. In: *Computer und Recht Zeitschrift für die Praxis des Rechts der Informationstechnologie*, [https://www.docs-crids.eu/index.php?lvl=bulletin\\_display&id=4937](https://www.docs-crids.eu/index.php?lvl=bulletin_display&id=4937) (letzter Aufruf: 15.01.20 21), 2018.
- [11] Schmedt, M.: Fitness-Tracker: Der Datenhunger wächst. <https://www.aerzteblatt.de/archiv/174975/Fitness-Tracker-Der-Datenhunger-waechst> (letzter Aufruf: 10.01.2021), 2016.
- [12] Siemons, M.: Chinas Sozialkreditsystem. Die totale Kontrolle. [https://www.faz.net/aktuell/feuille\\_ton/debatten/chinas-sozialkreditsystem-die-totale-kontrolle-15575861.html](https://www.faz.net/aktuell/feuille_ton/debatten/chinas-sozialkreditsystem-die-totale-kontrolle-15575861.html) (letzter Aufruf: 17.01.2020), 2018.
- [13] Síthigh, D.; Siems, M.: The Chinese social credit system: A model for other countries?. *EUI Working Paper LAW 2019/01*, San Domenico di Fiesole 2019.

## **Und was ist mit mir? Geschwister von chronisch kranken und/oder behinderten Personen.**

Jagla, M.

Hampel, P. & Franke, G.H.

E-Mail: melanie.jagla@h2.de

### **Kurzfassung:**

Die Retroperspektive auf Belastungen, Ressourcen und Auswirkungen von Geschwistern von Personen mit chronischer Erkrankung und/oder Behinderung sind bisher kaum im Fokus der Forschung. Die vorliegende Studie vergleicht Geschwister von Personen mit Erkrankungen und/ oder Behinderungen sowie einer nach Soziodemografie parallelisierten Kontrollgruppe von Geschwistern Gesunder. Die Index-Geschwister wiesen signifikant höhere Werte hinsichtlich der Belastungen und Ressourcen auf. Auch eine differenzierte Betrachtung nach Erkrankung vs. Behinderung zeigte, dass Geschwister von Personen mit Behinderungen höhere Werte hinsichtlich der Belastungen, Ressourcen und Auswirkungen beschrieben. Diese vorliegenden Ergebnisse sollten bei der Planung von Interventionen berücksichtigt werden.

### **Hintergrund und Ziel**

Geschwisterbeziehungen sind Primärbeziehungen und in den meisten Fällen die am längsten andauernden zwischenmenschlichen Beziehungen. Aspekte, die für die Geschwisterbeziehung von Belang sind, werden unter den Begriffen Bindung, Identifikationsmuster, Loyalität und Rivalität beschrieben; sie sind abhängig von Alter, Geschwisterreihenfolge, Anzahl der Geschwister, ökonomischen und kulturellen Faktoren [1]. Laut Hackenberg ist die Geschwisterbeziehung gekennzeichnet durch die Verteilung der elterlichen Aufmerksamkeit [2]; hier entsteht vor allem dann ein Ungleichgewicht, wenn ein Kind aufgrund einer chronischen Erkrankung und/ oder Behinderung mehr Aufmerksamkeit benötigt. Das Aufwachsen mit einem chronisch kranken und/ oder behinderten Geschwister kann, nach dem Risiko- und Schutzfaktor-Modell [3], negative (psychische Belastung, verminderte Lebensqualität) und positive (höheres Einfühlungsvermögen) Folgen für das gesunde Geschwisterkind haben [4, 5]. Tröster [6, S. 106] verweist darauf, dass „Geschwister von Kindern mit chronischen Krankheiten oder Behinderungen mit erhöhten Belastungen konfrontiert werden, ob damit eine Gefährdung einhergeht und wie groß das Risiko für Entwicklungs- oder Verhaltensprobleme zu veranschlagen ist, bleibt jedoch unklar [...]“. Um dieses Risiko zu reduzieren, müssen passende, d.h. altersgerechte, Interventionen entwickelt werden. Hierfür müs-

sen die Belastungen und die Ressourcen der Geschwister aus deren subjektiver Sicht bekannt sein.

Das Ziel der vorliegenden Studie war es daher, retrospektiv wahrgenommene Belastungen, Ressourcen und Auswirkungen im Leben von jugendlichen und erwachsenen Geschwistern chronisch kranker und/oder Behinderter zu erfassen und mit einer Kontrollgruppe zu vergleichen.

## **Methode**

Für die Studie wurde ein sequentieller mixed-methods-Ansatz mit Fokus auf quantitativer Methodik gewählt [7]. Im ersten Schritt wurden problemzentrierte Interviews mit elf Geschwistern durchgeführt und mit Hilfe der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring [8] ausgewertet. Aus den Antworten der Geschwister wurden Items für einen Fragebogen zur Erfassung retrospektiv wahrgenommener Belastungen, Ressourcen und Auswirkungen (FEBRA) entwickelt, dieser wurde psychometrisch geprüft. Im zweiten Schritt wurde er bei betroffenen Geschwistern und einer Kontrollgruppe eingesetzt. Zur Prüfung der Mittelwertdifferenzen kamen uni- und multivariate Varianzanalysen zum Einsatz.

## **Ergebnisse**

Stichprobenbeschreibungen: In der qualitativen Studie wurden elf jetzt erwachsenen Geschwister untersucht, die 26.4 Jahre alt (SD=10.7, range: 18-54; n= 10 weiblich) waren. In der aufbauenden quantitativen Studie wurde eine Gesamtstichprobe von N=1000 Geschwistern befragt. Sie waren durchschnittlich 28.5 Jahre alt (SD=10.7, range: 13-80), 81% waren weiblich. In der Gesamtstichprobe befanden sich n=290 Geschwister von Personen mit einer chronischen Erkrankung und/ oder Behinderung. Diese Gruppe unterschied sich in verschiedenen soziodemografischen Merkmalen statistisch signifikant von den n=710 Personen, so dass hier eine Parallelisierung vorgenommen wurde. Die 290 Geschwister sowie die parallelisierte Kontrollgruppe waren 30.9 Jahre alt (SD=11.2, range: 13-70), 78% waren weiblich.

Die psychometrische Prüfung des FEBRA in der Geschwister-Stichprobe zeigte gute Reliabilitätskoeffizienten (Belastungen  $\alpha=.87$ , Ressourcen  $\alpha=.83$ , Auswirkungen  $\alpha=.87$ ) sowie erste Hinweise auf konvergente Validität.

Beantwortung der Forschungsfrage: Die simultane Prüfung von Belastungen, Ressourcen und Auswirkungen zeigte, dass die Geschwister signifikant höhere Belastungen ( $\eta^2=0.11$ ) und Ressourcen ( $\eta^2=.01$ ) berichteten als die parallelisierte Kontrollgruppe. Eine differenziertere Prüfung bezog sich auf Unterschiede zwischen Altersgruppen und Unterschiede zwischen Geschwister von Personen mit chronischen Erkrankungen und Geschwistern von Personen mit Behinderungen. Hier zeigte sich, dass die älteren

Geschwister (>35 Jahre) statistisch signifikant höhere Mittelwerte als die jüngeren (13-23, 24-34 Jahre) bei der Skala Ressourcen ( $\eta^2=0.03$ ) aufwiesen. Und dass sich bei allen drei FEBRA-Skalen statistisch signifikante Mittelwertunterschiede fanden; Geschwistern von Menschen mit Behinderungen ( $n=206$ ) beschrieben im Vergleich zu Geschwistern von Menschen mit chronischen Erkrankungen ( $n=84$ ) durchgängig höhere Werte (Belastungen  $\eta^2=0.07$ , Ressourcen  $\eta^2=0.10$ , Auswirkungen  $\eta^2=0.06$ ). In Tabelle 1 sind alle Ergebnisse detailliert dargestellt.

Tabelle 1: Deskriptive und F-Statistik der FEBRA-Skalen in der Index- und der Vergleichsgruppe sowie in Altersgruppen und in nach Erkrankung und Behinderung der Geschwister differenzierten Gruppen

Gruppen	Belastungen	Ressourcen	Auswirkungen
Geschwister vs. Vergleichsgruppe: MANOVA: $F(3,576)=29.68$ , $p<.001$ , $\eta^2=0.13$			
Geschwister ( $n=290$ )	$8.82 \pm 7.05$	$13.12 \pm 4.91$	$18.43 \pm 5.65$
Vergleich ( $n=290$ )	$4.46 \pm 5.13$	$12.73 \pm 4.52$	$17.62 \pm 5.93$
Prüfung	$F=72.31$ , $p<.001$ , $\eta^2=0.11$	$F=4.46$ , $p=.035$ , $\eta^2=0.01$	$F=1.90$ , $p=.169$
Altersgruppen: MANOVA: $F(6, 572)=2.40$ , $p=.027$ , $\eta^2=0.03$			
13-23 Jahre ( $n=93$ )	$7.60 \pm 6.85$	$13.73 \pm 5.15$	$18.30 \pm 6.88$
24-34 Jahren ( $n=113$ )	$9.04 \pm 7.38$	$13.61 \pm 4.55$	$19.16 \pm 6.59$
>35 Jahre ( $n=84$ )	$9.86 \pm 6.69$	$11.79 \pm 4.91$	$17.30 \pm 6.39$
Prüfung	$F=2.38$ , $p=0.095$	$F=4.49$ , $p=.012$ , $\eta^2=0.03$	$F=1.90$ , $p=0.151$
Geschwister von Personen mit Erkrankung vs. Geschwister von Personen mit Behinderung: MANOVA: $F(3,286)=20.92$ , $p<.001$ , $\eta^2=0.18$			
Erkrankung	$5.86 \pm 7.05$	$10.69 \pm 5.60$	$15.83 \pm 7.54$
Behinderung	$10.02 \pm 7.23$	$14.11 \pm 4.23$	$19.37 \pm 5.97$
Prüfung	$F=22.38$ , $p<.001$ , $\eta^2=0.07$	$F=32.07$ , $p<.001$ , $\eta^2=0.10$	$F=17.85$ , $p<.001$ , $\eta^2=0.06$

## Diskussion:

Geschwister von chronisch kranken und / oder behinderten Menschen wurden in einem mixed-methods-design hinsichtlich des Aufwachsens mit ihrem erkrankten/ behinderten Geschwister untersucht. Hierfür wurden aus den Interviews Items für einen Fragebogen entwickelt und dieser wurde nachfolgend eingesetzt, um die Belastungen, Ressourcen und Auswirkungen retrospektiv zu erfassen.

Geschwister von Personen mit chronischer Erkrankung und/oder Behinderung berichten in einer retrospektiven Fragebogenstudie signifikant mehr Belastungen, aber auch Res-

sourcen als Geschwister von Gesunden. Geschwister von Menschen mit Behinderungen beschreiben im Vergleich zu Geschwistern von Menschen mit chronischen Erkrankungen mehr Belastungen, Ressourcen und Auswirkungen. Geschwister von Personen mit chronischer Erkrankung und/ oder Behinderung gehören daher zu einer gefährdeten Gruppe, der eine primär präventive Unterstützung angeboten werden sollte. Angebote für Kinder und Jugendliche, wie z.B. das Programm Supporting Siblings [9] liegen vor und zeigen erste Erfolge [10, 11]. Für betroffene erwachsene Geschwister existieren bisher keine (evaluierten) Interventionen. Die vorliegenden Ergebnisse – vor allem die dargestellten Untergruppenunterschiede – sollten bei der Entwicklung von Programmen zur Unterstützung berücksichtigt werden.

## Literatur:

- [1] Bruns, S. (2008). Geschwister behinderter Menschen und ihre psychosoziale Situation. Eine Aufgabe für die Soziale Arbeit? Saarbrücken: Verlag Dr. Müller.
- [2] Hackenberg, W. (2008). Geschwister von Menschen mit Behinderung – Entwicklung, Risiken, Chancen. München: Ernst Reinhardt Verlag.
- [3] Scheithauer, H. & Petermann, F. (1999). Zur Wirkungsweise von Risiko- und Schutzfaktoren in der Entwicklung von Kindern und Jugendlichen. *Kindheit & Entwicklung*, 6, 3-14.
- [4] Sharpe, D. & Rossiter, L. (2001). The siblings of individuals with mental retardation: A quantitative integration of the literature. *J Child Fam Stud.*, 10, 65-84.
- [5] Sharpe, D. & Rossiter, L. (2002). Siblings of children with a chronic illness: A meta-analysis. *J Pediatr Psychol*, 27, 699-710.
- [6] Tröster, H. (2013): Geschwister chronisch kranker Kinder und Jugendlicher. In: Pinquart M. (Hrsg.) Wenn Kinder und Jugendliche körperlich chronisch krank sind (S. 101-117). Berlin: Springer.
- [7] Onwuegbuzie, A.J., Bustamante, R.M. & Nelson, J.A. (2010). Mixed research as a tool for developing quantitative instruments. *Journal of Mixed Methods Research*, 4(1), 56-78.
- [8] Mayring, P. (2015). Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken (12., überarbeitete Auflage). Weinheim: Beltz.
- [9] Kowalewski, K. et al. (2017). SuSi. Supporting Siblings. Der Präventionskurs für Geschwister chronisch kranker, schwerkranker und/ oder behinderter Kinder. Handbuch mit Arbeitsmaterialien (2., überarbeitete Auflage). Augsburg: Bundesverband Bunter Kreis e.V.
- [10] Kowalewski, K. et al. (2014). Supporting Siblings. Evaluation eines Lebenskompetenztrainings für Geschwister von chronisch kranken und/ oder behinderten Kindern. *Zeitschrift für Prävention und Gesundheitsförderung*, 9, 312-320.
- [11] Langner, J. et al. (2016). Supporting Siblings – Weitere Befunde des Lebenskompetenztrainings für gesunde Geschwister chronisch kranker und/ oder behinderter Kinder. *Pädiatrische Praxis*, 87(1), 69-78.

## **Existenzgründung als umfassende Hochschulaufgabe: Rahmenbedingungen, Herausforderungen und konzeptionelle Ansätze am Beispiel der Hochschule Harz**

Klein, S. A.

Hochschule Harz, Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Wernigerode

E-Mail: sklein@hs-harz.de

### **Kurzfassung**

Regionale Akteure sehen sich bei ihren Bemühungen, die Wirtschaft zu stärken, neue Unternehmen anzusiedeln und Existenzgründungen zu unterstützen, vor zahlreiche Herausforderungen gestellt. Hochschulen sind Teil dieser Akteurslandschaft und nehmen eine wichtige Rolle an der Schnittstelle zwischen Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft ein. In den vergangenen Jahren wurde verstärkt über den Bereich der „Third Mission“, den Transfer von Wissen, Technologien und/oder Personen gesprochen, über den Hochschulen sehr direkt an der Regionalentwicklung beteiligt sind. Eine besonders interessante Variante des Transfers ist die Gründung eines spin-off durch Hochschulangehörige. Auf den folgenden Seiten wird beleuchtet, wie spin-offs entstehen können, welche Rolle sie in der Wirtschaft und Regionalentwicklung spielen, und was Hochschulen zur Förderung und Verstetigung einer Gründungskultur beitragen können.

### **1. Einführung: Existenzgründung als Hochschulaufgabe**

Deutschland sieht sich wirtschaftlich und gesellschaftlich vor große Herausforderungen gestellt. Sogenannte raumwirksame Megatrends wie z.B. die Globalisierung und der demografische Wandel, aber auch die aktuelle Covid-19-Pandemie, sorgen für unaufhaltsame Veränderungen [1]. Hochschulen, die Teil von Gesellschaft und Wirtschaft sind, könnten dies durch geringere Studierendenzahlen und eine Veränderung in der Nachfrage von Bildungsangeboten spüren [2]. Langfristig könnte dies Hochschulstandorte gefährden, besonders kleinere Hochschulen in ländlich geprägten Räumen [3]. Um den Auswirkungen der Megatrends zu begegnen, wird verstärkt Wert auf das Engagement der HS gelegt: Zu Lehre und Forschung (der *First* und *Second Mission*) kommt der Transfer als *Third Mission* [4]. Die Hochschule hat eine „Antennenfunktion“ und stellt das Wissen globaler Wissensströme den in ihrer Region ansässigen Akteuren zur Verfügung [5]. Dieser Beitrag stellt eine besondere Art des Transfers heraus: Die Existenzgründung aus einer HS, ein sog. akademisches spin-off [6]. Um ihrer Rolle als Katalysator für Unternehmensgründungen gerecht zu werden, muss sich eine Hochschule verschiedenen Herausforderungen stellen. Daher lautet die Forschungsfrage:

*Was muss eine Hochschule tun, um eine Gründungskultur zu etablieren und ihre Ausgründungen zu verstetigen?*

## 2. Methodologie

Zur Bearbeitung wurde ein Mixed-Methods-Ansatz angewandt. Im ersten Schritt wurde quantitativ und sekundärempirisch vorgegangen, d.h. es wurde „auf vorhandene Daten anderer Forscher zurückgegriffen, die für die eigenen wissenschaftlichen Zwecke ausgewertet und interpretiert werden“ [7]. Als Basisdatensatz wurde der Gründungsradar des Stifterverbandes für die Deutsche Wissenschaft e.V. aus den Jahren 2016 und 2018 verwendet. Er „vergleicht Hochschulprofile in der Gründungsförderung“ [8], indem die Angebote der Hochschulen in einer freiwilligen Umfrage erfasst und ausgewertet werden. Aufgrund des Umfangs (n=191) [9] wurde eine Stichprobe gewählt, u.a. anhand der Position der Hochschule unter den Top 10 in der jeweiligen Kategorie (klein, mittel, groß), ob diese Position im Vergleich zum vorigen Ranking gehalten oder verbessert wurde, sowie dem Ausschluss von Film- oder Kunsthochschulen. Die Stichprobe wurde mittels eines Webscreenings auf ihre Gründungsaktivitäten untersucht. Die Aktivitäten wurden anschließend in einem Angebotskatalog gelistet. Für den zweiten Teil der Methodik wurde primärempirisch vorgegangen, d.h. es wurden eigene Daten erhoben [10]. Über die Kontakte der HS Harz im Bereich Wirtschaftsförderung und Existenzgründung wurden Gesprächspartner für leitfadengestützte Interviews gewonnen. Die Gespräche drehten sich dabei um die individuelle Einstellung zum Thema Gründen, eventuell vorhandene persönliche Erfahrungen sowie Wünsche und Ideen, wie Gründungsförderung, insbesondere an Hochschulen, besser gestaltet werden könnte. Die Interviews wurden mithilfe der Software MAXQDA ausgewertet. Auch hier war letztlich die Häufigkeit der Nennung einer Aktivität entscheidend.

## 3. Empirische Untersuchung

Die Auswertung der Untersuchungsergebnisse aus Abschnitt 2 war sehr aufschlussreich im Hinblick auf beliebte Unterstützungsangebote für potenzielle Existenzgründer\*innen. Die Ergebnisse des Webscreenings lassen klare Vorlieben im Bereich der Gründungsförderung an Hochschulen erkennen, wie Tabelle 1 zeigt:

Tabelle 1: Ergebnisse des Webscreenings (Quelle: Eigene Darstellung)

Angebot	Häufigkeit der Nennung
Alumni-Netzwerk	35
Zentrale Anlaufstelle bzw. allg. Gründungsberatung	34
Beratung zu Förderprogrammen	33
Vorträge, Seminare, Workshops	32

Ein Alumni-Netzwerk zählt nicht primär zur Gründungsunterstützung, kann aber für den Aufbau eines Netzwerks für die weitere Geschäftstätigkeit von Bedeutung sein. Die zentrale Anlaufstelle (räumlich und/oder strukturell verankert) erleichtert die Kontaktaufnahme, schafft eine klare Struktur und steigert die Sichtbarkeit der Gründungsberatung auf dem Campus. Die allgemeine Gründungsberatung ist essenziell, um möglichst viele Menschen zu erreichen, denn die einzelnen Beratungsfälle sind sehr divers. Nicht nur bereits bestehende Gründerteams möchten beraten werden, sondern auch Einzelpersonen ohne konkrete Idee, die sich einfach nur für ihre Optionen interessieren. Als spezielle Art der Beratung ist die Hilfe bei der Fördermittelsuche zu sehen: Ohne entsprechende Finanzierung ist eine Existenzgründung kaum zu bewerkstelligen, und in den meisten Fällen reichen eigene finanzielle Rücklagen der Gründer (falls vorhanden) nicht aus. Deshalb sind Auskünfte über Stipendien, Kredite und sonstige Fördermittel essenziell, um die Gründung möglich zu machen. Ebenfalls erwähnenswert unter den beliebtesten Dienstleistungen sind Vorträge, Seminare und Workshops. Insgesamt liegt der Schwerpunkt deutscher HS also im Bereich allgemeiner Gründungslehre und Erstberatung sowie bei diversen Veranstaltungsformaten für Weiterbildung und Networking. Die leitfadengestützten Experteninterviews bestätigten die Eindrücke des Webscreenings. Vor allem die Bereiche der Gründungsberatung, praktischen Gründungsunterstützung und akademischen Gründerlehre spielten für die Befragten eine Rolle. Eine Ergänzung ist die Zusammenarbeit mit anderen Institutionen, die zur Infrastruktur einer Gründungsberatung gezählt wird. Aufschlussreich ist die Nennung dieses Subcodes deshalb, weil sie zeigt, dass die Gesprächspartner die Bedeutung von Kooperationen für das Entstehen eines Gründungsökosystems erkannt haben.

Tabelle 2: Ergebnisse der Interviews (Quelle: Eigene Darstellung)

<b>Code</b>	<b>Obercode /Subcode</b>	<b>Häufigkeit</b>
Gründungsberatung	Obercode	47
Zusammenarbeit mit anderen Institutionen	Subcode (Förderangebote und Infrastruktur)	36
Praktische Gründungsunterstützung	Obercode	24
Akademische Gründungslehre	Obercode	20
Vorträge, Seminare, Workshop	Subcode (Praktische Gründungsunterstützung)	20
Praxiserfahrung	Obercode ohne Subcodes	18
Regionalentwicklung und Cluster	Obercode ohne Subcodes	14
Mentoring, Coaching und Business-Angel-Programme	Subcode (Praktische Gründungsunterstützung)	14
Beratung über Förderprogramme	Subcode (Gründungsberatung)	11
Allgemeine Gründungsberatung	Subcode (Gründungsberatung)	11

Weitere Entdeckungen können durch die Analyse weiterer Subcodes gemacht werden. Die Nennung des Subcodes „Allgemeine Gründungsberatung“ ist nicht überraschend, da die Mehrheit der Gründungsberatungen, ob an HS oder bei Wirtschaftsförderungen, ein solches Einstiegsformat anbieten. Die „Beratung über Förderprogramme“, ebenfalls ein Basisangebot, schließt daran meistens an und versucht, die Hürde der Finanzierung zu überbrücken. Die Gespräche ergaben, dass diverse Stipendien sehr häufig genutzt wurden. Nur eine der befragten Personen gab an, Ersparnisse für die Gründung genutzt zu haben. Daraus ist zu schließen, dass eine Steigerung der Ausgründung aus Hochschulen nur dann zu erreichen ist, wenn man den Gründungswilligen finanzielle Unterstützung in Aussicht stellt. Weitere Unterstützung in Form von Vorträgen, Seminaren, oder Workshops ist Bestandteil praktischer Unterstützung und Weiterbildung für Gründer\*innen. Vor allem die Befragten aus Wirtschaftsförderungseinrichtungen gaben an, Workshops zur Optimierung einer Geschäftsidee oder auch zur Gewinnung von Kapitalgebern anzubieten. Bei den Wirtschaftsfördereinrichtungen geht ein solches Programm oftmals Hand in Hand mit einem Coaching oder Mentoring durch erfahrene Unternehmer\*innen. Coachings wurden in den Gesprächen mit gründungsinteressierten Studierenden und Alumni ebenfalls angesprochen; somit stimmen Angebot und Nachfrage einer gezielten und personenbezogenen Betreuung miteinander überein.

#### 4. Handlungsempfehlungen

Die im Rahmen der Datenerhebung ermittelten Wertschöpfungsangebote können in *enabling* und *supporting policies* unterteilt werden. *Enabling policies* betreffen „die Förderung von unternehmerischen Fähigkeiten und der Neigung zu unternehmerischer Selbstständigkeit“; *supporting policies* dienen der „Unterstützung von jungen Unternehmen nach erfolgter Gründung, etwa durch rechtliche Ausnahmeregelungen [...] oder durch direkte Subventionen“ [11]. Aus dieser Unterteilung ergeben sich unterschiedliche konzeptionelle Ansätze. Die Etablierung einer Gründungskultur ist der erste Schritt. Mittel- und langfristig muss jedoch die Verstetigung von Ausgründungen in den Fokus rücken. Um eine Gründungskultur zu etablieren, braucht es ein Basisangebot, welches in Maßnahmen zur Gründungssensibilisierung bzw. -qualifizierung, Gründungsberatung und Gründungsunterstützung unterteilt werden kann.

Tabelle 3: Handlungsempfehlungen für enabling policies (Quelle: Eigene Darstellung)

<b>Gründungssensibilisierung</b>	Website, Orientierungstage, Vortragsreihe/Ringvorlesung
<b>Gründungsqualifizierung</b>	Einführungsveranstaltungen im Bachelor, Studienschwerpunkt Existenzgründung, Pitchtrainings, Workshops
<b>Gründungsberatung- und Unterstützung</b>	Erstberatung, Spezifische Beratungen, z.B. Businessplan, Marketing, Vertrieb, Finanzierung Netzwerkveranstaltungen, z.B. „Fuck-up Nights“, Gründerpreise, uvm.

Um den Einstieg in den Markt zu erleichtern, sind stetige unterstützende Strukturen unabkömmlich. Im Zusammenhang mit Existenzgründung geht es bei einer Verstetigung darum, die dauerhafte Existenz eines Unternehmens zu sichern und es in die Wirtschaft der Region einzugliedern. Dies kann unter drei Gesichtspunkten erfolgen: Erstens die interne Verstetigung, d.h. Etablierung entsprechender Strukturen, zweitens die externe Verstetigung durch lokale Zusammenarbeit und drittens die externe Verstetigung durch regionale Zusammenarbeit.

Tabelle 4: Handlungsempfehlungen zu supporting policies (Quelle: Eigene Darstellung)

<b>Interne Verstetigung</b>	Zentraler Gründungsbereich in der Verantwortung der Hochschulleitung Anpassung der Studiengänge & Aufnahme gründungsrelevanter Themen
<b>Externe Verstetigung</b>	Kooperation mit relevanten Akteuren (z.B. Wirtschaftsförderung, Banken, Agentur für Arbeit, Kammern) [12] Gemeinsame Informationen und Veranstaltungen Eventuell Kooperationsverträge

Die Kooperation erfolgt nach dem Vorbild der *integrierten Wirtschaftsförderung*, bei der „alle Aktivitäten abgestimmt und optimiert sind, zum Vorteil [...] des Standortes insgesamt“ [13]. Kooperationsverträge oder (in)formelle Netzwerke sind ein guter Weg zur Vertiefung der Zusammenarbeit. Zur Eingliederung von Ausgründungen gibt es verschiedene Wege: Erstens kann sich die Förderung von Gründern auf die Schlüsselbranchen der Region konzentrieren und Sorge tragen, dass die Geschäftsidee komplementär zu den bestehenden Unternehmen ist. Zweitens können sich die Gründer selbst in das Ökosystem integrieren. Die erste Variante ist geradlinig, allerdings sollte beachtet werden, dass eine zu starke Eingrenzung der förderwürdigen Geschäftsideen das Risiko birgt, dass andere interessante Ideen missachtet werden. Die zweite Variante hat den Vorteil, dass es nach Porter gerade an der Schnittstelle verschiedener Branchen zu einer Vermischung von Erkenntnissen, Fähigkeiten und Technologien kommt, die zu neuen Innovationen führen können [14]. Letztlich muss jede Hochschule selbst entscheiden. Eine klare Empfehlung kann nur dahingehend ausgesprochen werden, dass mit einer Kerngruppe der vorhandenen Institutionen kooperiert werden sollte.

## 5. Diskussion/Ausblick

Im Bereich der Hochschul-Gründerservices war in jüngster Zeit viel Aufwind zu spüren, wohl auch bedingt durch die Richtlinie „EXIST-Potenziale“ des BMWi aus 2019. Hochschulen mit vielen Angeboten konnten sich neuen Herausforderungen in der Regionalisierung und Internationalisierung ihres Startup-Geschehens widmen, wohingegen kleine, bisher wenig aktive HS die Möglichkeit bekamen, einen Gründungsbe- reich aufzubauen. Letztere stehen im Fokus der Handlungsempfehlungen in Kapitel 4.

Insbesondere die *enabling policies* zur Schaffung eines Basisangebots können auch ohne signifikante finanzielle Unterstützung umgesetzt werden, insofern engagierte Hochschulangehörige dahinterstehen. Ähnliches gilt für die *supporting policies* zur Schaffung eines Gründungsökosystems – auch hier kommt es vor allem auf motivierte Netzwerker an. Letztlich ist das Ziel der Gründungsarbeit an Hochschulen jedoch, neue Unternehmen (insbesondere akademische spin-offs) hervorzubringen. An dieser Stelle sind die Auswirkungen der Covid-19-Pandemie zu spüren, welche nicht nur die Arbeitswelt in Deutschland, sondern auch den individuellen Arbeitsalltag oder die Ausbildung verändern. Erstens steigt die Wahrscheinlichkeit einer Selbstständigkeit aus Notwendigkeit, wenn Absolvent\*innen keine adäquate Beschäftigung im Rahmen eines Angestelltenverhältnisses finden. Die so entstehenden Unternehmensgründungen bieten möglicherweise nicht die oft gewünschten disruptiven Innovationen, sollten aber durch die Gründungsbereiche der Hochschulen unterstützt werden. Die pandemiebedingte Einschränkung direkter Kontakte sorgt für eine zweite Dynamik, und zwar die Notwendigkeit abgewandelter oder neuer Geschäftsmodelle. Der e-commerce als zweites Standbein für den Einzelhandel ist sicherlich die bekannteste Version digitaler Geschäftsmodelle, es gibt jedoch noch viele weitere Möglichkeiten, die junge Unternehmen für sich entdecken können. Gerade in einer Zeit wirtschaftlicher Unsicherheit spielt die Förderkulisse für Gründer\*innen eine essentielle Rolle. Auch hier können die Hochschul-Gründungsservices unterstützen, da sie mit spezifischen Programmen wie dem EXIST-Gründungstransfer oder die ego.-Förderung der Investitionsbank Sachsen-Anhalt vertraut sind. Programme wie *Interreg DelFin* [15] fokussieren sich auf spezifische Bedarfe wie z.B. im Bereich der Social Entrepreneurship.

In den folgenden Monaten bleibt abzuwarten, wie sich das Gründungsgeschehen in Deutschland entwickelt. Die Aktivitäten der Hochschul-Gründungsbereiche können dabei als erster Marker gesehen werden, daher ist es umso wichtiger, dass gründungsinteressierte Studierende auch unter Pandemiebedingungen weiterhin Unterstützung erfahren. Auf höherer Ebene sollte seitens der Politik Sorge getragen werden, dass Selbstständige in der Pandemie nicht allein gelassen werden.

## 6. Literaturverzeichnis

- [1] LAHNER, JÖRG UND NEUBERT, FRANK: Einführung in die Wirtschaftsförderung. Grundlagen für die Praxis. Springer Gabler Verlag, Wiesbaden (2016), S. 14.
- [2] FRITSCH, MICHAEL; PASTERNAK, PEER & TITZE, MIRKO (HRSG.) Schrumpfende Regionen – dynamische Hochschulen. Hochschulstrategien im demografischen Wandel. Springer Gabler Verlag, Wiesbaden (2015): S. 60.
- [3] FRITSCH, MICHAEL; PASTERNAK, PEER & TITZE, MIRKO (HRSG.) Schrumpfende Regionen – dynamische Hochschulen. Hochschulstrategien im demografischen Wandel. Springer Gabler Verlag, Wiesbaden (2015): S. 59.

- [4] FRITSCH, MICHAEL; PASTERNAK, PEER & TITZE, MIRKO (HRSG.) Schrumpfende Regionen – dynamische Hochschulen. Hochschulstrategien im demografischen Wandel. Springer Gabler Verlag, Wiesbaden (2015): S. 84.
- [5] FRITSCH, MICHAEL; PASTERNAK, PEER & TITZE, MIRKO (HRSG.) Schrumpfende Regionen – dynamische Hochschulen. Hochschulstrategien im demografischen Wandel. Springer Gabler Verlag, Wiesbaden (2015): S. 85.
- [6] FRITSCH, MICHAEL: Entrepreneurship. Theorie, Empirie, Politik. Springer Gabler Verlag, Wiesbaden (2016): S. 11.
- [7] TOEPFER, ARMIN: Erfolgreich Forschen. Ein Leitfaden für Bachelor-, Master-Studierende und Doktoranden. Springer Gabler Verlag, Wiesbaden (2012): S. 187.
- [8] STIFTERVERBAND FÜR DIE DEUTSCHE WISSENSCHAFT E.V. (2021): Gründungsradar. Online verfügbar unter <http://www.gruendungsradar.de> . Zuletzt abgerufen am 26.01.2021.
- [9] STIFTERVERBAND FÜR DIE DEUTSCHE WISSENSCHAFT E.V. (2021a): Ausführliche Methodik Gründungsradar 2018. Online verfügbar unter <http://gruendungsradar.de/download/file/fid/203>. Zuletzt abgerufen am 26.01.2021.
- [10] TOEPFER, ARMIN: Erfolgreich Forschen. Ein Leitfaden für Bachelor-, Master-Studierende und Doktoranden. Springer Gabler Verlag, Wiesbaden (2012): S. 187.
- [11] FRITSCH, MICHAEL: Entrepreneurship. Theorie, Empirie, Politik. Springer Gabler Verlag, Wiesbaden (2016), S. 143.
- [12] LAHNER, JÖRG UND NEUBERT, FRANK: Einführung in die Wirtschaftsförderung. Grundlagen für die Praxis. Springer Gabler Verlag, Wiesbaden (2016), S. 41.
- [13] LAHNER, JÖRG UND NEUBERT, FRANK: Einführung in die Wirtschaftsförderung. Grundlagen für die Praxis. Springer Gabler Verlag, Wiesbaden (2016), S. 46.
- [14] PORTER, MICHAEL: Clusters and the New Economics of Competition. *Harvard Business Review*, 14 (1) (1998), S. 15-34.

## Von „was gibt es eigentlich“ bis „wie machen wir es besser?": Entwicklung eines Bewertungsansatzes für Third Mission-Aktivitäten

Kornek, A.; Schubert, C.; Spaunhorst, R.  
Hochschule Harz, Wernigerode  
E-Mail: rspaunhorst@hs-harz.de

### Kurzfassung

Das Teilvorhaben Transfer-Bewertungs-Toolbox (TBT) des Verbundprojekts TransInno\_LSA [1] hat es sich zum Ziel gesetzt, Hochschulen bei der Bewertung, Messung und Steuerung ihrer Third Mission-Aktivitäten (TMA)<sup>1</sup> zu unterstützen. Dies soll mithilfe einer gleichnamigen Toolbox geschehen. Hochschulen werden bei der Profilgestaltung unterstützt, zur steten Verbesserung der eigenen Leistungen angeregt und ein hochschulpolitischer Diskurs angestoßen. Eine Auswahl von Indikatoren, die nachweislich das Gelingen von TMA begünstigen, bildet die Grundlage für das Erreichen dieser Ziele. Diesen Indikatoren liegen empirische Erhebungen an den Verbundhochschulen<sup>2</sup> zugrunde, die zudem von weiteren „Innovativen Hochschulen“ [3], Praxispartner\*innen und Ministerien gestützt werden.

### 1. Einleitung

Die Third Mission der Hochschulen und Universitäten ist in den vergangenen Jahren in der akademischen Welt vielfach definiert und diskutiert worden. In der Diskussion um aktuelle gesellschaftsrelevante Herausforderungen wie dem Fachkräftemangel wird im Kumulieren der Ressourcen von Wissenschaft und Praxis ein wichtiger Ansatz zur Problemlösung gesehen. [4, 5, 6]

Obwohl die Third Mission oft auf gesellschaftliches Engagement reduziert wird, umfasst der Begriff weit mehr [7, 8]. Neben dem Beitrag für die Entwicklung der Gesellschaft und ihrer Unterstützung bei anstehenden Problemen leisten Hochschulen und Universitäten mit diesen Aktivitäten auch einen Beitrag zur Entfaltung eigener Potentiale. So können die Erfahrungen aus diesen Aktivitäten beispielsweise zur curricularen Weiterentwicklung und Einbindung praxisrelevanter Fragestellungen in den Lehralltag

---

1 „Unter Third Mission werden diejenigen Tätigkeiten einer Hochschule verstanden, welche alle nachfolgenden Bedingungen erfüllen:

- a) Sie stehen im Zusammenhang mit den Kernprozessen Forschung und Lehre oder den strategischen Zielen der Hochschule.
- b) Sie machen Gebrauch von den Ressourcen der Hochschule.
- c) Sie gestalten die nicht-akademische Umwelt aktiv mit.“ [2]

2 Der Verbund besteht aus den Hochschulen Harz, Magdeburg-Stendal und Merseburg. [2]

führen. Ein Mehrwert durch diese Aktivitäten ist daher für beide Seiten anzunehmen: die Seite der Partner\*innen, vertreten durch Gesellschaft, Unternehmen und öffentliche Einrichtungen, und die Seite der Hochschule, vertreten durch die Institution selbst, Studierende und Mitarbeitende. [2]

Damit Hochschulen und Universitäten ihre Third Mission-Aktivitäten (TMA) strategisch nutzen, bewerten und verbessern können, fehlt es derzeit an einer dynamischen Bewertungsmethodik [9, 10, 11]. Doch wie kann ein solcher Bewertungsansatz aussehen? Das Projekt TBT arbeitet daran, diese Forschungslücke durch die Entwicklung einer Toolbox zu schließen. Zusätzlich werden Handlungsempfehlungen entwickelt, die eine qualitative Verbesserung der Aktivitäten unterstützen und eine Qualitätssicherung durch Bewertungstools, Transparenz und Hilfestellungen fördern.

## 2. Methodik

Im ersten Schritt wurden die TMA an den Verbundhochschulen identifiziert. Dies erfolgte mittels problemzentrierter Einzelinterviews nach Witzel (1985; 2000) bzw. Experteninterviews nach Helfferich (2014), die mit Hochschulangehörigen<sup>3</sup> durchgeführt wurden. Im Verlauf dieser Gespräche wurden zudem Ziele und Motive, subjektiv wahrgenommene Auswirkungen und auf Erfahrungen beruhende Erfolgsindikatoren der Befragten erfasst. Zusätzlich wurden identische problemzentrierte Interviews nach Witzel (1985; 2000) mit externen Praxispartner\*innen durchgeführt. Ihre Meinung zu den genannten Faktoren ist für eine solide Bewertungstoolbox ebenso entscheidend wie die Meinungen der befragten Hochschulangehörigen. Beide Erhebungsreihen wurden jeweils mit der Qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (1994; 2015) ausgewertet.

Für die Entwicklung einer dynamischen und breit aufgestellten Bewertungsmethodik, die u. a. unter Anwendung einer Nutzwertanalyse [12] erfolgen soll, wurde eine quantitative Validierung der qualitativ erhobenen Daten mittels Onlinebefragung durchgeführt. Die aus der qualitativen Studie resultierenden Faktoren wurden zunächst systematisch zu Kategorien zusammengefasst, die anschließend anhand der relevanten Forschungsliteratur sowie der im Verbundprojekt hergeleiteten Definition von Third Mission diskutiert wurden. Im Resümee ergaben sich eine priorisierte top-down-Hierarchie (nachfolgend: Oberziele) und für die Anwender\*innen messbare Faktoren.

Die Anwendung des Online-Fragebogens erfolgt durch ausgewählte Ministerien des Landes Sachsen-Anhalt, Hochschulleitungen der „Innovativen Hochschulen“, TMA-Durchführende bundesweiter Hochschulen und Universitäten, deren Praxispartner\*innen sowie Studierende und studentische Initiativen der Hochschule Harz. Das Instrument des paarweisen Vergleichs ermöglicht hierbei die Ermittlung einer konsistenten Ge-

---

3 Die Gruppe der Hochschulangehörigen umfasste dabei das Rektorat, Dekanat, Professor\*innen, Lehrkräfte für besondere Aufgaben, Mitarbeitende verschiedener Stabstellen und studentische Initiativen.

wichtung der Oberziele und hält die Komplexität der Entscheidungssituation gleichzeitig gering [12].

Im Ergebnis wird eine Rangfolge erzielt, aus welcher die Priorisierung einzelner Oberziele gegenüber den übrigen hervorgeht. Um diesen Befund für die Anwendung anschließender Bewertungsverfahren handhabbar zu machen, wird das Ergebnis jeweils pro Zielgruppe in Form der relativen Präferenz eines Ziels an der Gesamtsumme ausgedrückt [12].

### 3. Ergebnis/Diskussion

Wie Tabelle 1 zeigt, sind die in den Interviews ermittelten Ziele, erwarteten Wirkweisen und individuellen Erfolgskriterien von Third Mission vielseitig. Abgefragt wurde dabei auf Seiten der Hochschulangehörigen auch eine Einschätzung über mögliche Ziele der Praxispartner\*innen. Es konnte festgestellt werden, dass es keinen nennenswerten Unterschied in der Selbst- und Fremdwahrnehmung gibt: die befragten Praxispartner\*innen nannten die erwarteten Ziele selbstständig als die ihren und profitieren zudem von der Motivation der Hochschulangehörigen, einen wissenschaftlichen und praktischen Mehrwert durch TMA erschaffen zu wollen.

Doch auch bei der Einschätzung der Auswirkungen der TMA auf die Hochschule sind sich beide Zielgruppen einig: Third Mission ermöglicht in erster Linie eine Steigerung des Images der eigenen Institution. Auch wird es als positive Auswirkung angesehen, die Qualität der eigenen Produkte und Leistungen sowohl durch Networking als auch durch eine „stärkere Anbindung an die Wissenschaft“ zu verbessern.

Bei der Betrachtung der Erfolgsindikatoren für TMA konnten zahlreiche Kategorien ermittelt werden. Sowohl die Hochschulangehörigen als auch die Praxispartner\*innen empfinden das „Commitment“ im Rahmen einer TMA als beherrschend. Für die Hochschulangehörigen ist das Schaffen eines „Mehrwerts für die Praxispartner\*innen“ auf Rang 2 verortet. Dies dürfte auch im Sinne der Praxispartner\*Innen sein, für die eine „intensive Zusammenarbeit“ mit der Hochschule das zweithäufigste Erfolgskriterium darstellt.

Wie in Kapitel 2 beschrieben, wurden aus diesen Interviewdaten übergeordnete Kategorien bzw. sog. Oberziele abgeleitet. Diese sind in folgender Abbildung dargestellt (s. Abb. 1): Derzeit liegen für die online erfolgte Befragung die Ergebnisse der beiden Gruppen „Ministerien des Landes Sachsen-Anhalt“ und „Hochschulleitungen der Innovativen Hochschulen“ vor. Die Zielgewichte der hochschulinternen Durchführenden und Praxispartner\*innen von TMA werden derzeit noch ermittelt.

In der bereits abgeschlossenen Befragung unter den Ministerien und Hochschulleitungen stellte sich heraus, dass für beide Zielgruppen gleichermaßen die Lösung von Praxisproblemen das wichtigste, die Verbesserung der Reputation der Hochschule das zweitwichtigste und die Verbesserung der Lehre, entgegen aller Erwartungen, das am wenigsten wichtige Oberziel darstellt.

Eine einfache Analyse der Curricula der Verbundhochschulen ergibt jedoch, dass in der Lehre eine hohe Anzahl an TMA durchgeführt werden (s. Tabelle 2). Die Bedeutung der Verknüpfung von Wissenschaft und Praxis in der Lehre ist demzufolge massiv. Es stellt sich die Frage, warum praxisnahe Lehre also von den Lehrenden, der Wirtschaft und den Studierenden gefordert wird, die Ministerien und Hochschulleitungen hierauf allerdings weniger Wert legen. Stellt praxisnahe Lehre demzufolge keine qualitative Steigerung in der Hochschullehre dar?

Tab. 1: Gegenüberstellung der jeweils am häufigsten und zweithäufigsten genannten Kategorien aus den Interviews mit den Hochschulangehörigen der Verbundhochschulen und den Praxispartner\*innen

Hochschulangehörige (n = 139)	Praxispartner*innen (n = 10)
<b>Ziele bei der Durchführung von TMA</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Wissenszuwachs für die Studierenden schaffen</li> <li>2. wissenschaftlichen und praktischen Mehrwert schaffen</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Einsparung von Ressourcen durch Outsourcing</li> <li>2. Problemlösung bzw. Wissenszuwachs</li> </ol>
<b>Auswirkungen von TMA</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Imagesteigerung der Hochschule</li> <li>2. Aufbau von Netzwerken und Entwicklung der Hochschule</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Steigerung des eigenen Images</li> <li>2. stärkere Anbindung an die Wissenschaft</li> </ol>
<b>Erfolgskriterien bei der Durchführung von TMA</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Commitment</li> <li>2. Erschaffen eines Mehrwerts für die Praxispartner*innen</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Commitment</li> <li>2. intensive Zusammenarbeit mit allen Hochschulangehörigen</li> </ol>



Abb. 1.: Oberziele von Third Mission

Tab. 2: Prozentualer Anteil der Third Mission-Aktivitäten in der Lehre der Verbundhochschulen

35%	30%	36%
		

Die durch die qualitative Vorstudie und die Onlinebefragungen erhaltenen Daten werden anschließend dazu verwendet, im Rahmen einer Nutzwertanalyse unterschiedliche Formate von TMA zu bewerten, die aktuell von den Reallaboren<sup>4</sup> des Verbundprojekts durchgeführt werden. Spannend wird hierbei sein, inwiefern die unterschiedliche Gewichtung einzelner Ziele durch verschiedene Stakeholdergruppen in der Bewertung solcher Vorhaben mit Hilfe der Nutzwertanalyse zum Tragen kommt.

#### 4. Literaturverzeichnis

- [1] Hochschule Harz (2021): Transfer-Bewertungs-Toolbox - TBT: Ein Teilprojekt im Verbundvorhaben „TransInno\_LSA“ der Förderinitiative Innovative Hochschule, Online verfügbar unter: <https://www.transinno-lsa.de/teilprojekte/tbt> [19.03.2021]
- [2] Hochschule Harz (2020): Definition für Third Mission. Geltungsbereich: TransInno\_LSA – Teilprojekte an den Hochschulen Harz, Merseburg & Magdeburg Stendal, Online verfügbar unter: [www.transinno-lsa.de/fileadmin/user\\_upload/dokumente/Geltende\\_Definition\\_TM\\_Harz\\_Merseburg\\_Magdeburg-Stendal\\_.pdf](http://www.transinno-lsa.de/fileadmin/user_upload/dokumente/Geltende_Definition_TM_Harz_Merseburg_Magdeburg-Stendal_.pdf) [19.03.2021]
- [3] Bundesministerium für Bildung und Forschung (2021): Forschung – Innovative Hochschule, Online verfügbar unter: <https://www.bmbf.de/de/innovative-hochschule-2866.html> [19.03.2021]
- [4] Berthold, C.; Meyer-Guckel, V.; Rohe, W.: Mission Gesellschaft - Engagement und Selbstverständnis der Hochschulen - Ziele, Konzepte, internationale Praxis. Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft, Stiftung Mercator (2011)
- [5] Etzkowitz, H.; Webster, A. und Healey, P.: Capitalizing Knowledge – New Intersections of Industry and Academia. New York University, SUNY Press, New York (1998)
- [6] Pasternack, P.; Zierold, S.: Strategieentwicklung trotz Hindernissen. Hochschulaktivitäten und Bedarfslagen in schrumpfenden Regionen. In: *Frisch, M.; Pasternack, P.; Titze, M.: Schrumpfende Regionen – dynamische Hochschulen*. Springer Fachmedien, Wiesbaden, S. 255- 278 (2015)

<sup>4</sup> [...] Reallabore [...] beginnen dort, wo zuvor transdisziplinär erzeugtes Wissen in der gesellschaftlichen Praxis angewendet oder umgesetzt wird. Sie greifen [...] in gesellschaftliche Prozesse mit dem Ziel ein, anerkanntes Problemwissen für die Gestaltung sozial-ökologischer Transformationen zu nutzen. [...] Reallabore in diesem Sinne ließen sich auch als Instrumente der Evaluation transdisziplinärer Forschung konzipieren.“ [13]

- [7] Boden, C.; Spaunhorst, R.; Manschwetus, U.; Westermann, G.: Third Mission – Eine operationale Definition zur Messung gesellschaftsrelevanter Aktivitäten. In: *Harzer Hochschultexte*, Hrsg. Westermann, G.; Reinhold, S. (Hochschule Harz), Ausgabe 2019, 2020, S. 198-209 (2020)
- [8] Vorley, T.; Nelles, J.: (Re)Conceptualising the Academy: Institutional Development of and beyond the Third Mission. *Higher Education Management and Policy*, Vol. 20, Nr. 3, S. 119-135 (2008)
- [9] Henke, J.; Pasternack, P.; Schmid, S.: Third Mission bilanzieren. Die dritte Aufgabe der Hochschulen und ihre öffentliche Kommunikation (HoF-Handreichungen 8), Institut für Hochschulforschung (HoF), Halle-Wittenberg (2016)
- [10] Stifterverband (2018): Grundsätze für erfolgreiche Transferstrukturen, Online verfügbar unter: [https://www.stifterverband.org/sites/default/files/grundsaeetze\\_fuer\\_erfolgreiche\\_transferstrukturen.pdf](https://www.stifterverband.org/sites/default/files/grundsaeetze_fuer_erfolgreiche_transferstrukturen.pdf) [22.09.2020]
- [11] Stifterverband (2019): Erfolgsmessung von Transfer und Kooperation an Hochschulen, Diskussionspapier Ausgabe 2, Online verfügbar unter: <https://www.stifterverband.org/medien/erfolgsmessung-von-transfer>, [22.09.2020]
- [12] Westermann, G.: *Kosten-Nutzen-Analyse. Einführung und Fallstudien*. Erich Schmidt Verlag, Berlin (2012)
- [13] Jahn, T.; Keil, F.: Reallabore im Kontext transdisziplinärer Forschung. In: *GAiA* 25/4, S. 247-252 (2016)

## Die Selbstwirksamkeitserwartung von Patienten\*innen in ambulanten psychotherapeutischen Erstgesprächen

Martin, C.<sup>1,2</sup>; Jagla-Franke, M.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universität Potsdam, Humanwissenschaftliche Fakultät, Department Psychologie

<sup>2</sup> Hochschule Magdeburg-Stendal, FB Angewandte Humanwissenschaften

E-Mail: carl.julius.martin@uni-potsdam.de

### Kurzfassung

Die Selbstwirksamkeitserwartung (SWE) beschreibt die kognitive Quelle der Motivation, die einer Handlung oder einem Verhalten zugrunde liegt. Patient\*innen mit psychischen Störungen haben insgesamt eine geringere SWE. In diesem Beitrag soll der Zusammenhang zwischen SWE und psychischen Störungen bei Patient\*innen in ambulanten psychotherapeutischen Erstgesprächen untersucht werden. Die Patient\*innen bearbeiteten vor dem Erstgespräch die Skala zur Allgemeinen Selbstwirksamkeitserwartung, den Gesundheitsfragebogen für Patienten und das Beck Depressionsinventar. Die Patient\*innen hatten eine geringe SWE als die Allgemeinbevölkerung und unterschieden sich von anderen Patient\*innengruppen. Die SWE korrelierte negativ mit Depressions schwere, psychischer Komorbidität und empfundenem Leidensdruck.

### 1. Einleitung und theoretischer Hintergrund

Inwiefern eine Person ein Verhalten zeigt oder durchführt, hängt nicht nur von ihren eigenen Fähigkeiten ab, sondern auch davon, ob und wie sie ihre Fähigkeiten einschätzt – also von ihren Kognitionen. Der Mensch bezieht sich dabei auf seine bisherigen Erfahrungen. Dabei fällt der Selbstwirksamkeit eine besondere Rolle zu, da sie für die Überzeugung und die Motivation des Handelns einer Person verantwortlich ist. Bandura<sup>1</sup> beschrieb 1977 zuerst das Konstrukt der Selbstwirksamkeit als Ursprung dieser Motivation und baute darauf seine sozial-kognitive Theorie auf.<sup>2</sup>

Schwarzer und Jerusalem erweiterten dieses Konstrukt durch die generalisierte Selbstwirksamkeit als globales Konstrukt.<sup>2</sup> Personen mit einer hohen SWE sind eher davon überzeugt aufgrund eigener Fähigkeiten ihre Umwelt beeinflussen zu können, verfolgen schwierigere Aufgaben länger und attribuieren Erfolge eher internal als Personen mit einer geringeren Selbstwirksamkeit, d.h. die SWE schwächt eine negative emotionale und physiologische Reaktion ab.<sup>2</sup>

Die SWE spielt bei verschiedenen Krankheitsbildern eine wichtige Rolle, insbesondere bei psychischen Störungen. Personen mit psychischen Störungen haben durchschnittlich eine geringere SWE und unterscheiden sich untereinander anhand ihrer Diagnosen.<sup>3,4</sup>

Daraus abgeleitet empfehlen Therapiemanuale die Steigerung der SWE zur Behandlung psychischer Störungen.

In dieser Arbeit soll die SWE von Patient\*innen in ambulanten psychotherapeutischen Erstgesprächen genauer untersucht werden. Ziel ist es, Erkenntnisse über die Ausprägung der Selbstwirksamkeit in dieser Stichprobe zu erbringen und daraus mögliche Schlussfolgerungen für die Bedeutung der SWE in der ambulanten psychotherapeutischen Versorgung zu ziehen.

Dabei wird die SWE der Patient\*innen mit der Allgemeinbevölkerung & neurologischen/ psychiatrischen Patient\*innen verglichen. Um die SWE innerhalb der Stichprobe genauer zu erforschen wird diese im Zusammenhang mit der Schwere der depressiven Symptomatik, psychischen Komorbiditäten & dem subjektiven Leidensdruck untersucht.

## 2. Methode

Die proaktive Rekrutierung der Daten fand im Rahmen von ambulanten psychotherapeutischen Erstgesprächen im Zeitraum von April 2017 bis März 2019 statt. In diesem Zeitraum wurden in einer psychotherapeutischen Praxis für Verhaltenstherapie  $N=90$  Paper-Pencil Fragebögen erhoben. Ziel war es, die SWE der Patientin\*innen zu ermitteln und mit der Normstichprobe sowie einer weiteren klinischen Stichprobe zu vergleichen. Die Vergleichsstichprobe bestand aus  $N=151$  neurologischen und psychiatrischen Patienten\*innen und wurde im Rahmen einer Praxisumfrage zur Qualitätssicherung nach dem Zufallsprinzip von Oktober bis Dezember 2016 erhoben.

Für die Erhebung der Selbstwirksamkeit wurde die SWE Skala (10 Items, die einen Gesamtwert bilden; interne Konsistenz zwischen  $\alpha=.80-.90$  in deutschen Stichproben) von Schwarzer und Jerusalem genutzt.<sup>5,6</sup> Die Normierungsstichprobe der Skala wurde für den Vergleich der SWE der Untersuchungsstichprobe und der Allgemeinbevölkerung genutzt. Für die Erhebung der komorbiden psychischen Gesundheitsbeeinträchtigungen und des subjektive empfundenen Leidensdrucks wurde der Gesundheitsfragebogen für Patienten (PHQ-D)<sup>7</sup> genutzt, die Schwere der depressiven Symptomatik wurde mit dem Beck Depressionsinventar (BDI)<sup>8</sup> erhoben.

Mit Hilfe von t-Tests und Varianzanalysen wurden Mittelwertdifferenzen zwischen den Stichproben geprüft, Zusammenhänge zwischen psychischen Komorbiditäten, Leidensdruck sowie Schweregrad der Depression und der Selbstwirksamkeit wurde mit Hilfe von Korrelationen berechnet.<sup>9</sup>

## 3. Ergebnisse

Die  $N=90$  Patient\*innen der Psychotherapie-Praxis waren im Mittel 43.9 Jahre ( $SD=15.2$ , Spanne 18-83), 70% waren weiblich.

Im Durchschnitt lag die Ausprägung der SWE der psychotherapeutischen Patient\*innen bei  $M=23.22$  ( $SD=7.53$ , Spanne 10-40), bei den  $n=79$  neurologischen Patient\*innen bei  $M=28.75$  ( $SD=6.69$ ), bei den  $n=22$  psychiatrischen Patient\*innen bei  $M=23.59$  ( $SD=6.09$ ); in der Normstichprobe ( $N=19896$ ) lag die SWE bei  $M=29.59$  ( $SD=5.29$ ). Die Untersuchungsstichprobe wies eine signifikant geringer ( $t(19803)=-11.13$ ,  $p\leq.001$ ,  $d=.98$ ) SWE auf als die Normstichprobe.<sup>6</sup>

Die Schwere der depressiven Symptomatik lag bei  $M=19.27$  ( $SD=9.56$ ). Laut PHQ-D<sup>7</sup> und klinischem Urteil der Therapeutin lag bei der Mehrzahl der Patient\*innen der Verdacht auf eine affektive bzw. Angststörung vor.

Die einfaktorielle Varianzanalyse ergab, dass psychotherapeutische Patient\*innen eine signifikant geringere SWE als neurologische Patient\*innen aufwiesen. Die Ergebnisse der einfaktoriellen Varianzanalyse sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1 Vergleich der SWE-Summenwerte in den Patientengruppen

	Psychotherapie (n=86) M/SD	Neurologie (n=79) M/SD	Psychiatrie (n=22) M/SD	Statistische Prüfung	Vergleich Post-hoc
SWE-Summenwert	23.22/ 7.52	28.75/ 6.69	23.59/ 6.09	F=13.76; p≤.0001; η <sup>2</sup> =.130	I, III vs. II

Bemerkung: „F“ gibt den F-Wert der einfaktoriellen Varianzanalyse an, „p“ gibt das Signifikanzniveau an, „η<sup>2</sup>“ gibt die Effektstärke an

Die SWE der Psychotherapie-Patienten\*innen stand in einem negativen Zusammenhang mit der Schwere depressiver Symptomatiken ( $r=-.548$ ,  $p\leq.001$ ), psychischen Komorbiditäten ( $r=-.310$ ,  $p=.004$ ) und dem empfundenen Leidensdruck ( $r=-.338$ ,  $p=.002$ ).

#### 4. Diskussion

Die Studie zur Erfassung der SWE bei Patient\*innen vor dem psychotherapeutischen Erstgespräch zeigte im Vergleich zur Normstichprobe eine statistisch signifikant geringere SWE. Dieser Unterschied ist in der Literatur belegt und wurde so erwartet<sup>3</sup>. Im Vergleich zu psychiatrischen Patient\*innen zeigte sich kein Unterschied, neurologische Patient\*innen wiesen eine statistisch signifikant höhere SWE auf; die Literatur verweist allerdings auf eine geringere SWE bei neurologischen Patient\*innen.<sup>4</sup> Dass sich die SWE von psychotherapeutischen und psychiatrischen Patient\*innen nicht unterscheidet, kann darauf zurückgeführt werden, dass es sich jeweils um Menschen mit psychischen Störungen handelt, die sich nur im Behandlungssetting unterscheiden. Die SWE der Untersuchungsgruppe zeigte einen negativen Zusammenhang mit der Schwere der depressiven Symptomatik; d.h. je ausgeprägter die Depressivität, desto geringer die SWE.<sup>10</sup> Ebenfalls konnte ein negativer Zusammenhang der SWE mit der psychischen

Komorbidität<sup>11</sup> und dem subjektiv empfundenen Leidensdruck<sup>10</sup> gezeigt werden; diese Ergebnisse entsprechen der Literatur.<sup>10,11</sup>

Die Limitationen beziehen sich vorrangig auf die Stichproben, die nicht groß und repräsentativ sind. Weitere Einschränkungen ergeben sich bei den Messinstrumenten. Für die Erhebung der depressiven Symptomatik wurde die veraltete Version des BDI<sup>8</sup> genutzt. Dementsprechend müssen die Ergebnisse, die sich darauf beziehen, besonders kritisch betrachtet werden. Dennoch leistet diese Arbeit einen besonderen Beitrag, da die SWE einen Zusammenhang zu anderen psychosozialen Faktoren aufweist und es sich zeigt, dass die SWE in der ambulanten psychotherapeutischen Versorgung eine bedeutsame Rolle einnimmt.

## 5. Literatur

- [1] Bandura, A. (1977). Self-efficacy. Toward a unifying theory of behavioral change. *Advances in Behaviour Research and Therapy*, 1 (4), 139-161.
- [2] Schwarzer, R. & Jerusalem, M. (2002). Das Konzept der Selbstwirksamkeit. In M. Jerusalem & D. Hopf (Hrsg.), *Selbstwirksamkeit und Motivationsprozesse in Bildungsinstitutionen* (Zeitschrift für Pädagogik : Beiheft, Bd. 44, S. 28-53). Weinheim: Beltz.
- [3] Schwarzer, R. (2004). *Psychologie des Gesundheitsverhaltens. Einführung in die Gesundheitspsychologie* (3. Auflage). Göttingen: Hogrefe.
- [4] Thomas, S., Kersten, P. & Thomas, P. W. (2015). The Multiple Sclerosis-Fatigue Self-Efficacy (MS-FSE) scale: initial validation. *Clinical rehabilitation*, 29 (4), 376-387.
- [5] Schwarzer, R. & Jerusalem, M. (1999). *Skalen zur Erfassung von Lehrer- und Schülermerkmalen. Dokumentation der psychometrischen Verfahren im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitung des Modellversuchs Selbstwirksame Schulen*. Berlin: R. Schwarzer.
- [6] Jerusalem, M. & Schwarzer, R. (2006). *Allgemeine Selbstwirksamkeitserwartung (SWE). Beschreibung der psychometrischen Skala*.
- [7] Gräfe, K., Zipfel, S., Herzog, W. & Löwe, B. (2004). Screening psychischer Störungen mit dem "Gesundheitsfragebogen für Patienten (PHQ-D)". *Diagnostica*, 50 (4), 171-181.
- [8] Beck, A. T. & Beamesderfer, A. (1974). Assessment of Depression. The Depression Inventory. In P. Pichot (Ed.), *Psychological measurements in psychopharmacology*. (Modern problems of pharmacopsychiatry, vol. 7, Bd. 7, pp. 151-169). Basel: Karger.
- [9] Bortz, J. & Schuster, C. (2010). *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler* (Springer-Lehrbuch, 7., überarbeitete und erweiterte Auflage). Berlin: Springer.
- [10] Arnstein, P., Wells-Federman, C. & Caudill, M. (2001). Self-efficacy as a Mediator of Depression and Pain-Related Disability in Three Samples of Chronic Pain Patients. *Pain Medicine*, 2 (3), 238.
- [11] Chung, M. C., AlQarni, N., Al Muhairi, S. & Mitchell, B. (2017). The relationship between trauma centrality, self-efficacy, posttraumatic stress and psychiatric co-morbidity among Syrian refugees: Is gender a moderator? *Journal of psychiatric research*, 94, 107-1.

# Entrepreneurship Policy Discourse and its Network of Actors in Hamburg, Germany

Recke, M. P.

Hamburg University of Applied Sciences

E-Mail: moritz.recke@haw-hamburg.de

## Abstract

Even though policy makers often associate entrepreneurship, especially startups and their alleged innovative high-growth potential, to job creation and economic growth, this link is subject to debate in academia. Consequently, entrepreneurship policy discourse should be better analysed to understand what drives formulation of policy agenda. The author investigates the public policy domain in Hamburg (Germany) to uncover how entrepreneurship policy stakeholders feed a self-perpetuating discourse of domination based on sociotechnical imaginaries. Initial findings show how these imaginaries in Hamburg's policy discourse seem disconnected from reality. To underpin findings with procedural backdrop, this paper introduces the network of actors that was identified during his investigation and constitutes a core part of the policy discourse.

## 1. Introduction

Various studies substantiate high-growth firms' relevance for job creation and economic growth, while the vast majority of new firms have very little economic impact since they neither grow or innovate [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9]. This calls into question many western public policy agendas that promote entrepreneurship [10], since most do not target high-growth firms explicitly or exclusively [4] but rather take a general approach to foster entrepreneurial activity.

The city of Hamburg in Germany is no exception. The author showed that public policy in Hamburg mentions relevance of high-growth ventures for economic growth but focuses on generally increasing the number of startups, while remaining vague about definitions for terms like startup and innovation and providing very limited metrics to practically measure policy impact [11]. Arshed, Carter & Mason [12] acknowledge that evaluation is vital to good policy implementation, but point out that public policy evaluations often only consider short-term or unsuitable indicators to measure effectiveness, rendering hope of systematic learning unlikely. As most studies focus on policy effectiveness or implementation failure, little is known about the policy formulation phase, a key factor [13] and arguably a complex and messy process [14].

To understand underlying mechanics and hidden sociotechnical imaginaires - collective visions of a desirable future ascertained through science and technology and entailing what might be a socially and ethically good life [15, 16] - that inform entrepreneurship policy in Hamburg, the author unmasks the discourse among policy stakeholders through a combination of critical discourse analysis and covert observations [17]. Critical discourse analysis was deemed particularly suitable for policy analysis [18, 19, 20] and builds on theories of Foucault [21] to analyse the relationship of language to social processes and power relations. To trace structures back to their manifestation in the entrepreneurship policy ecosystem in Hamburg, Bourdieu's social theory [22] is utilised to identify how the discourse creates legitimacy for social distinction and hierarchy with concepts of capitals, fields and habitus [23, 24].

Exploring the discourse's power dynamics and interrelations within the entrepreneurial ecosystem, as described by Isenberg [25], the author investigates the entrepreneurship policy community of actors and their social contexts. The research is largely building on covert observations as a complementary component to document analysis. These ethnographic observations enable the author to investigate the discourse's power dynamics in wider social structures and apart from publicly available textual documents.

Preliminary findings show that sociotechnical imaginaries at play in the entrepreneurial policy discourse in Hamburg seem to feed a self-sustaining ecosystem of stakeholders and retain their power and do not match the factual reality in the region [26].

This paper introduces the identified network of actors within the policy discourse that constitute a core part of the field of power in terms of Bourdieu. These actors establish the elite of the discourse that is mainly driven through repetitive statements articulated in both written and spoken form. Consequently, this network of actors is at the core of the critical discourse analysis.

## **2. Mapping the Entrepreneurship Policy Terrain in Hamburg**

Over a period from mid 2017 to mid 2019, the author conducted an in-depth data collection to compile a body of public and internal documents as well as a list of entities and individual stakeholders relevant to the public policy discourse towards entrepreneurship in Hamburg. The list grew over time as the investigation into the public policy discourse unfolded. Furthermore, the author extended his previous analysis of the entrepreneurial ecosystem in Hamburg [11] for a deeper consideration of informal networks relevant to the discourse.

The authors compiled a list of 160+ (as of October 2019) public and private entities from industry, government, university and civil society - in line with the triple/quadruple helix approach [27, 28, 29] - within Hamburg's entrepreneurial ecosystem, of which a subset of around 30 have been classified as relevant to the public policy towards entrepreneurship discourse. In addition a number of 60+ individual stakehol-

ders (as of October 2019) have been identified. So far, 40 have been classified as visible in the discourse, 15 as being very relevant to the discourse. The list of stakeholders grew organically during the field research, however the number of individuals being highly relevant to the discourse and its inherent power structures remain rather small over the course of the investigation.

Some of the identified actors within the public policy discourse are individuals in high profile political positions, which made personal access very unlikely. For these instances the author relied on public records, interviews and other written documents to consider their role in the discourse. Apart from symbolic statements from high profile stakeholders, the author found that stakeholders with less exposed positions provided far more revealing data to unmask the discourse power structures.

### 3. Network of Actors

In his analysis of the entrepreneurship policy discourse, the author identified a *network of actors* that constitutes a core part of the field of power in terms of Bourdieu. These actors are representatives of public or private entities in the entrepreneurial ecosystem that are visible on almost all stages of the discourse, e.g. in public documents by ministries, regional subsidy bank or cluster initiatives, on websites, during events, conferences and in media coverage.

The author visualized the composition of the network of entities, its actors and their relevance within the discourse (see figure 1). The illustration was created with open source software Gephi based on a 2-mode network dataset created during the author's data. Using a MultiMode Networks Projection plugin, the entities have been projected on the entities and stakeholders to create 1-mode networks as a result with nodes size being weighted through authors assessment of relevance in the discourse. To better illustrate the spatial distribution of involved entities within the city of Hamburg, entities were also projected on a map, showing where the discourse is shaped. The color scheme was used to distinguish different actors in the network by their domain, using the typology of domains within an entrepreneurial ecosystem presented by Isenberg [25].

Most dominant domain is the policy domain and consists of various stakeholders from different government entities. Adjacent to this domain, various regional subsidy entities have been highlighted as policy/finance although they would be categorised under policy in the Isenberg approach. Relevant entities are the innovation and subsidy bank as well as the city's business development entity. In the support domain there are various public/private entities and cluster initiatives as well as private actors in the entrepreneurial ecosystem, such as co-working spaces, conference formats etc., that often blend with entities in the culture domain. There are also some links to the markets domain in the discourse, mainly at the intersection with Hamburg's Chamber of Commerce and through the various finance domain entities, which are accelerators, incubators, venture

capital companies etc., of which only few appear relevant in the discourse. In the human capital domain, which encompasses regional universities and their knowledge transfer offices, local research institutes and some academics appear in wider realms of the discourse, but surprisingly, academia is not particularly visible in the discourse front stages. Even though the perspective of the human capital domain by Isenberg is a bit limiting in terms of the triple or quadruple helix approach, it is suitable to illustrate the absence of weight in the discourse from an academic and also from a market perspective. Also entrepreneurs - or aspiring entrepreneurs - themselves seem to be absent from the discourse.

#### **4. Critical Reflections & Conclusion**

Stakeholders and connected entities mentioned above are core contributors to the regional public policy discourse on entrepreneurship. Like in an echo chamber, they articulate similar statements and use a specific phrase regime that is evident everywhere, from written documents to public speeches, press coverage, professional or personal conversations or informal gatherings. Preliminary findings of the study showed that sociotechnical imaginaries at play in the entrepreneurship policy discourse in Hamburg are over enthusiastic and too simplistic to steer the complex interrelations in economic dynamics and do not match the factual reality in the region [26].

The ongoing deconstruction of the discourse will further demonstrate the historical genesis of specific articulations and inherent narrative motives that constitute the phrase regime of the public policy discourse towards entrepreneurship in Hamburg. In terms of Foucault, this analysis establishes a very apparent power structure within the policy community, that operates as a closed network of appointed officials, their subordinates and direct beneficiaries of their formulated policy agenda. In terms of Boordieu, unmasking power dynamics in the discourse's field of entrepreneurship policy through display of capitals and habitus, reveals the self-perpetuating nature of the discourse that feeds the purpose of maintaining or advancing status and position of its actors rather than serving its postulated goals.

The study contributes to both academia and practice with its findings. It provides deeper insights into public policy forming processes in Hamburg, some of which might be open for generalisation beyond the regional scope and could be investigated further. As the initial findings have shown how the public policy discourse mainly aims to maintain its inherent power structure and serves policy stakeholders, the disconnect between public policy agendas and academic research can be explained beyond assumptions of miscommunication or ignorance on either side. Even though engaging academics in developing entrepreneurship policy could result in more conceptually solid and evidence-based understanding of underlying entrepreneurial ecosystem dynamics, it seems as academics have no loud voice in the policy discourse as it is and therefore no exploitable capital to obtain any relevant power to affect changes in policy formulation.



Figure 1: Network of actors' entities involved in the public policy discourse towards entrepreneurship in Hamburg

## 5. References

- [1] Ács, Z.J. & Mueller, P., „Employment effects of business dynamics: Mice, Gazelles and Elephants”, *Small Business Economics*, Vol. 30, No. 1, pp.85–100, 2008.
- [2] Ács, Z.J., Szerb, L. & Autio, E., „National Systems of Entrepreneurship: Measurement issues and policy implications”, *Research Policy*, Vol. 43, No. 3, pp. 476–494, 2014.
- [3] Autio, E. „Global Entrepreneurship Monitor - 2005 Report on High-Expectation Entrepreneurship”, *Global Entrepreneurship Monitor*, [online] <http://negocios.udd.cl/gemchile/files/2014/11/GEM-Expectativas-Crecimiento-2005.pdf>, 2005.
- [4] Autio, E., Kronlund, M. & Kovalainen, A., „High-Growth SME Support Initiatives in Nine Countries: Analysis, Categorization, and Recommendations”, *Finnish Ministry of Trade and Industry*, 2007(1), pp.1–92, 2007.
- [5] Brown, R. & Mawson, S., „Targeted support for high growth firms: Theoretical constraints, unintended consequences and future policy challenges”, *Environment and Planning C: Government and Policy*, pp. 1–21, 2015.
- [6] Henrekson, M. & Johansson, D., „Gazelles as job creators: a survey and interpretation of the evidence”, *Small Business Economics*, Vol. 35, No. 2, pp. 227–244, 2009.
- [7] Shane, S., *The illusions of entrepreneurship: The costly myths that entrepreneurs, investors, and policy makers live by*, Yale University Press, New Haven, London, 2008.
- [8] Shane, S., „Why encouraging more people to become entrepreneurs is bad public policy”, *Small Business Economics*, Vol. 33, No. 2, pp. 141–149, 2009.
- [9] Stam, E. et al., „High-Growth Entrepreneurs, Public Policies, and Economic Growth”, In *Public Policies for Fostering Entrepreneurship: a European perspective*. Springer, New York, pp. 91–110, 2009.
- [10] Gilbert, B.A., Audretsch, D.B. & McDougall, P.P., „The Emergence of Entrepreneurship Policy”, *Small Business Economics*, Vol. 22, No. 3-4, pp. 313–323, 2004.
- [11] Recke, M. P., „Hamburg’s Entrepreneurial Ecosystem And The Next Media Initiative - Public Policy Towards Entrepreneurship”, *haw-hamburg.de*, [online] <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/arbeiten/master/recke.pdf>, 2016.
- [12] Arshed, N., Carter, S. & Mason, C., „Exploring the disconnect in policy implementation: A case of enterprise policy in England”, *Environment and Planning C: Government and Policy*, Vol. 34, No. 8, pp. 1582–1611, 2016.
- [13] Arshed, N., Carter, S. & Mason, C., „The ineffectiveness of entrepreneurship policy: is policy formulation to blame?”, *Small Business Economics*, Vol. 43, No. 3, pp. 639–659, 2014.
- [14] Lundstrom, A. & Stevenson, L.A., *Entrepreneurship Policy: Theory and Practice*, Springer Science & Business Media, 2006.
- [15] Kim, S.-H., Sperling, S. & Jasanoff, S., „Sociotechnical Imaginaries and Science and Technology Policy: A Cross-National Comparison”, *NSF Research Project*, [online] <http://stsprogram.org/admin/files/imaginaries/NSF-imaginaries-proposal.pdf>, 2007.

- [16] Jasanoff, S., „Future imperfect: Science, technology, and the imaginations of modernity”, In S. Jasanoff & S.-H. Kim, eds. *Dreamscapes of modernity : sociotechnical imaginaries and the fabrication of power*, University of Chicago Press, Chicago, 2015.
- [17] Recke, M. P., „An Observational Analysis of the Entrepreneurship Policy Discourse in Hamburg, Germany”, ECRM20 - 19th European Conference on Research Methods, Avairo, Portugal, 18-19 June 2020. DOI: 10.34190/ERM.20.118.
- [18] Taylor, S., „Researching educational policy and change in “new times”: using critical discourse analysis”, *Journal of Education Policy*, Vol. 19, No. 4, pp. 433–451, 2004.
- [19] van Dijk, T.A., „Critical Discourse Analysis”, In *Handbook of Discourse Analysis*. Wiley-Blackwell, Malden, Massachusetts, pp. 349–371, 2005.
- [20] Wodak, R. & Meyer, M., „Critical discourse analysis: history, agenda, theory and methodology”, In *Methods for Critical Discourse Analysis*. London, pp. 1–33, 2009
- [21] Foucault, M., *The Archaeology of Knowledge And The Discourse On Language*, Pantheon Books, New York, 1972.
- [22] Bourdieu, P. & Wacquant, L.J.D., *An Invitation to Reflexive Sociology*, Polity Press, Cambridge, 1992.
- [23] Klos-Czerwińska, P., *Discourse*, Wrocław, Washington, D.C., 2015.
- [24] Keller, R., *Diskursforschung (4 ed.)*, VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden, 2011.
- [25] Isenberg, D.J., „How to start an entrepreneurial revolution”, [online], *Harvard Business Review*, [online] <https://hbr.org/2010/06/the-big-idea-how-to-start-an-entrepreneurial-revolution>, 2010.
- [26] Recke, M. P., „Sociotechnical Imaginaries and their Metrification that Shape Public Policy towards High-Growth Entrepreneurship in Hamburg, Germany”, *ECIE19 - 14th European Conference on Innovation and Entrepreneurship*, Kalamata, Greece, 19-20 Sep. 2019. DOI:10.34190/ECIE.19.069.
- [27] Etzkowitz, H. & Leydesdorff, L., „The dynamics of innovation: from National Systems and “Mode 2” to a Triple Helix of university–industry–government relations”, *Research Policy*, Vol. 29, No. 2, pp. 109–123, 2000.
- [28] Carayannis, E.G. & Campbell, D.F.J., „Mode 3 Knowledge Production in Quadruple Helix Innovation Systems”, In *Mode 3 Knowledge Production in Quadruple Helix Innovation Systems*, Springer, New York, pp. 1–63, 2001.
- [29] Etzkowitz, H., „Innovation in Innovation: The Triple Helix of University-Industry-Government Relations”, *Social Science Information*, Vol. 42, No. 3, pp. 293–337, 2016.

# Entwicklung eines Modells zur Unterstützung von Investitionsentscheidungen in Wintersportstandorte unter Berücksichtigung klimatischer Aspekte

Reinboth, C.

Hochschule Harz, Wernigerode

E-Mail: creinboth@hs-harz.de

## Kurzfassung

Wärmere Winter, weniger Naturschnee und sich immer weiter verschlechternde Rahmenbedingungen für künstliche Beschneigung – der anthropogene Klimawandel stellt die Wintersportbranche vor eine existentielle Herausforderung. Die Wirtschaft versucht diesem Problem primär durch technische Anpassungsmaßnahmen zu begegnen, deren bedeutendste die energieintensive und ökologisch umstrittene Produktion von Kunstschnee ist. Im Rahmen einer in diesem Beitrag kurz vorgestellten Masterarbeit an der FernUniversität Hagen wurde – auf Basis eines umfangreichen interdisziplinären Literaturreviews – ein Modell zur Unterstützung von Entscheidungen für oder gegen Standortbeschneigungen entwickelt, als Softwareprototyp realisiert und dessen Einsatz am Beispiel des Wintersportorts Schierke im Harz demonstriert.

## 1. Einleitung

Der Umgang mit den Auswirkungen des anthropogenen Klimawandels stellt die Tourismusbranche vor enorme Herausforderungen. Dies gilt insbesondere für den Winter(sport-)tourismus. In vielen Wintersportgebieten bedrohen wärmere Winter mit weniger Naturschnee, verstärkt auftretende Starkregenereignisse sowie die Verlagerung der für die Kunstschneeproduktion optimalen Witterungsbedingungen in die Zeitspanne um Ostern das Überleben touristischer Betriebe. Denn während die Attraktivität der Reiseorte für Skisportler wesentlich mit den dortigen Witterungs- und damit Schneebedingungen verbunden ist, vollzieht sich der Klimawandel gerade in Gebirgsregionen zugleich deutlich schneller und mit höherer Intensität als in anderen Klimazonen [1]/[2]/[3]/[4].

Die Branche versucht diesem Problem primär durch technische Anpassungsmaßnahmen zu begegnen, deren wichtigste die energieintensive und ökologisch umstrittene künstliche Beschneigung ist. Ob sich dieses Vorgehen langfristig als erfolgreich erweist, hängt nicht nur vom Fortschreiten des Klimawandels, sondern auch von der technischen Leistungsfähigkeit und wirtschaftlichen Tragfähigkeit der Beschneigung, von ihrer gesellschaftlichen Akzeptanz und von der Nachfrage nach Alternativangeboten ab. Auf Basis eines umfassenden Literaturreviews entstand als Teil eines Masterprojekts an der Fern-

Universität Hagen ein softwarebasiertes Entscheidungsunterstützungssystem (Decision Support System, DSS), welches bei Verfügbarkeit historischer und/oder prognostischer Klimadaten eine Projektion des standortspezifischen Beschneigungspotentials sowie der wirtschaftlichen Nutzbarkeit des Schnees gestattet [5].

## 2. Methodisches Vorgehen

Die Grundlage des nachfolgend vorgestellten DSS bildet eine umfangreiche Sichtung themenrelevanter Literatur. Hierfür wurden 477 Quellen aus 23 Fachdisziplinen anhand vorab definierter Suchkriterien in der Literaturdatenbank Citavi erfasst und ausgewertet. Auf Basis dieses Literaturreviews konnten die über alle Disziplinen unstrittig für eine erfolgreiche Beschneigung relevanten Parameter sowie deren Schwellwerte und wechselseitigen Abhängigkeiten identifiziert werden – bis hinein in die nichtwissenschaftlichen Publikationen von Wintersportanbietern oder Umweltverbänden.

Von der Vielzahl an erfassten und evaluierten Einflussfaktoren erwiesen sich nur wenige als wirklich bedeutsam. Für die erfolgreiche Produktion von Kunstschnee müssen – neben der Verfügbarkeit von Wasser – primär zwei Bedingungen erfüllt sein: Die Feuchttemperatur (die kühlste Temperatur, die bei gegebener Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit durch Verdunstung erreicht werden kann) darf nicht oberhalb von  $-3^{\circ}\text{C}$  liegen, damit die über eine Schneekanone oder -lanze (siehe Abb. 1) abgegebenen Wassertropfchen sich noch in der Luft abkühlen und an den ebenfalls in die Luft gesprühten Kristallisationskeimen zu kleinen Eiskügelchen – dem eigentlichen Kunstschnee – gefrieren können [6]/[7]/[8]. Zudem darf kein starker Wind vorherrschen, damit der entstehende Kunstschnee nicht verweht wird. Das DSS orientiert sich dabei an der Definition von „starkem Wind“ in der Beaufort-Skala (ab 11,31 m/s).

Neben der Frage, ob Kunstschnee produziert werden kann, ist weiterhin relevant, ob sich der Schnee für den Skibetrieb nutzen lässt. Herrschen über zwei Tage  $>10^{\circ}\text{C}$  vor oder kommt es zu Tagesniederschlägen  $>20$  mm, wirkt sich dies negativ auf die Schneedecke aus [9]/[10]. Ungünstig sind auch hohe Windgeschwindigkeiten (ab „Sturm“ auf der Beaufort-Skala), die zur Einstellung des Liftbetriebs oder zu Pistenschließungen führen können. Zudem müssen für Alpin-Ski Mindestschneehöhen von 30 cm ([10]/[11]/[12]) bzw. 10 cm für Skilanglauf ([12]/[13]) erreicht werden. Um ein Rechenmodell zu bedienen, das auf dieser Informationsbasis kalkuliert, an welchen Tagen während einer Skisaison (Nov. – März) Naturschnee fällt, Kunstschnee produziert oder Ski gefahren werden kann, werden somit fünf Parameter benötigt:

- Lufttemperatur
- Luftfeuchtigkeit
- Schneehöhe
- Niederschlagsmenge
- Windgeschwindigkeit



Abbildung 1: Eine Schneelanze in Braunlage nach einem gescheitertem Beschneivungsversuch.

Der sechste Parameter – die Feuchttemperatur – lässt sich aus Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit bestimmen. Für das DSS wurde hierbei auf eine Näherungsformel zurückgegriffen, die von einem amerikanischen Hersteller von Beschneivungstechnik entwickelt wurde [14] und die nur im (für die Zwecke dieses Modells ausreichenden) Temperaturbereich zwischen  $4,5^{\circ}\text{C}$  und  $-17,8^{\circ}\text{C}$  Gültigkeit besitzt.

Zusammenfassend ist eine Beschneivung auf Basis dieser Überlegungen dann möglich, wenn die Feuchttemperatur nicht über  $-3^{\circ}\text{C}$  liegt und zugleich kein Wind stärker als  $11,32\text{ m/s}$  vorherrscht. Zur Bewertung der Nutzbarkeit des produzierten (oder gefallenen) Schnees ist zudem zu prüfen, ob Mindestschneehöhen von  $10\text{ cm}$  bzw.  $30\text{ cm}$  erreicht werden und ob disruptive Ereignisse auftreten, die eine Nutzung präparierter Pisten unterbinden. Zu diesen gehören Regen von  $>20\text{ mm}$  am Tag über mehr als zwei Tage, eine Lufttemperatur von  $>10^{\circ}\text{C}$  über mehr als zwei Tage und Windgeschwindigkeiten ab  $21,09\text{ m/s}$ . Das in der freien Software LibreOffice implementierte DSS wurde flexibel gehalten, so dass Parameter (etwa die nötige Feuchttemperatur oder die

Mindestschneehöhen) an abweichende Rahmenbedingungen betrachteter Anlagen und Standorte angepasst werden können.

Das Modell liefert vier zentrale Werte:

- Summe der Tage, an denen es zu natürlichem Schneefall kommt
- Summe der Tage, an denen künstliche Beschneigung möglich wäre
- Summe der Tage, an denen der Wind zu stark für den Betrieb wäre
- Summe der Tage, an denen Wärme oder Regen die Pisten angreifen würden

Disruptive Perioden werden in der Auswertung nur berücksichtigt, wenn zum Zeitpunkt ihres Eintretens Naturschnee lag oder eine Beschneigung in den Tagen zuvor möglich gewesen wäre. Das DSS kann mit historischen Klimadaten oder mit prognostischen Daten aus Klimamodellen betrieben werden.

Die Anwendbarkeit des DSS wird nachfolgend am Beispiel des Kleinen Winterbergs in Schierke im Harz demonstriert, wo derzeit ein neues Skigebiet entwickelt wird [15]. Für diesen Standort konnte auf historische Daten einer DWD-Wetterstation (von 1951/1952 bis 2016/2017) sowie auch auf Prognosedaten des DWD-Klimamodells REMO (Regionales Modell) unter Annahme des IPCC-Szenarios A1B (von 2017/2018 bis 2099/2100) zurückgegriffen werden. Beide Datensätze entstammen dem Regionalen Klimainformationssystem für Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen und lagen in Form von Tagesmitteln (Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit, Schneehöhe) und Tagessummen (Niederschlag) vor.

### 3. Ergebnisse

Die Anwendung des DSS auf die Daten zeigt, dass die Anzahl der Tage, an denen Naturschnee fällt, seit den 1950ern deutlich zurückgegangen ist (siehe Tab.1, Abb. 2 und 3) – eine Entwicklung, die sich mit einem weiteren Rückgang in den 2020ern und 2030ern fortzusetzen droht. Eine künstliche Beschneigung wäre für ein tragfähiges Wintersportangebot an diesem Standort somit unverzichtbar.

Wie das Modell zeigt, nimmt jedoch auch die Anzahl an Tagen, an denen eine Beschneigung möglich wäre, ab den 2030ern deutlich ab (siehe Abb. 4). Für Investitionen kritisch ist dabei die Zunahme potentieller Totalausfälle. Während viele Skigebiete eine schlechte Saison kompensieren können, können zwei oder mehr Ausfälle in Folge den Betreiber stark schädigen. Ausgehend von dem für die Masterarbeit entwickelten Modell ist wahrscheinlich, dass ab den 2040ern auch mit Beschneigung gut die Hälfte aller Saisons in einem Totalausfall mit <10 Betriebstagen resultieren würde. Der Wind spielte weder für die Beschneigung noch für die Ausfälle eine wichtige Rolle – und auch die Zahl wärme- und regenbedingter Störungen ist für die Gesamtbewertung unerheblich.

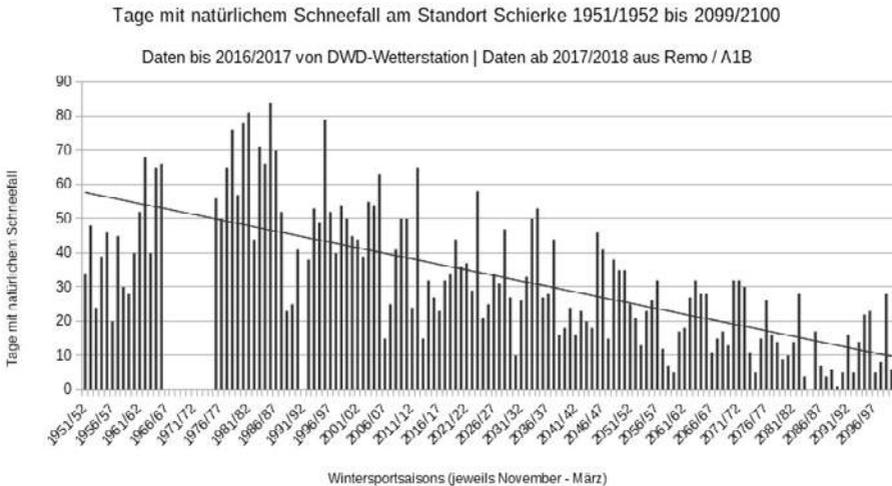


Abbildung 2: Entwicklung der Anzahl von Tagen mit natürlichem Schneefall zwischen 1951/1952 und 2099/2100.

Tabelle 1: Entwicklung der Schneefalltage zwischen 1951 und 2100 (die 2010er sind unterteilt, da hier der Übergang zwischen Real- und Prognosedaten liegt).

Dekade	Ø Anzahl Tage mit Naturschnee	Dekade	Ø Anzahl Tage mit Naturschnee
1950er	35	2020er	35
1960er	55	2030er	31
1970er	61	2040er	28
1980er	59	2050er	20
1990er	51	2060er	21
2000er	43	2070er	19
2010er	34	2080er	9
2010er	39	2090er	13

Zu beachten ist, dass in Gegenden mit hoher Luftfeuchtigkeit niedrige Lufttemperaturen von deutlich unter  $0^{\circ}\text{C}$  erforderlich sind, damit die Feuchttemperatur unter  $-3^{\circ}\text{C}$  fällt. Während bei einer Luftfeuchtigkeit von 60% nur  $-1^{\circ}\text{C}$  erreicht werden muss, um künstlich beschneien zu können, muss die Temperatur bei 90% unter  $-2,5^{\circ}\text{C}$  fallen. Das macht den feuchten Harz, in dem die Luftfeuchtigkeit im Winter meist über 90% liegt, zu einem ungünstigen Standort für Beschneigung – obwohl von deren Verfechtern nicht selten mit der Feuchtigkeit und der damit verbundenen Wasserverfügbarkeit geworben wird.

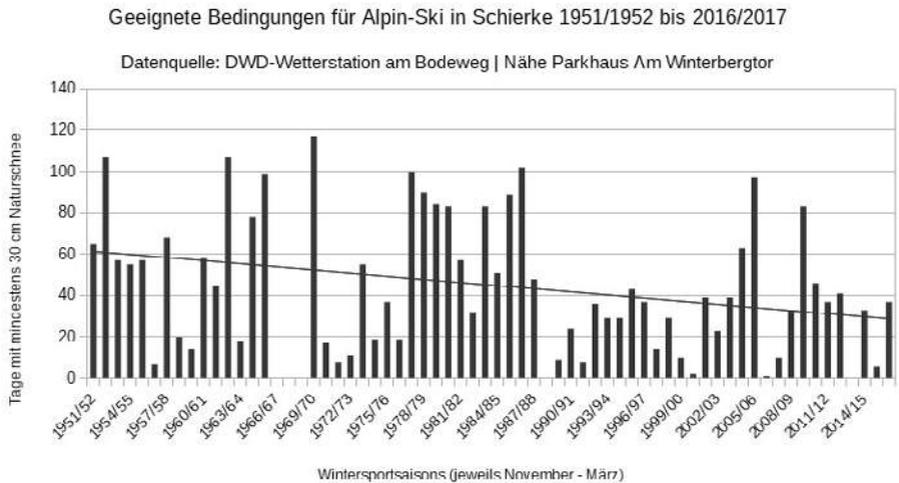


Abbildung 3: Anzahl der für Alpin-Ski auf Naturschneebasis geeigneten Tage zwischen 1951/1952 und 2016/2017.

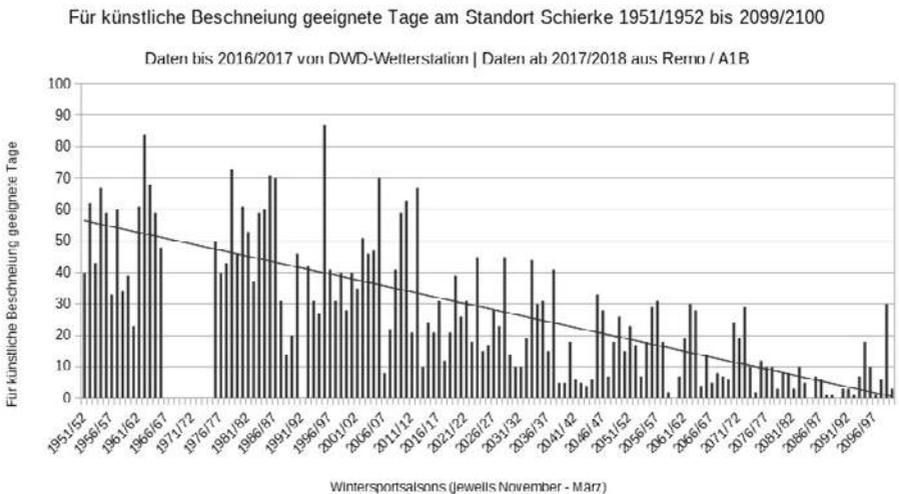


Abbildung 4: Entwicklung der Anzahl von Tagen zwischen 1951 und 2100, an denen eine künstliche Beschneigung möglich bzw. möglich gewesen wäre.

## 4. Ausblick

Das in diesem Beitrag skizzierte DSS wurde als einfacher Prototyp in Libre Office realisiert. Während die Implementierung zu Demonstrationszwecken ausreichend ist, wäre eine weitere Optimierung insbesondere hinsichtlich zweier Eigenschaften sinnvoll: Der Realisierung als Stand Alone-Software sowie der Erweiterung des Modells von der aktuellen Tages- auf eine Stundenbasis. Durch diese Erweiterung könnten nicht nur konkrete Beschneigungs-Zeitfenster identifiziert, sondern auch geprüft werden, ob eine Nutzung dieser Fenster – etwa vor dem Hintergrund des Lärmschutzes – überhaupt möglich wäre. Gegenüber dem vorliegenden wäre dieses erweiterte Modell mit einem wesentlichen Zugewinn an prognostischer Genauigkeit verbunden. Die skizzierten Verbesserungen sollen in den kommenden Jahren schrittweise umgesetzt und interessierten Anwenderinnen und Anwendern Open Access zur Verfügung gestellt werden.

## 5. Literaturverzeichnis

- [1] Reintinger, C.: „Wohin geht die Reise? Eine Analyse aktueller und zukünftiger Reiseentscheidungen deutscher Touristen“, Dissertation, LMU München, München (2016).
- [2] Bender, O.; Borsdorf, A.; Fischer, A.; Stötter, J.: „Mountains Under Climate and Global Change Conditions – Research Results in the Alps“, in: Blanco, J. A.; Kheradmand, H. (Hrsg.): „Climate Change. Geophysical Foundations and Ecological Effects“, Chapter 20, IntechOpen, London (2011).
- [3] Abegg, B.: „Tourismus im Klimawandel. Ein Hintergrundbericht der CIPRA“, CIPRA International, Schaan (2011).
- [4] Tötzer, T.; Schaffler, V.: „Fallstudienbericht Anpassung privater Akteure im Wintertourismus“, Austrian Institute of Technology, Wien (2017).
- [5] Reinboth, C.: „Die Zukunft der künstlichen Beschneigung in Mitteleuropa: Konzeptionierung eines Decision Support Systems“, Masterarbeit, FernUniversität Hagen, verfügbar über die Open Access-Plattform Publica der Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung, München (2019).
- [6] Benoit, C.: „Lufttemperatur und Luftfeuchte als Voraussetzung zur Erzeugung von künstlichem Schnee“, Masterarbeit, Universität Graz, Graz (2012).
- [7] Olefs, M.; Fischer, A.; Lang, J.: „Boundary Conditions for Artificial Snow Production in the Austrian Alps“, in: Journal of Applied Meteorology and Climatology 49 (6), S. 1096-1113 (2010).
- [8] Schneider, F.: „Kostenmanagement und Controlling-Instrumente von technischen Beschneigungsanlagen“, Diplomarbeit, Hochschule Mittweida, Mittweida (2014).
- [9] Becken, S.: „The importance of climate and weather for tourism: literature review“, in: LEaP – Land Environment and People (2010).

- 
- [10] Scott, D.; Steiger, R.; Ruddy, M.; Johnson, P.: „The future of the Olympic Winter Games in an era of climate change“, in: *Current Issues in Tourism* 18 (10), S. 913-930 (2015).
- [11] Demiroglu, O.C.; Kučerová, J.; Ozcebe, O.: „Snow reliability and climate elasticity: Case of a Slovak ski resort“, in: *Tourism Review* 70 (1), 1-12 (2015).
- [12] Bark, R.H.; Colby, B.G.; Dominguez, F.: „Snow days? Snowmaking adaptation and the future of low latitude, high elevation skiing in Arizona, USA“, in: *Climate Change* 102 (3-4), S. 467-491 (2010).
- [13] Foken, T.; Lüers, J.: „Regionale Ausprägung des Klimawandels in Oberfranken“, in: *Bayreuther Kontaktstudium Geographie*, Band 8, S. 33-42 (2015).
- [14] <http://www.the-snowman.com/wetbulb2.html>
- [15] de Jong, C.; Knolle, F.; Reinboth, C.; Wendenkamp, O.: „Das Projekt Natürlich.Schierke – eine kritische Betrachtung“, in: *Unser Harz* (11/2017), S. 216-223 (2017).

# **Einflussfaktoren auf die Nutzungsabsicht von Crowdsourcing - Eine qualitative Untersuchung in kleinen und mittelständischen Unternehmen**

Uhlig, S.<sup>1</sup>; Schneider, A.<sup>1</sup>; Wendeborn, T.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Hochschule Mittweida

<sup>2</sup> Universität Leipzig

E-Mail: uhlig3@hs-mittweida.de

## **Kurzfassung**

Mithilfe einer qualitativen Studie soll ein entwickeltes Erklärungsmodell vervollständigt werden, um die wesentlichen Einflussfaktoren auf das Nutzungsverhalten von Crowdsourcing zu identifizieren. Dazu wurden 38 leitfadengestützte Experteninterviews in kleinen und mittelständischen Unternehmen geführt, wobei die Gründe fokussiert wurden, die einen Einfluss auf die Einstellung zur Nutzung von Crowdsourcing haben. Das Erklärungsmodell konnte nach der Transkription und Inhaltsanalyse um die nutzungsfördernden und -hemmenden Antezedenzen konkretisiert werden und die Erkenntnisse liefern aus praktischer Sicht wichtige Anknüpfungspunkte für die Ableitung von Implikationen für den Einsatz von Crowdsourcing in Unternehmen.

## **1. Einleitung**

Die Bedeutsamkeit und das wachsende Interesse am Einbezug von Crowdsourcing in den Innovationsprozess lassen sich an der steigenden Zahl von Publikationen zu dieser Thematik ablesen [1][2][3][4]. Eine Literaturrecherche zeigt, dass bereits verschiedene Ansätze inhaltlicher und methodischer Art über die Nutzung von interaktiven und kollaborativen Innovationsprozessen existieren. Die Einstellungen und Ursachen, welche positiv oder negativ auf die Nutzungsabsicht von Informationstechnologien wirken, werden in verschiedenen Studien berücksichtigt. Diese liefern relevante Befunde zum vorgelagerten Prozess der Nutzungsentscheidung von onlinebasierten Technologien in Unternehmen [2]. Es fehlt jedoch an Untersuchungen, die sich mit den Entscheidungsprozessen der Nutzer\*innen im Rahmen eines crowdsourcing-basierten Innovationsmanagements sowie der Identifikation der relevanten Entscheidungsdeterminanten und ihrer Wirkungsbeziehungen auseinandersetzen. Zudem wurde das Thema Open Innovation sowie speziell die Methode des Crowdsourcing bisher überwiegend im Rahmen des Innovationsmanagements von Großkonzernen betrachtet und es besteht die Notwendigkeit spezifischer empirischer Untersuchungen in kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU) [3]. Zusammenfassend stehen

nur wenige Untersuchungen zur Intention, Einstellung, fördernden und hemmenden Faktoren eines Crowdsourcingensatzes im Innovationsmanagement von KMU zur Verfügung [5][6]. Diese Forschungslücke soll in der vorliegenden Arbeit aufgegriffen werden.

## 2. Zielstellung

Die Zielstellung liegt in der Entwicklung eines Theoriemodells zur Erklärung der Einstellung und Absicht der Nutzung von Crowdsourcing im Innovationsprozess in KMU. Fokussiert wird dabei die Identifikation von Antezedenzen bzw. Determinanten, die sich auf die Einstellung zur Nutzung von Crowdsourcing auswirken. Einen geeigneten Erklärungsansatz für die Einstellung zum Crowdsourcing von Unternehmen liefert die Einstellungs-Verhaltens-Forschung [7]. Die Behavioral Reasoning Theory (BRT), die eine Weiterentwicklung der Theorie des geplanten Verhaltens darstellt [8][9][10], wird in der Arbeit als geeigneter integrativer Ansatz zur Erklärung und Prognose des Verhaltens genutzt. Die BRT enthält Konstrukte und motivationale Determinanten, die auch für die Untersuchung der Nutzungsabsicht von Crowdsourcing von Bedeutung erscheinen. In einem weiteren Schritt wird das theoretische Erklärungsmodell empirisch überprüft. Für die Spezifizierung der BRT-Konstrukte, insbesondere der Gründe für und gegen die Nutzung, wird eine Literaturanalyse sowie eine qualitative Untersuchung geplant. Auf Basis der Erkenntnisse der ersten Studie wird das Erklärungsmodell der Intention zum Crowdsourcing um die ermittelten nutzungsfördernden und -hemmenden Gründe konkretisiert. Neben den theoretischen und methodischen Erkenntnissen werden auch praktische Erkenntnisse angestrebt. Auf Basis der theoretischen und empirischen Erkenntnisse der Arbeit sollen im Rahmen der praxisorientierten Zielstellung entsprechende Handlungsempfehlungen für den Einsatz von Crowdsourcing in KMU entwickelt werden.

## 3. Untersuchungsdesign der Studie

Im ersten Schritt der Studie erfolgt die Spezifizierung der einzelnen Konstrukte des konzipierten Erklärungsmodells. Zudem wird die Recherche anhand jener Indikatoren vollzogen, die zur Messung der hypothetischen Konstrukte als geeignet erscheinen. Hierfür wird in einer Literaturanalyse zunächst nach möglichen Gründen, die für oder gegen die Nutzung des Crowdsourcing im Innovationsmanagement sprechen, gesucht. Zudem wird für die Ermittlung der Antezedenzen der globalen Motive und der Nutzungsintention eine qualitative Studie in Form von leitfadengestützten Experteninterviews durchgeführt [11][12][13][14][15]. Auf Grundlage der aus der Literaturanalyse und qualitativen Untersuchung gewonnenen Erkenntnisse resultieren die Ergänzung des Erklärungsmodells, insbesondere um die fördernden und hemmenden Faktoren des Ein-

satzes des Crowdsourcing sowie die Konkretisierung der Hypothesen. Abgeschlossen wird die erste Phase der empirischen Untersuchung mit der Recherche nach Indikatoren, welche die Komponenten des Modells angemessen repräsentieren. Im zweiten Schritt wurde eine Vorstudie durchgeführt, die das Ziel verfolgt zu überprüfen, wie die spezifizierten Konstrukte des Modells diskriminant voneinander zu unterscheiden sind. Im Ergebnis soll deutlich werden, wie viele Faktoren bzw. Gründe die Intention und Einstellung zur Nutzung des Crowdsourcing im Innovationsmanagement determinieren. Weiterhin dient die Vorstudie dazu, das generelle Fragenverständnis bei den Probanden zu testen, um darauf aufbauend den endgültigen Fragebogen für die Hauptstudie entwickeln zu können.

#### 4. Ergebnisse und Ausblick

Im Erhebungszeitraum Juni 2020 bis März 2021 konnten insgesamt 38 Experteninterviews mit Mitgliedern aus KMU geführt werden. Die Stichprobe setzt sich aus acht Frauen und 30 Männern zusammen. Das Durchschnittsalter betrug 40 Jahre (SD = 10.13). Die Interviews wurden transkribiert und die Inhaltsanalyse mithilfe der Auswertungssoftware MAXQDA durchgeführt.

Die qualitative Studie konnte zeigen, dass die häufigsten Gründe für den Einsatz von Crowdsourcing im Innovationsprozess das Wissen und die Kompetenz der Crowd, das Erfassen von Kundenbedürfnissen, eine Finanzierung durch die Crowd, die Produkt- und Leistungsverbesserung und ein Kostenvorteil für das Unternehmen sind.

Tab. 1: Meistgenannte Gründe für den Einsatz von Crowdsourcing im Innovationsprozess

Grund für Nutzung	Beispiel	Häufigkeit, n (%)
Wissen und Kompetenz der Crowd	„Der erste Grund, und das denke ich auch ist der wichtigste, wäre, dass du an ein viel größeres Spektrum an Wissen gelangst, [...]“	26 (68.4)
Kundenbedürfnisse erfassen	„Zum Beispiel wenn ich mir nicht sicher bin, ob eine Funktion von einem Produkt in einer breiten Masse wirklich benötigt wird, also sowas wie eben Umfragefunktion oder wenn man bei einem gewissen Design nicht weiterkommt, dass man dort eben potentiell noch externe Expertise braucht oder einen Blickwinkel.“	13 (34.2)
Finanzierung durch Crowd	„Ich könnte mir das auch für mich selbst vorstellen, wenn ich in der Lage wäre, dass ich Geld benötige, würde ich das vielleicht bevorzugen bevor ich zu einer Bank gehe, würde ich das vielleicht auf diese Weise versuchen.“	11 (28.9)

Tab. 1 (Fortsetzung): Meistgenannte Gründe für den Einsatz von Crowdsourcing im Innovationsprozess

<b>Grund für Nutzung</b>	<b>Beispiel</b>	<b>Häufigkeit, n (%)</b>
Kostenvorteil	„[...] dass man Sachen auslagern kann an eine breite Masse, die dann Bock hat das zu tun und dafür irgendwie weniger oder kein Geld haben wollen, dann wäre es natürlich auch effizienter von der Kostenstruktur her.“	8 (21.1)
Produkt-/Leistungsverbesserung	„Ich kann dann in Verbindung mit den Ergebnissen meine Produkte der Lage entsprechend oder der Anforderung entsprechend anpassen. Insofern habe ich da schon was davon.“	7 (18.4)

Die häufigsten Gründe, die gegen den Einbezug von Crowdsourcing im Entwicklungsprozess sprechen, sind das Infragestellen der Kompetenz und der Zusammensetzung der Crowd, die Transparenz gegenüber der Konkurrenz und die damit eventuell einhergehende gleichzeitige Schaffung neuer Konkurrenz, der firmeneigene Wissensverlust sowie die Vernachlässigung des eigenen Potentials und der Individualität.

Tab. 2: Meistgenannte Gründe gegen den Einsatz von Crowdsourcing im Innovationsprozess

<b>Grund gegen Nutzung</b>	<b>Beispiel</b>	<b>Häufigkeit, n (%)</b>
Kompetenz und Zusammensetzung der Crowd	„[...] und dass da heutzutage viele Leute mitmachen oder da vielleicht auch Fakes dann eher rauskommen, sich Leute bloß profilieren, obwohl sie kein Know-How haben, das weiß ich nicht.“	22 (57.9)
Transparenz für und Schaffung von Konkurrenz	„[...] weil es unter Umständen vielleicht auch Konkurrenzgeschichten gibt, dass also Wettbewerber dort genau oder relativ schnell wissen, was das Ziel ist oder so, oder wie weit man schon ist mit seinen Entwicklungen bevor man es hat schützen lassen.“	19 (50.0)
Verlust firmeninternes Know-how	„Und da kann es natürlich auch zu Verlusten, Ideenverlusten oder Know-how-Verlusten kommen. Das wäre der Nachteil, den ich sehe, wenn ich das Ganze öffentlich mache.“	7 (18.4)
Vernachlässigung eigener Potentiale und Individualität	„Dass meine Produkte sehr individuell sind. Also dass sie halt wirklich auf den Einzelnen, auf die einzelne Person, auf den einzelnen Kunden eben genau zugeschnitten werden und es oft eben genau nicht repräsentativ ist, was für die Masse interessant ist, sondern eben für die Einzelperson.“	5 (13.2)

Die vorliegenden Ergebnisse der qualitativen Studie ermöglichen das Modell zur Erklärung der Intention zur Nutzung des Crowdsourcings um die fördernden und -hemmenden Gründe zu konkretisieren. Im nächsten Schritt der laufenden Forschung erfolgen die Spezifizierung und quantitative Überprüfung der einzelnen Messmodelle sowie des gesamten Modells zur Erklärung der Intention von KMU zur Nutzung des Crowdsourcings.

## 5. Literaturverzeichnis

- [1] Haase, I. (2019): Kommunikation in Open Innovation-Prozessen von kleinen Unternehmen, Wiesbaden.
- [2] Christ, O.; Czarniecki, M.; Scherer, L. A.; Blohm, I. (2019): Systematische Unternehmensentwicklung und Geschäftsmodellinnovation durch die Integration kollektiver Intelligenz, in: Robra-Bissantz, S.; Lattemann, C. (Hrsg.): Digital Customer Experience, Wiesbaden, S. 255-269.
- [3] Leimeister, J.; Blohm, I.; Rhyh, M. (2016): Crowdsourcing für den Mittelstand. Kollektive Intelligenz in F&E-Prozesse integrieren, in: IM+io Fachzeitschrift für Innovation, Organisation und Management 31 (1), S. 64-68.
- [4] Schneider, A.; Wendeborn, T.; Uhlig, S.; Karapanos, M. (2019): Grenzenlos und mit Hilfe der Vielen: Ermöglichung von Innovationen mittels Crowdsourcing, in: Leal, W. (Hrsg.): Aktuelle Ansätze zur Umsetzung der UN Nachhaltigkeitsziele, Berlin und Heidelberg, S. 463-479.
- [5] Uhlig, S.; Schneider, A.; Wendeborn, T. (2019): Einflussfaktoren der Nutzungsabsicht von Crowdsourcing in kleinen und mittelständischen Unternehmen, 20. Nachwuchs-wissenschaftlerkonferenz (NWK), Merseburg.
- [6] Uhlig, S.; Schneider, A.; Wendeborn, T. (2019): Antezedenzen der Nutzungsabsicht von Crowdsourcing in kleinen und mittelständischen Unternehmen der Sportbranche, 24. Sportwissenschaftlicher Hochschultag der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft (dvs), Berlin.
- [7] Kroeber-Riel, W.; Weinberg, P. (2003): Konsumentenverhalten, 8. Aufl., München.
- [8] Luo, Q.; Oh, L.-B.; Zhang, L.; Chen, J. (2014): Examining the showrooming intention of mobile-assisted shoppers in a multichannel retailing environment, in: Proceedings of the 18th Pacific Asia Conference on Information Systems (PACIS), Paper 141.
- [9] Ajzen, I. (2014): The theory of planned behaviour is alive and well, and not ready to retire: a commentary on Snihotta, Pesseau, and Araújo-Soares, in: Health Psychology Review, <http://dx.doi.org/10.1080/17437199.2014.883474>.
- [10] Westaby, J. (2005): Behavioral reasoning theory: Identifying new linkages underlying intentions and behavior, in: Organizational Behavior and Human Decision Processes, Vol. 98, No. 2, pp. 97-120.
- [11] Kruse, J. (2014): Qualitative Interviewforschung. Ein integrativer Ansatz, Weinheim und Basel.

- 
- [12] Witzel, A.; Reiter, H. (2012): *The Problem-centered interview: Principles and Practice*, London.
- [13] Gläser, J.; Laudel, G. (2010): *Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse als Instrumente rekonstruierender Untersuchungen*, 4. Aufl., Wiesbaden.
- [14] Jäger, U.; Reinecke, S. (2009): *Expertengespräch*, in: Baumgarth, C.; Eisend, M.; Evanschitzky, H. (Hrsg.): *Empirische Mastertechniken. Eine anwendungsorientierte Einführung für die Marketing- und Managementforschung*, Wiesbaden, S. 29-76.
- [15] Witzel, A. (2000): *Das problemzentrierte Interview*, in: *Forum Qualitative Sozialforschung - Theories, Methods, Applications* 1(1), S. 1-9.

# Akzeptanzkommunikation für erneuerbare Energieprojekte mittels Webapplikation

Walter, S.

Hochschule Mittweida

Technische Universität Bergakademie Freiberg

E-Mail: walter@hs-mittweida.de

## Kurzfassung

Trotz gesellschaftlicher Akzeptanz für die Erneuerbare-Energie-Branche wächst lokaler bürgerschaftlicher Protest gegen die Realisierung von Energieumwandlungsanlagen aus regenerativen Quellen. UnternehmensvertreterInnen sind z. T. nicht in der Lage, diesem kommunikativ zu begegnen, um Akzeptanz für den (Aus-)Bau ihrer Anlagen zu generieren. Mittels Bevölkerungsumfrage sowie Sammlung von potenziell akzeptanzsteigernden Kommunikationsmaßnahmen und ihrer Bewertung anhand der Media-Richness-Theorie konnte die Webapplikation *Akzeptanz-O-Meter* entwickelt werden. Sie ermöglicht es UnternehmerInnen, das voraussichtliche Akzeptanzniveau der Bevölkerung in einem Bundesland zu bestimmen und offeriert Maßnahmen, die dazu beitragen, die Akzeptanz zu steigern.

## 1. Einleitung: Akzeptanz als (mit-)bestimmender Faktor für die Umsetzung erneuerbarer Energieprojekte

Die Mehrheit der deutschen Bevölkerung steht der Energiewende und den dafür nötigen Anlagen grundsätzlich positiv ggü. [1]. Soll allerdings im persönlichen Umfeld ein Solarpark, Windkrafttrud o. ä. gebaut werden, ändert sich dies [2, 3, 4, 5] und z. T. massive Regionalkonflikte [6] folgen. Dadurch kann sich die Realisierung der Projekte verteuern, verzögern oder sie sogar ganz verhindert werden, weshalb die Aversion von Teilen der Bevölkerung die mögliche Zahl der Anlagen in hohem Maße beeinflusst [7] und somit über die erfolgreiche Umsetzung der Energiewende mitbestimmt.

UnternehmensvertreterInnen rechnen zwar mittlerweile mit bürgerschaftlichem Protest, können allerdings dessen Ausmaß vorab nicht einschätzen und wissen oft nicht, wie sie ihm kommunikativ begegnen sollen. In diesem Zusammenhang sollten UnternehmerInnen sich der Möglichkeiten der (Akzeptanz-)Kommunikation bedienen. Da sich allerdings kleine und mittlere Unternehmen zumeist weder eine entspr. Agentur noch dafür angestellte MitarbeiterInnen leisten können, ist es Ziel der hier beschriebenen Forschung sie mittels einer Webapplikation zu unterstützen. Das *Akzeptanz-O-Meter* soll UnternehmensvertreterInnen nach Eingabe der Charakteristika ihres Projekts die voraussichtliche

Akzeptanz im Freistaat Sachsen berechnen und visualisieren. Zudem soll es ihnen an die Vorhabensituation angepasste Kommunikationsinstrumente vorgeschlagen.

## **2. Theoretische Grundlagen: Das Phänomen Akzeptanz und der Einfluss von Kommunikation**

Bei der wissenschaftlichen Auseinandersetzung mit Akzeptanz wird deutlich, dass sie ein „hochgradig differentielles und multivariabiles Phänomen“ [8] ist. Zunächst ist daher abzugrenzen, wie der Begriff in dieser Arbeit verwendet wird: Von Akzeptanz wird gesprochen, wenn eine positive Einstellung in Form einer passiven oder aktiven Zustimmung und Handlungsbereitschaft oder Handeln gegeben ist [9].

Akzeptanz ist labil, es handelt sich um ein volatiles Konstrukt, welches sich z. B. durch veränderte Rahmenbedingungen im Zeitverlauf verändern kann [10, 11]. Diese Veränderlichkeit der Akzeptanz bildet die Voraussetzung, die es ermöglicht, kommunikative Maßnahmen zur Akzeptanzgenese oder -steigerung erfolgreich einzusetzen. Deren strategischer Einsatz zielt darauf, die Rahmenbedingungen zu verändern und damit auch die normativ-evaluative Bewertung durch das Akzeptanzsubjekt [11] zu wandeln. Die Akzeptanzkommunikation verfolgt dabei das Ziel, Organisationen und ihr Handeln zu legitimieren, indem Projekte im Einvernehmen mit der Gesellschaft und ihren Erwartungen realisiert werden [12]. Sie trägt überdies zur sozialen Integration bei, indem sie durch kommunikative Maßnahmen die Problemlösung fördert [13]. Kommunikation allein kann keine Akzeptanz schaffen, sie leistet jedoch einen Beitrag zu ihrer Ausprägung [13]. Dabei kann sich die Akzeptanzkommunikation sämtlicher Kommunikationsinstrumente bedienen [12].

## **3. Methodik: Sachsenweite Befragung und Kommunikationsmaßnahmenkatalog**

Die für die Applikation genutzten Daten stammen aus mehreren Quellen. Für die Ermittlung der Akzeptanz ggü. Wind-, Wasserkraft-, Solar-, Biomasse- und Geothermieanlagen wurde eine für den Freistaat Sachsen repräsentative Bevölkerungsumfrage mit 1.006 Befragten durchgeführt. Für die möglicherweise akzeptanzsteigernden Instrumenten mit Fokus auf Kommunikationsmaßnahmen wurde eine Sammlung von 59 Instrumenten erarbeitet. Diese wurden auf Basis der Media Richness Theorie (MRT) [14] bewertet.

Die Applikation soll den UnternehmensvertreterInnen nach der Eingabe der Charakteristika ihres Projekts das voraussichtliche Akzeptanzniveau der sächsischen Bevölkerung visualisieren, indem sie die Ergebnisse der sachsenweiten Bevölkerungsumfrage wiedergibt. Zusätzlich werden den UnternehmerInnen an die Vorhabensituation angepasste und auf Basis der MRT bewertete Kommunikationsinstrumente vorgeschlagen.

Weiterhin erscheinen ergänzende Erklärungen, die den UnternehmenvertreterInnen u. a. eine Einordnung der Werte und Instrumente erlauben.

#### 4. Ergebnisse: Webapplikation *Akzeptanz-O-Meter*

Über das Userinterface können die NutzerInnen Angaben zum Projekt tätigen. Zu diesen gehören die Vorhabensart, die Region, ob es sich um ein neues oder den Ausbau eines bestehenden Projekts handelt, Angaben zu den StakeholderInnen usw. Entsprechend dieser Angaben wird der Akzeptanzvorhersagewert für den Freistaat Sachsen in Anlehnung an die Inakzeptanz-Akzeptanz-Skala nach Sauer et al. [11], basierend auf Hofinger [15], mit einem Ampelsystem visualisiert (Abb. 1). Zudem wird der ermittelte Wert der lokalen Akzeptanz in der ausgewählten Region dargestellt.



Abb. 1: Darstellung des Akzeptanzvorhersagewerts (Ergebnis für eine Windkraftanlage im Landkreis Görlitz)

Unter dem Akzeptanzvorhersagewert wird ein erklärender Text eingebunden. Dieser enthält u. a. Aussagen zu Informationsgrad und Befürchtungen der Bevölkerung sowie Hinweise zur Wichtigkeit und dem Umgang mit StakeholderInnen für das gewählte Vorhaben. Des Weiteren werden den UnternehmenvertreterInnen an die Vorhabensituation angepasste Maßnahmen vorgeschlagen. Diese werden in Paid-, Owned- und Earned-Maßnahmen unterteilt. Ihre Auswahl erfolgt aufgrund der gewählten Projektphase, geordnet sind sie absteigend nach der erfolgten Bewertung anhand der MRT, inkl. der Punktzahl (Abb. 2).

#### 5. Kritische Reflexion und Forschungsdesiderata: Ausweitung erwünscht

Das *Akzeptanz-O-Meter* wird derzeit durch UnternehmenvertreterInnen u. a. bzgl. Bedienfreundlichkeit, Gestaltung, Informationswert und Gesamteindruck evaluiert. Nach aktuellem Stand sind die Ergebnisse vielversprechend:

- eine derartige Applikation sei bisher nicht existent,
- sie sei praxisrelevant,
- sie würde die Verantwortlichen bei Unternehmensentscheidungen maßgeblich unterstützen und
- das Tool beinhalte Instrumente, welche bisher nicht bedacht worden seien.

## Earned

Kommunikation über Kanäle, die sie nicht besitzen, für deren Zustandekommen Sie aber kein Geld bezahlen. Dazu zählen Ihre Teilnahme an öffentlichen Formaten wie Diskussionen und journalistische Berichterstattung, die von Ihnen durch Pressearbeit befördert werden kann. ^

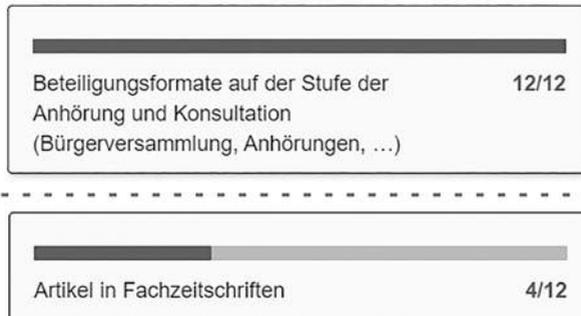


Abb. 2: Akzeptanzsteigernde Instrumente mit Fokus auf Kommunikationsmaßnahmen (Auszug)

Es zeigt sich allerdings, dass Weiterentwicklungen gewünscht sind. Dazu zählt insb. die Ausweitung der Ergebnisse auf ganz Deutschland sowie weiterführende Erläuterungen und Beispiele zu den offerierten Maßnahmen.

## 6. Danksagung

Das Forschungsvorhaben wurde z. T. aus Mitteln des Freistaates Sachsen und des Europäischen Sozialfonds gefördert. Kooperationspartner sind die Technische Universität Bergakademie Freiberg, die Hochschule Mittweida und die MIBRAG Neue Energie GmbH. Konzept, Logik, Design und Inhalte wie Datensätze der Applikation wurden von der Autorin erstellt, die Programmierung erfolgte durch die Cinector GmbH.

## 7. Literaturverzeichnis

- [1] Agentur für Erneuerbare Energien e. V.: „Zustimmung für den Ausbau der Erneuerbaren Energien bleibt hoch“ (2020)
- [2] Fuchs, D.; Gölz, S.; Graf, A.; Gumbert, T.; Klobasa, M.; Ruddat, M.; Sonnberg, M.: „Abschlussbericht: Komplementäre Nutzung verschiedener Energieversorgungskonzepte als Motor gesellschaftlicher Akzeptanz und individueller Partizipation zur Transformation eines robusten Energiesystems – Entwicklung eines integrierten Versorgungsszenarios (KomMa-P)“ (2016)

- [3] Renn, O.: „Aspekte der Energiewende aus sozialwissenschaftlicher Perspektive (Analyse aus der Schriftenreihe Energiesysteme der Zukunft)“, acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e. V., München (2015)
- [4] Althaus, M.: „Schnelle Energiewende – bedroht durch Wutbürger und Umweltverbände? Protest, Beteiligung und politisches Risikopotenzial für Großprojekte im Kraftwerk- und Netzausbau“, TH Wildau, Wildau (2012)
- [5] Egg, F. ab; Poser, H.: „Finanzielle Bürgerbeteiligungen am Beispiel der Energieversorgung“, In: *Bentele, G.; Bohse, R.; Hitschfeld, U.; Krebber, F. (Hrsg.): Akzeptanz in der Medien- und Protestgesellschaft*, Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden (2015)
- [6] Mautz, R.: „Atomausstieg und was dann? Probleme staatlicher Steuerung der Energiewende“. In: *dms – der moderne staat – Zeitschrift für Public Policy, Recht und Management*, 5/1 (2012)
- [7] Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie: „Bayerisches Energiekonzept ‚Energie innovativ‘“, München (2011)
- [8] Seiler, R.: „Akzeptanz von einwohnerbezogenen Nahverkehrsabgaben zur Finanzierung des öffentlichen Personennahverkehrs – Bewertungsbedingungen von Grundbesitzabgabe und Bürgerticket am Beispiel Leipzig“, Diplomarbeit, TU Dresden, Dresden (2014)
- [9] Schweizer-Ries, P.; Rau, I.; Zoellner, J.; Nolting, K.; Rupp, J.; Keppler, D.: „Aktivität und Teilhabe – Akzeptanz Erneuerbarer Energien durch Beteiligung steigern“, Projektabschlussbericht, Magdeburg/Berlin (2010)
- [10] Lucke, D.: „Akzeptanz. Legitimität in der ‚Abstimmungsgesellschaft‘“, Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, DOI 10.1007/978-3-663-09234-6 (1995)
- [11] Sauer, A; Luz, F.; Suda, M.; Weiland, U.: „Steigerung der Akzeptanz von FFH-Gebieten“, BfN-Skript 144 (2005)
- [12] Deutsche Public Relations Gesellschaft e. V.: „AK Akzeptanzkommunikation – 5. November 2018 – Berlin“ (2018)
- [13] Krebber, F.: „Lokale Akzeptanzdiskurse“, In: *Bentele, G.; Bohse, R.; Hitschfeld, U.; Krebber, F. (Hrsg.): Akzeptanz in der Medien- und Protestgesellschaft*, Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, DOI 10.1007/978-3-658-06167-8 (2015)
- [14] Daft, R. L.; Lengel, R. H.: „Information Richness. A New Approach to Managerial Behavior and Organization Design“, In: *Research in Organizational Behavior*, Fort Belvoir, VA (1983)
- [15] Hofinger, G.: „Formen von ‘Akzeptanz’. Sichtweisen auf ein Biosphärenreservat“. In: *Umweltpsychologie*, 5/1 (2001)

# **Die 4.0 Phasen der Geschäftsmodellinnovation: Entwicklung von Geschäftsmodellen als kontinuierlicher Verbesserungsprozess und Förderung unternehmensinterner Open Innovation Projekte**

Başkaya, S.; Schmitt, R. H.

RWTH Aachen University, Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen, Lehrstuhl für Fertigungsmesstechnik und Qualitätsmanagement

E-Mail: s.baskaya@wzl.rwth-aachen.de

## **Kurzfassung**

Um die Entwicklung von Geschäftsmodellen und unternehmensinterner Open Innovation Projekte durch die Einbindung von Personen, die gewöhnlich nicht im klassischen Innovationsprozess berücksichtigt werden, zu fördern, wurden vier Phasen der Geschäftsmodellinnovation definiert. Mittels der niederschweligen „Re-Gu-La-Te“-Phasen (Research, Guidance, Launch, Teardown) können Open Innovation Projekte in Zukunft durch Mitarbeitende eigenständig vorgenommen werden. Im Zuge einer systematischen Literaturrecherche und anschließender Validierung durch Experteninterviews wurden 92 Methoden dem Methodenbaukasten Re-Gu-La-Te zugeordnet.

## **1. Einleitung**

Wettbewerb auf globalen Märkten, rapide Technologieentwicklungen und sich stetig ändernde Kundenanforderungen sind heute die Herausforderungen, die Unternehmen in verschiedenen Branchen gleichzeitig meistern müssen, um erfolgreich zu sein. [1, 2] Produktinnovationen in Kombination mit Geschäftsmodellinnovationen können eine Möglichkeit der Anforderungserfüllung darstellen. [3, 4, 5] Des Weiteren haben unternehmensinterne Open Innovation Projekte das Potenzial, eine kostengünstige Möglichkeit zu sein, um Innovationen zu fördern. Unternehmen (besonders kleine oder mittlere) benötigen bei der Durchführung von derartigen Open Innovation Projekten einerseits eine niederschwellige Vorgehensweise, um nachvollziehbar zu bleiben und Mitarbeitende zu aktivieren. [6] Andererseits gewährleistet ein systematisches Vorgehen die überschaubare Anleitung des Personals seitens des Managements und sichert die Ergebnisse von solchen meist kreativitätsgetriebenen Projekten. Hier ist hervorzuheben, dass das systematische Vorgehen nicht durch einen unnötigen Verwaltungsaufwand zu einer zusätzlichen administrativen Belastung führen darf, sondern die Anforderungen an die Systematik analog den Anforderungen an ein Minimum Viable Product vollkommen ausreichend sind und erst in weiteren Iterationen ausgebaut werden können. Mit einem solchen Vorgehen kann der Trägheit

des Unternehmens entgegengewirkt [7] und eventuelle Entwicklungen frühzeitig ermöglicht werden. [8, 9]

## 2. Zielsetzung

Folgende Forschungsfragen motivierten diese Arbeit: Wie kann die Geschäftsmodellentwicklung zukünftig als ein kontinuierlicher Verbesserungsprozess auch operativ in die Unternehmensstrategie integriert werden? Welche Phasen müssen bei Open Innovation Projekten iterativ absolviert werden, damit die Zukunftsfähigkeit des eigenen Produktportfolios und der Geschäftsmodelle stets gesichert ist? Welche Methoden sind in den einzelnen Phasen notwendig und können einen iterativen Prozess der Geschäftsmodellentwicklung ohne viel Lernaufwand und vorheriger Methodenkompetenz unterstützen?

## 3. Methodik

Um die Forschungsfragen beantworten zu können, wurden vier Phasen der Geschäftsmodellinnovation definiert, wobei etablierte Ansätze der Geschäftsmodellentwicklung (u.a. fünf Phasen von Osterwalder und Pigneur [10], vier Phasen von Gassmann et. al. [11], sechs Phasen von Schallmo [12], fünf Phasen von Wirtz [13]) berücksichtigt und als Grundlage genommen wurden (siehe auch Abbildung 2).

Für jede Phase wurden Methoden im Zuge einer systematischen Literaturrecherche erarbeitet und validiert. Die durchgeführten Schritte (siehe Abbildung 1) waren:

- 1 - Definition der Forschungsfragen
- 2 - Erstellung des Literaturkatalogs
- 3 - Filterung der Literatur
- 4 - Findung der Methoden
- 5 - Filterung der Methoden
- 6 - Auswahl der Methoden
- 7 - Durchführung der Experteninterviews
- 8 - Finalisierung der Methoden

Im Zuge der systematischen Literaturrecherche wurden insgesamt 135 Literaturquellen (von initialen 147 Literaturquellen ab dem vorher festgelegten Publikationsjahr 2000) vollständig untersucht und zunächst insgesamt 861 Methoden gefunden. Durch eine zweistufige Filterung (anhand abgeleiteter Ausschluss-Kategorien & Häufigkeitsnennung) wurden letztendlich 92 Methoden ausgesucht und den vier Phasen zugeordnet. Eine Validierung der Vorgehensweise (Definition der vier Phasen, Auswahl und Zuordnung der Methoden) wurde durch Experteninterviews mit vier Professoren der Betriebswirtschaftslehre erreicht, die ihre Forschungsschwerpunkte u.a. in der Strategischen Unternehmensführung, des Kooperations-, des Ideen-, des Technologie- und Innovationsmanagements hatten.

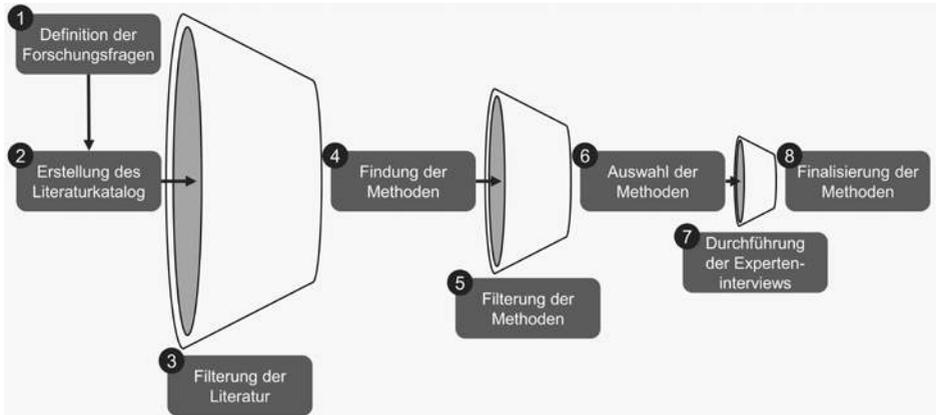


Abbildung 1: Ablauf der systematischen Literaturrecherche und Validierung

Autor(en)	Phasen					
Osterwalder und Pigneur	Mobilize	Understand	Design	Implement	Manage	
Gassmann, Frankenberger und Csik	Initiierung	Ideenfindung	Integration	Implementierung		
Schallmo	GM-Ideen-Gewinnung	GM-Visions-Entwicklung	GM-Prototyp-Entwicklung	GM-Entwicklung	GM-Implementierung	GM-Erweiterung
Wirtz	Design von GM	Implementierung von GM	Operation von GM	Anpassung und Veränderung von GM	Controlling von GM	
Başkaya und Schmitt	<b>Research</b>	<b>Guidance</b>	<b>Launch</b>	<b>Teardown</b>		

Abbildung 2: Die 4.0 Phasen der Geschäftsmodellinnovation auf Basis etablierter Ansätze

### 4. Ergebnis

Es wurde eine Vorgehensweise mit vier Phasen der Geschäftsmodellinnovation erarbeitet (siehe Abbildung 2):

- 1 - Research (**Re**): research a bunch of ideas!
- 2 - Guidance (**Gu**): guide through your concepts!
- 3 - Launch (**La**): launch projects within your company!
- 4 - Teardown (**Te**): tear down every aspect and examine your results!

Re-Gu-La-Te ermöglicht die Etablierung einer niederschweligen Geschäftsmodellentwicklung in Unternehmen. Re-Gu-La-Te kann mittels des Methodenbaukastens im Sinne eines PDCA- (Plan, Do, Check, Act) oder DMAIC-Zyklus (Define, Measure, Analyse, Improve, Control) [14, 15] in unternehmensinternen Open Innovation Projekten genutzt werden, um Mitarbeitende bei zukünftigen Geschäftsmodellentwicklungen zu unterstützen und operativ in die Weiterentwicklung des Produktportfolios und der Geschäftsmodelle einzubinden. Somit kann sichergestellt werden, dass möglichst viele Mitarbeitende in den Prozess der Geschäftsmodellinnovation eingebunden sind. Ferner kann Re-Gu-La-Te für die kontinuierliche Weiterentwicklung von Geschäftsmodellen geregelter in die Strategie eines Unternehmens eingebettet werden.

## 5. Literaturverzeichnis

- [1] Berkholz, D.: Wandlungsfähige Produktionssysteme – der Zukunft einen Schritt voraus. In: Nyhuis, P. (Hrsg.): Wandlungsfähige Produktionssysteme. Heute die Industrie von morgen gestalten. Hannover, Garbsen: Technische Informationsbibliothek u. Universitätsbibliothek; PZH Produktionstechnisches Zentrum, 2008, S. 13-18.
- [2] Wiendahl, H.-P.: Betriebsorganisation für Ingenieure. 6., aktualisierte Aufl. München: Hanser, 2008.
- [3] Gustafsson, A.; Fischer, T.; Gebauer, H.; Gregory, M.; Ren, G.; Fleisch, E.: Exploitation or exploration in service business development? In: Journal of Service Management, 21. Jg., 2010, Nr. 5, S. 591-624.
- [4] Zott, C.; Amit, R.: Business Model Design. An Activity System Perspective. In: Long Range Planning, 43. Jg., 2010, Nr. 2-3, S. 216-226.
- [5] Trimi, S.; Berbegal-Mirabent, J.: Business model innovation in entrepreneurship. In: International Entrepreneurship and Management Journal, 8. Jg., 2012, Nr. 4, S. 449-465.
- [6] Piller, F./Gülpen, C./Lüttgens, D.: Systematische Geschäftsmodellinnovation. In: Granig, P./Hartlieb, E./Lingenhel, D. (Hrsg.): Geschäftsmodellinnovationen. Vom Trend zum Geschäftsmodell. Springer Gabler, Wiesbaden 2016
- [7] Jaekel, M.: Die Anatomie digitaler Geschäftsmodelle. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2015.
- [8] Bieger, T.; Krys, C.: Einleitung – Die Dynamik von Geschäftsmodellen. In: Bieger, T.; Knyphausen-Aufseß, D. zu; Krys, C. (Hrsg.): Innovative Geschäftsmodelle. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2011, S. 1-10.
- [9] Mast, C.: Neuerfindung einer Industrie. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2017.
- [10] Osterwalder, A.; Pigneur, Y. (2010): Business model generation. A handbook for visionaries, game changers, and challengers. New York: Wiley&Sons, 2010.
- [11] Gassmann, O.; Frankenberger, K.; Csik, M. (2017): Geschäftsmodelle entwickeln. 55 innovative Konzepte mit dem St. Galler Business Model Navigator. 2. Aufl. München: Hanser, 2017.

- 
- [12] Schallmo, D. R. A. (Hrsg.): Kompendium Geschäftsmodell-Innovation–Grundlagen, aktuelle Ansätze und Fallbeispiele zur erfolgreichen Geschäftsmodell-Innovation. Wiesbaden: Gabler, 2014.
  - [13] Wirtz, B. W.: Business Model Management. Design - Instrumente – Erfolgsfaktoren von Geschäftsmodellen. Wiesbaden: Gabler, 2010.
  - [14] Schmitt, R.: Basiswissen Qualitätsmanagement. Düsseldorf: Symposium, 2015.
  - [15] Schmitt, R.; Pfeifer, T. (2015): Qualitätsmanagement. Strategien - Methoden - Techniken. München: Carl Hanser, 2015.

# **Serious Games als interaktives Begleitmaterial im Rahmen eines neuen Blended-learning Konzepts für Wirtschaftsinformatik am Beispiel des Moduls „Data Knowledge Management“**

Berger, G.; Fischer, S.; Ruhland, J.  
Friedrich-Schiller-Universität Jena  
E-Mail: Geraldine.Anna.Berger@uni-jena.de

## **Kurzfassung**

In diesem Beitrag stellen die Autoren ein von ihnen entwickeltes Serious Game vor. SQLity ergänzt die üblichen Liftkurse zum Datenbankdesign und -abfrage mittels SQL, die im Einstieg zum Master insbesondere Fach- und Studienort-Wechslerinnen angeboten werden. Das Konzept wurde bereits prototypisch evaluiert.

## **1. Konzept von „SQLity“**

Von angehenden Masterstudierenden wird eine Beherrschung des Fachgebiets „relationale Datenbanken mit SQL“ auf einem „intermediate Level“ erwartet, auf das die Masterveranstaltungen sofort und unmittelbar aufbauen. Rund 50% der Master-Anfänger stammen von anderen Hochschulen, entsprechende Lehrinhalte finden sich aber auf fast allen Bachelorzeugnissen, wobei aber das tatsächliche Kompetenzniveau, auch was die Schwerpunkte des Wissens angeht, enorme Unterschiede aufweist. Oft muss dann erheblicher Stoff – der zudem unter dem Odium steht, „staubtrocken“ zu sein -- in den ersten wenigen Wochen des Semesters nachgearbeitet werden.

Das kombinierte Heterogenitäts-/Motivations- und Zeitproblem wird typischerweise durch teilautomatisierte Liftkurse [1] (z.B. via DATACAMP), Planspiele [2] oder gelegentlich Serious Games [3] angegangen. „SQLity“ stellt dabei ein Escape Room-Spiel dar, mit dem Ziel mittels Abfragesprache SQL verschiedene Rätsel zu lösen. Das Spiel beruht auf dem Lernmodell nach ASTLEITNER et al. Der Schwierigkeitsgrad erhöht sich im Laufe des Spiels, wobei durch gelegentliche Wiederholung ähnlicher SQL-Befehle die Lerneffekte verstärkt werden. Das passende Modell wurde dafür in Abb. 1 dargestellt.

Die Lösungen werden über Tastatur eingegeben und im Hintergrund vor Überprüfung vereinheitlicht. Jedes Level ist auf eine Spieldauer von 5-10 Minuten eingestellt. Zur Entwicklung wurde ein iteratives Design (Playtesting) in Anlehnung an Fullerton et al [5] und die Entwicklungsumgebung UNITY verwendet, die als grundlegende Programmiersprache C# nutzt. Zur grafischen Bearbeitung dienten BLENDER, MIXAMO und PAINT.NET.

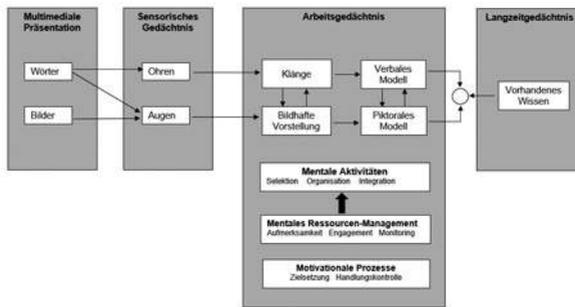


Abb. 1: Das Modell von Multimedia, Lernen und Motivation nach Astleitner et al [4]

## 2. Ergebnisse

Im Rahmen einer Klausurvorbereitung zum SS 2020 erfolgte ein Pretest. Der Prototyp wurde in ca. 2 Personenjahren entwickelt und umfasst bisher 6 von angedacht 15 Leveln. Auf einer Schulnotenskala erzielte die Kernfrage nach der empfundenen Nützlichkeit des Spiels für das Lernen eine 2,2; kritisiert wurden eher technische Fragen nach Bedienung und Kameraposition, nicht die Spielidee selbst.

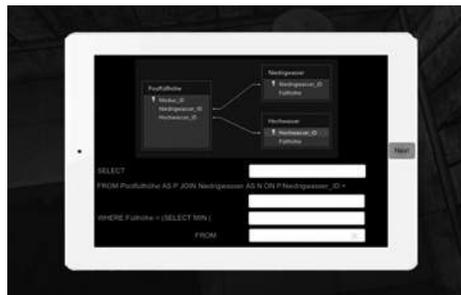


Abb. 2: Level 5 von „SQLity“ mit Tablet-Menü

Aus bildungswissenschaftlicher Sicht werden also die heterogenen Kompetenzen von Studierenden gefördert, ohne sie in starre Kategorien einzuteilen, und mittels eines chronologischen Levelaufbaus lassen sich Kompetenzen erfolgreich und selbstbestimmt erweitern.

Zukünftige Artikel beschäftigen sich mit der Pilotstudie von „SQLity“ im universitären Bereich, dem Einführungsprozess und der Weiterentwicklung zu einem multi-user adversarial Game.

### 3. Literaturverzeichnis

- [1] M. Kern und B. Jahnke: „Gestaltung netzbasierter Planspiel-Lernarrangements (NPL),“ in *Wirtschaftsinformatik 2003*, Bd. 1, Heidelberg, Springer-Verlag, (2003), pp. 727-745.
- [2] S. Baldin: „Entwicklung eines Online-Tutorials zur Datenbank CAS für den Campus Leverkusen der FH Köln,“ *B.I.T.online – Innovativ*, Bd. 40, (2012).
- [3] Y. Charrouf und M. T. Janan: „The use of a serious game in entrepreneurship teaching,“ 08 Juli 2019. [Online]. Available: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10639-019-09958-4>. [Zugriff am 16 01 2021].
- [4] H. Astleitner, I. Pasuchin und C. Wiesner: „Multimedia und Motivation – Modelle der Motivationspsychologie als Grundlage für die didaktische Mediengestaltung,“ *Medienpädagogik - Zeitschrift für Theorie und Praxis der Medienbildung*, pp. 1-19, (2006).
- [5] T. Fullerton, J. Chen, K. Santiago, E. Nelson, V. Diamante und A. Meyers: „That Cloud Game: Dreaming (and Doing) Innovative Game Design,“ in *Proceedings of the 2006 ACM SIGGRAPH symposium on Videogames*, Boston, Massachusetts, (2006).

## **Zusammenarbeit in Hochschulverbänden - Beutegemeinschaft oder strategische Partnerschaft?**

Doering, C.

Hochschule für angewandte Wissenschaften Landshut, Institute for Data and Process Science (IDP)

E-Mail: claudia.doering@haw-landshut.de

### **Kurzfassung**

Allianzen zwischen Unternehmen sind wohl bekannte Phänomene und seit vielen Jahren Forschungsgegenstand. Heutzutage beginnen nun auch Universitäten und Hochschulen Allianzen und Verbände zu bilden, da der Wissens- und Technologietransfer zwischen Hochschulen, Unternehmen und Gesellschaft immer mehr an Bedeutung gewinnt [1]. Dieser Wandel stellt die Institutionen vor neue Herausforderungen, indem Formen der Zusammenarbeit gefunden werden müssen, welche gleichzeitig die Integrität der einzelnen Hochschulen schützen, aber auch eine größtmögliche Kooperation ermöglichen. In diesem Beitrag wird dieser Sachverhalt über ein adaptives Referenzmodell abgebildet.

### **1. Einleitung**

Heutzutage werden Universitäten und Hochschulen nicht mehr als „Elfenbeintürme“ gesehen, in welchen die Forschung von der Gesellschaft getrennt ist, sondern als Institutionen mit einem tiefergehenden Wissenstransfer [2]. Das Umfeld dieser Institutionen wird immer wettbewerbsintensiver, da sie um Fördermittel, Studierende und Projekte konkurrieren. Damit Hochschulen und Universitäten in diesem Umfeld bestehen können bilden sie miteinander Allianzen. Durch diese Verbände können Synergien generiert, Sichtbarkeiten erhöht und Projekte realisiert werden, welche von einer einzelnen Universität nicht durchgeführt werden können.

Um die Arbeit in Hochschulverbänden zu erleichtern, sind strukturelle und organisatorische Veränderungen in den einzelnen Hochschulen notwendig. Dies betrifft vor allem den administrativen Teil der Forschung, umfasst aber z.B. auch Fragen der innovativen Wissenschaftskommunikation.

### **2. Adaptives Referenzmodell für den Wissenstransfer**

Bislang konzentriert sich die Forschung hauptsächlich auf den Wissenstransfer von oder zu einzelnen Universitäten und nicht auf den modellbasierten Wissenstransfer in und aus Universitätsverbänden. Diese Verbände unterscheiden sich jedoch deutlich von einzelnen Universitäten und bedürfen einer stärkeren Unterstützung durch Koordination

und Harmonisierung [2]. Um diesen Sachverhalt abzubilden, werden konsistente Prozesse, Organisationsformen und harmonisierte Dokumente benötigt, welche in diesem Beitrag in einem Referenzmodell definiert werden sollen (siehe Abb.1).

Die Forschung rund um Firmenkooperationen ist im Hochschulwesen nur bedingt anwendbar, da Universitäten und Hochschulen mit anderen internen und externen Bedingungen konfrontiert sind als Unternehmen. Dennoch ist das Konzept der „Coopetition“ Teil dieser Forschung, da Hochschulverbünde wie Unternehmen in Verbänden gleichzeitig miteinander konkurrieren und kooperieren [3, 4]. Das erstellte Referenzmodell soll dazu beitragen, dass Hochschulen und Universitäten in einem Verbund alle Vorteile und Synergien der Zusammenarbeit nutzen können, ohne eine reine „Beutegemeinschaft“ zu sein [5]. Die Identifikation gemeinsamer und langfristig angelegter Interessenslagen und die Zusammenarbeit verschiedener Hochschuldienste soll dazu führen langfristige Potenziale in der Zusammenarbeit im hochschulischen Handeln auszuloten und zu realisieren. Das erstellte Referenzmodell unterstützt somit bei der Erstellung eines Rahmens der Zusammenarbeit, in welcher jede Hochschule und Universität gleichermaßen zur Geltung kommen kann.

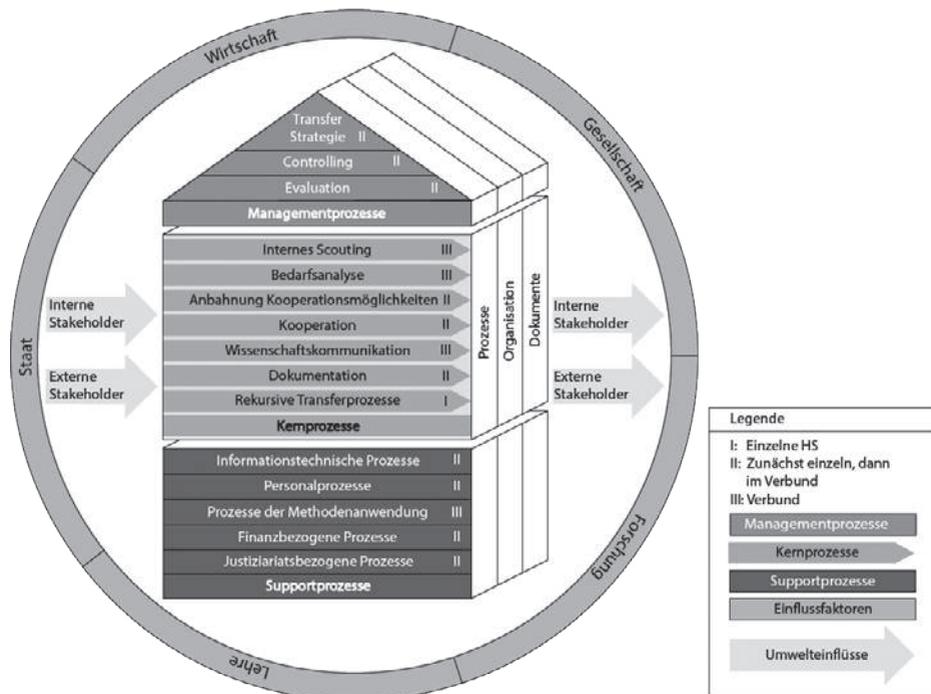


Abbildung 1: Referenzmodell für die Prozesse des Transfers [2]

### 3. Ausblick

Die rhetorische Frage nach einer Beutegemeinschaft oder strategischen Partnerschaft soll die Problematik verdeutlichen, wie aus Institutionen mit divergierenden Interessen und Kompetenzen ein Verbund entstehen kann, welcher von Synergien durch Zusammenarbeit profitieren kann.

Das erstellte Referenzmodell wurde bereits in einem Hochschulverbund angewandt und evaluiert. Zukünftige Forschungstätigkeiten umfassen neben der Evaluation in weiteren Hochschulverbänden, die Beschreibung des Prozesses des Wandels von Konkurrenzbeziehungen zu einer Wertegemeinschaft.

### 4. Literaturangaben

- [1] Roessler, I., Duong, S. u. Hachmeister, C.-D.: Welche Missionen haben Hochschulen? CHE gemeinnütziges Centrum für Hochschulentwicklung (2015)
- [2] Doering, C. u. Seel, C.: Collaborative Knowledge Management in University Alliances with Information Models. In: INSTICC (Hg.) 2019 – 11th International Conference on Knowledge. 2019, S. 243–249
- [3] Hamel, G., L. Doz, Y. u. Prahalad, C. K.: Cooperate with you Competitors and win. Harvard business review (1989), S. 133–139
- [4] Bouncken, R. B., Gast, J., Kraus, S. u. Bogers, M.: Coopetition: a systematic review, synthesis, and future research directions. Review of Managerial Science (2015)
- [5] Brandt, J. u. Arndt, S.: BIT6-Verbund: Beutegemeinschaft oder strategische Partnerschaft? In: Merten, W. u. Knoll, T. (Hrsg.): Handbuch Wissenschaftsmarketing. Konzepte, Instrumente, Praxisbeispiele. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH; Springer Gabler 2019, S. 369–398

# Awareness-based Teaching als Grundlage für einen transformativen Lernprozess

Iser, O.<sup>1</sup>; Heger, S.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Friedrich-Schiller-Universität Jena

<sup>2</sup> Ernst-Abbe-Hochschule Jena

E-Mail: otmar.iser@uni-jena.de

Gesundes Lehren und Lernen wird seit 2015 im Rahmen des Thüringer Modells *Achtsame Hochschulen* erforscht. In Form eines Aktionsforschungsprojekts erprobten wir Achtsamkeit in einem Seminar im Studiengang *Soziale Arbeit* der *Ernst-Abbe-Hochschule Jena*: Wie kann ein achtsamkeitsbasiertes Seminar an der Hochschule zur persönlichen Entwicklung der Studierenden beitragen? Vor allem der sichere Raum und die kollektive Intention zur Achtsamkeit ermöglichten allen Beteiligten eigene Gefühle und Bedürfnisse wahrzunehmen. Die Reflexion der Erfahrungen aus unterschiedlichen Perspektiven soll einen Diskussionsbeitrag zur Weiterentwicklung der Lehre an Hochschulen hin zu achtsamkeitsbasierten und praxisorientierten Formen leisten.

## 1. Einleitung

Ausgehend von den sozialen Wirkungen disruptiver gesellschaftlicher Veränderungen, u.a. ausgelöst durch Globalisierung, Digitalisierung und den Einsatz künstlicher Intelligenz, werden weltweit, auch in Thüringen [1] die Potentiale einer achtsamen Grundhaltung für menschliches Handeln erforscht. Achtsamkeit im Sinne von Kabat-Zinn [2] ermöglicht als mentale Metakompetenz bewusst das gegenwärtige Geschehen und unsere Bewertungen wahrzunehmen. Dadurch fördert Achtsamkeit die soziale Interaktion und Entscheidungsfindung, u.a. in Führungs- und Transformationsprozessen. Transformation bedeutet, im Gegensatz zu Veränderungen auf der Symptomebene, dass die tiefliegenden Muster und Denkweisen, die unser Handeln steuern, wahrgenommen und verändert werden [3]. Die Hochschule hat als Bildungsorganisation eine gesellschaftliche Verantwortung zur Vermittlung solcher sozialen Techniken für kompetentes und gesundheitsförderndes Handeln [4].

## 2. Aktionsforschungsprojekt

Das hier beschriebene Seminar *Achtsame Grundhaltung und Gewaltfreie Kommunikation* förderte über die bisher in Achtsamkeitskursen vermittelte Selbstachtsamkeit hinaus auch die kollektive Dimension der Achtsamkeit [5] (Abb.1).

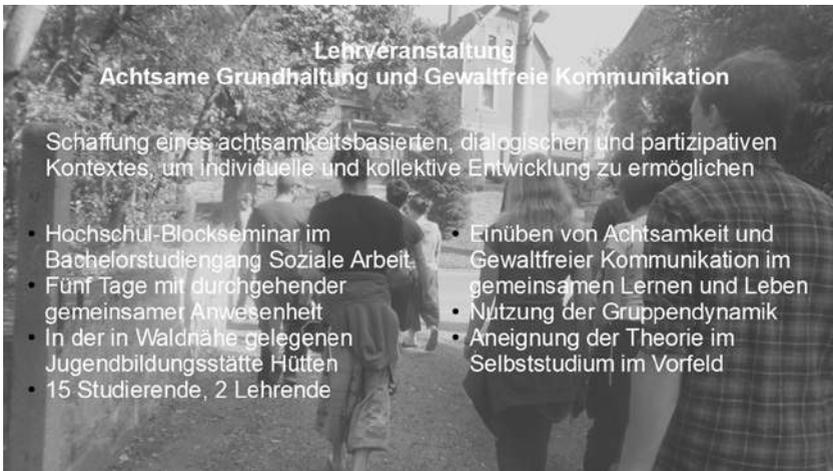


Abbildung 1: Beschreibung des Seminar-Prototypen

Um einen sicheren Kontext bzw. Raum für einen Zugang zu eigenen Gefühlen und Bedürfnissen und für persönliche Entwicklung zu schaffen, gestalteten wir das Seminar bewusst in achtsamer, dialogischer und partizipativer Weise (awareness-based teaching): Wie können im Kontext eines Seminars an der Hochschule Studierende in ihrer individuellen Entwicklung unterstützt werden? Wie kann durch Achtsamkeit sowohl ein individueller als auch kollektiver Transformationsprozess gefördert werden, der den Teilnehmern und der Gruppe ermöglicht, ihr Potential zu entfalten und persönlich zu reifen? Wir entwickelten diesen Prototypen als Aktionsforschungsprojekt. Aktionsforschung als praxis- und handlungsorientierte qualitative Sozialforschung überwindet die Trennung zwischen Forschung und Praxis indem prozessorientiert gehandelt und geforscht wird. Das Wissen entsteht im gemeinsamen Handeln und in der Wahrnehmung des Systems, hier des Seminars, von innen heraus. Lernen, Entwicklung und Transformation bedarf der Verbindung von Denken und Emotion [5]. Deshalb ist die Erfahrung als Wissensquelle zentral [6]. Wie lässt sich ein Seminar mit seinen (emotionalen) Qualitäten von innen heraus wahrnehmen? Zu diesem Zweck reflektieren wir Erfahrungen aus drei Perspektiven [6]: Unsere eigenen Erfahrungen als Lehrbeauftragte, die direkten situationsgebundenen Erfahrungen der Studierenden im Dialog und deren nachträgliche Reflexion in Erfahrungsberichten.

### 3. Ergebnisse und Diskussion

Die zum Teil dem Seminar unfreiwillig zugelosten Teilnehmenden berichten einerseits von Skepsis und Herausforderung, andererseits von der im Laufe des Seminars wach-

senden Sicherheit durch die Gruppe (Abb.2). Für uns alle bedeutete es ein Verlassen der Komfortzone und ein Einlassen auf Intuition und situatives Handeln. Das Loslassen der Muster von Planung und Kontrolle ermöglichte uns Lehrenden das situative Wahrnehmen und Handeln, die Präsenz in der Gegenwart und die Begegnung mit der Gruppe.



Abbildung 2: Zitate aus Erfahrungsberichten

Wir konnten viele weitere Faktoren identifizieren, die persönliche Transformationsprozesse in der Gruppe begünstigten. Alle diese Qualitäten gründen auf einer bewussten Verbindung mit eigenen Bedürfnissen und Gefühlen. Diese Verbindung wurde wiederum durch Achtsamkeitsübungen und Dialoge gefördert.

Der achtsamkeitsbasierte Kontext des Seminars könnte den Zugang und das Mitteilen von Gefühlen und Bedürfnissen in der Gruppe gefördert haben und zu dem von den Teilnehmern reflektierten Wachstum von Selbstvertrauen und Selbsterkenntnis beigetragen haben. Das Loslassen vermeintlicher Sicherheiten förderte paradoxerweise den sicheren Raum für persönliche Öffnung, Begegnung und Reifung. Weitere Prototypen und qualitative wie quantitative Erhebungen sind nötig, um diese Thesen zu prüfen und die Praktiken weiterzuentwickeln.

#### 4. Literaturverzeichnis

- [1] Albrecht, R., Güngör, L. & Sandbothe, M.: Achtsamkeit als Metabildung in der digitalen Gesellschaft. In J. Achatz, R. Albrecht & L. Güngör (Hrsg.), *Digitalisierung-Werte zählen?* Königshausen & Neumann, Würzburg (2019)

- 
- [2] Kabat-Zinn, J.: Mindfulness-Based Interventions in Context: Past, Present, and Future. *In: Clinical Psychology: Science and Practice, 10 (2), 144-156 (2003)*
  - [3] Scharmer, C.O.: Education is the Kindling of a Flame: How to Reinvent the 21st-Century University., *In: Huffington Post 5.1.2018, updated 8.1.2018 (2018)*
  - [4] Stein, Z.: Education in a time between worlds. Essays on the future of schools, technology & society. Bright Alliance San Francisco, (2019)
  - [5] Scharmer, C.O. & Hayashi, A.: Den sozialen Körper spüren. Was bedeutet es, gemeinsam Mensch zu werden. *In: evolve (22), 32-36 (2019)*
  - [6] Varela, F. J. & Shear, J. (1999). First-person Methodologies: What, Why, How. *Journal of Consciousness Studies, 6 (2-3), 1-14.*

# Universal Basic Income and Work Motivation

Malinka, J.<sup>1</sup>; Mitte, K.<sup>1</sup>; Ziegler, M.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ernst-Abbe-Hochschule Jena

<sup>2</sup> Humboldt-Universität zu Berlin

E-Mail: julia.malinka@eah-jena.de

## Abstract

Universal Basic Income (UBI) is traded as an alternative to basic social security. The question of work motivation has not been addressed in empirical research. Psychology in particular can contribute an additional benefit, as it deals with the experience and behavior of individuals.

Due to a lack of empirical studies, we will first look at findings from other fields of work science, especially research on voluntary work, job embeddedness or unemployment that allow us to reveal similarities to work motivation in UBI context.

By examining Self-Determination Theory (SDT) as one of the leading psychological motivation theories [1], it becomes clear how multifaceted the possibilities are that psychological concepts can bring to the study of UBI.

## 1. Introduction and problem definition

Have you ever asked yourself what you would change in your life if you won the lottery? If your financial base was taken care of, would you still work? What would motivate you to work if you received a monthly UBI?

UBI implies that a fixed amount of money is paid to every citizen congenitally, regardless of factors such as age, sex, class, ethnicity or income and without further requirements [2]. It is rather a recognition of a person's belonging to a society than an act of charity or financial compensation.

In a broad scientific discussion, one of the central questions for research in industrial and organizational psychology must be how work motivation develops in the context of basic financial security with UBI [3]. There can be found theories and research results from psychology that facilitate an understanding of work motivation in UBI context.

## 2. Findings from work psychology

Similarities with the UBI context can be seen in voluntary work. Here, as there, autonomous scope can be used beyond monetary incentives. The results of the research on volunteering allow an interesting perspective on the functions of today's gainful employ-

ment and motivational aspects. Wehner and Güntert [4] conclude that volunteering is characterized by a compensatory effect to gainful employment. In non-profit activities, meaning and significance are more often grasped, values and personality are expressed. In the context of UBI, it might also be the case that compensatory activities to the previous job are tracked, because inner values, beliefs or interests are better fulfilled.

Another interesting view on work motivation in UBI context can be transferred from job embeddedness theory [5]. Embeddedness outlines the factors links, fit and sacrifice that induce an employee to stay in a job or in an organization [6]. Furthermore, there is a distinction between on-the-job (organizational) factors and off-the-job (community) factors. Empirical studies show evidence for the explanatory force of the community variables as an additional predictor [6,7]. There are two leading aspects for UBI context. First, being well embedded in a job or organization can besides other factors lead people to stay in a gainful employment, even when other possibilities arise. Second, the theory might be helpful to investigate in displacement between the strength of the factors on-the-job (organizational) versus factors off-the-job (community) in UBI context.

The importance of work beyond the financial aspects is shown by years of studies on unemployment research [8-11]. Accordingly, work is an essential component for mental health and well-being. In particular, long-term unemployment has negative health consequences [12]. The incongruence hypothesis [13] suggests that individuals with moderate to high levels of employment commitment [14] are strongly connected to work. Moreover, not being employed jeopardizes health. These findings indicate that work motivation and engagement can also exist under circumstances of strong basic financial security.

### 3. Motivation and needs as explanatory basis in UBI studies

Whereas most contemporary work motivation theories concentrate on characteristics of the goal or regulatory processes when reaching a goal [15-19], Self-Determination Theory [1] raises the claim to describe the connection between personality, growth and well-being in social contexts. In contrast to concepts like 'helplessness' [20], SDT comes from a positive psychology direction with the basic assumption of all human beings as growth oriented and capable to develop. This may contribute to research on well-being, health and satisfaction. First of all, this is in line with UBI perspective.

SDT determines between different qualities of motivation which vary on a continuum between autonomous and controlled. The controlled forms of motivation show less beneficial effect on employee well-being, attitudes and behavior [21]. Intrinsic motivation has the highest quality, it arises from the activity itself [1]. The effect of concepts like *internalization* – that is absorbing values of the environment and transfer them to one's own – and the *undermining effect* – the risk of decrease in intrinsic motivation by external incentives – are applicable in UBI context.

According to Deci & Ryan [1], the three basic psychological needs autonomy, competence and relatedness are the fundamental nutrients for high quality motivation. This is a strength compared to rather cognitive theories (e.g. Theory of Planned Behaviour [22]). It allows a deeper look at fundamental need satisfaction in work contexts and their connection with status of motivation qualities [23]. Besides theoretical assumptions there is far reaching research in different fields, including industrial and work psychology [24].

#### 4. Application and future directions

Work psychology offers concepts and approaches to work motivation in UBI context. SDT takes a close look on motivational states, different qualities of work motivation and psychological need satisfaction. Propositions of the theory and existing research results lead to empirically provable questions in UBI studies. This allows examining psychological parameters (e.g. basic psychological needs, subjective well-being, satisfaction with life) and their connection to qualities of work motivation. Nevertheless, psychology is an empirical science and therefore relies particularly on the conduct of experiments and studies. Therefore, application of SDT should be promoted in UBI pilot studies.

#### 5. Literaturverzeichnis

- [1] Deci, E. L.; Ryan, R. M.: “The ‘What’ and ‘Why’ of Goal Pursuits: Human Needs and the Self-Determination of Behavior”, *In: Psychological Inquiry*, 11(4), pp. 227-268 (2000)
- [2] Müller, W.: “Does an unconditional basic income provide higher effectiveness and efficiency? An Analysis of the social security systems of Germany, Sweden and the United Kingdom”, Hamburg, Ann Arbor, Anchor Academic Publishing (2014)
- [3] Hüffmeier, J.; Zacher, H.: “The Basic Income: Initiating the Need Discussion in Industrial, Work and Organizational Psychology”, *In: Industrial and Organizational Psychology: Perspectives on Science and Practice* (in press)
- [4] Wehner, T.; Güntert, S. T. (Eds.): “Psychologie der Freiwilligenarbeit: Motivation, Gestaltung und Organisation [Psychology of Voluntary Work: Motivation, Design and Organization]“, Berlin, Heidelberg, Springer (2015)
- [5] Mitchell, T. R.; Holtom, B. C.; Lee, T. W.; Sablinski, C. J.; Erez, M.: “Why people stay: Using job embeddedness to predict voluntary turnover”, *In: Academy of Management Journal*, 44(6), pp. 1102-1121 (2001)
- [6] Holtom, B. C.: “Job embeddedness, employee commitment, and related constructs”, *In: J. P. Meyer (Ed.): “Handbook of employee commitment”*, pp. 90-105, Northampton, Edward Elgar Publishing (2016)
- [7] Jiang, K.; Liu, D.; McKay, P. F.; Lee, T. W.; Mitchell, T. R.: “When and how is job embeddedness predictive of turnover? A meta-analytic investigation”, *In: The Journal of Applied Psychology*, 97(5), pp.1077-1096 (2012)

- [8] Jahoda, M.: “Wieviel Arbeit braucht der Mensch? Arbeit und Arbeitslosigkeit im 20. Jahrhundert [How much work does man need? Employment and unemployment in the 20th century]”, Weinheim, Beltz (1983)
- [9] Murphy, G. C.; Athanasou, J. A.: “The effect of unemployment on mental health”, In: *Journal of Occupational and Organizational Psychology*, 72(1), pp. 83-99 (1999)
- [10] Paul, K. I.; Moser, K.: “Unemployment impairs mental health: Meta-analyses”, In: *Journal of Vocational Behavior*, 74(3), pp. 264-282, (2009)
- [11] Kroll, L. E.; Lampert, T.: “Unemployment, Social Support and Health Problems - Results of the GEDA Study in Germany, 2009.”, In: *Deutsches Arzteblatt International*, 108(4), pp.47-52 (2011)
- [12] Holleederer, A.: “Unemployment, health and moderating factors: the need for targeted health promotion”, In: *Journal of Public Health*, 23(6), pp. 319–325 (2015)
- [13] Paul, K. I.; Moser, K.: “Incongruence as an explanation for the negative mental health effects of unemployment: Meta-analytic evidence”, In: *Journal of Occupational and Organizational Psychology*, 79(4), pp. 595–621 (2006)
- [14] Warr, P.; Cook, I. ; Wall, T.: “Scales for the measurement of some work attitudes and aspects of psychological well-being”, In: *Journal of Occupational Psychology*, 52(2), pp. 129–148 (1979)
- [15] Locke, E. A.; Latham, G. P.: “Work Motivation and Satisfaction: Light at the End of the Tunnel”, In: *Psychological Science*, 1(4), pp. 240-246, (1990)
- [16] Carver, C. S.; Scheier, M. F.: “Control theory: A useful conceptual framework for personality–social, clinical, and health psychology”, In: *Psychological Bulletin*, 92(1), pp. 111-135 (1982)
- [17] Bandura, A.: “*Social foundations of thought and action: A social cognitive theory*”, Englewood Cliffs, Prentice-Hall (1986)
- [18] Kanfer, R.; Ackerman, P. L.: “Motivation and cognitive abilities: An integrative/aptitude-treatment interaction approach to skill acquisition”, In: *Journal of Applied Psychology*, 74, pp. 657-690 (1989)
- [19] Frese, M.; Zapf, D.: “Action as the core of work psychology: A German approach”, In H. C. Triandis; M. D. Dunnette; L. M. Hough (Eds.): “*Handbook of industrial and organizational psychology*”, pp. 271-340, Washington, DC: American Psychological Association (1994)
- [20] Diener, C. I.; Dweck, C. S.: “An analysis of learned helplessness: II. The processing of success”, In: *Journal of personality and social psychology*, 39(5), pp. 940-952 (1980)
- [21] van den Broeck, A.; Carpini, J. A.; Diefendorff, J.: “Work Motivation: Where do the different perspectives lead us?”, In: R. M. Ryan (Ed.): “*The Oxford Handbook of Human Motivation*”, pp. 506-524, New York, Oxford University Press (2019)
- [22] Ajzen, I.: “The theory of planned behaviour”, In: *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50(2), pp. 179-211 (1991)
- [23] Gagné, M.; Deci, E. L.: “Self-determination theory and work motivation”, In: *Journal of Organizational Behavior*, 26(4), pp. 331-362 (2005)
- [24] Ryan, R. M.; Deci, E. L.: “Self-determination theory: Basic Psychological Needs in Motivation, Development, and Wellness”, New York, London, Guilford Press (2017)

# Konzeption eines Referenzmodells für hybride Produktentstehungsprozesse

Schmidtner, M.

Hochschule für angewandte Wissenschaften Landshut, Institut für Data and Process Science

E-Mail: markus.schmidtner@haw-landshut.de

## Kurzfassung

In der Automobilindustrie erstreckt sich der Produktentstehungsprozess meist über mehrere Jahre und ist von zentraler Bedeutung für den wirtschaftlichen Erfolg des Produktes [1; 2]. Während früher ein großer Teil der Planung und Entwicklung beim Erstausrüster stattfand, so ist heute ein großer Anteil dieser Prozesse an die Zulieferer ausgelagert [3]. Hierbei folgen die Erstausrüster meist einem planorientierten Vorgehensmodell [4]. Dieses Vorgehen ist jedoch nicht für jeden Partner geeignet [5]. Es fehlt eine konkrete Handlungsanleitung, wie agile Methoden in automobilen Produktentstehungsprozesse umgesetzt werden können. Um diese Lücke zu schließen, soll ein adaptives Referenzmodell entwickelt werden, das es ermöglicht agile Projektmanagement Methoden basierend auf dem jeweiligen Kontext einzusetzen.

## 1. Einleitung

Um diese Forschungslücke zu füllen, soll im Rahmen des Projektes HyValue ein adaptives Referenzmodell für die Zusammenarbeit im automobilen Produktentstehungsprozess erstellt werden. Einer schlüssigen Forschungsmethodik folgend, soll das Projekt das Paradigma der Design Science nutzen. Sowohl die in der Design Science [6] geforderte Relevanz als auch die Evaluation der Artefakte sind im Rahmen des Projektes HyValue gegeben. Eine zentrale Problematik bei der Konstruktion des Referenzmodells ist die Variantenvielfalt, die durch unterschiedliche Anforderungen der Partner entlang der Lieferkette gegeben ist. Um dieser entgegen zu wirken, soll das Referenzmodell adaptiv gestaltet werden [7].

## 2. Ergebnis

Für die Umsetzung des Referenzmodells ist es nötig ein passendes Werkzeug zur Erstellung des Modells zu entwickeln. Hierfür wurde an der Hochschule Landshut die Software ADAMO entwickelt. Diese erweitert die Funktionalitäten des „Camunda Modeler“ um Funktionalitäten der adaptiven Modellierung. Hierzu kann jedem Element des Modells ein Term zugewiesen werden. Ein Term kann hierbei aus Variablen, Konstanten und mathematischen/logischen Operatoren bestehen. Ist das Prozessmodell erstellt,

kann der Anwender die Variablen mit konkreten Werten füllen und die einzelnen Terme werden automatisch ausgewertet. Sind die Bedingungen des Terms erfüllt, so verbleibt das Element im Modell. Anderweitig wird es entfernt. Hierdurch ist eine automatisierte Anpassung an die Rahmenbedingungen von unterschiedlichen Anwendern möglich.

### 3. Ausblick

Nachdem ein geeignetes Softwarewerkzeug zur Erstellung des Referenzmodells geschaffen wurde, bestehen die nächsten Schritte des Projektes darin die unterschiedlichen Varianten und Anforderungen der Partner zu sammeln in einem gemeinsamen Modell zu vereinen. Ergänzend werden Vorschläge hinzugefügt, wie die bisher planbasierten Vorgehensweisen alternativ agil umgesetzt werden können. Abschließend werden dann Synchronisationsmechanismen in das Referenzmodell eingearbeitet, die eine zuverlässige und effiziente Kommunikation zwischen den Partnern ermöglichen. Ziel von HyValue ist die Schaffung eines neuen Geschäftsmodells mit Fokus auf die Kollaboration zwischen Unternehmen. Dieses Forschungs- und Entwicklungsprojekt wird im Rahmen des Programms „Zukunft der Arbeit“ vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und dem Europäischen Sozialfonds (ESF) gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

### 4. Literaturverzeichnis

- [1] *Braess, H.-H.; Seiffert, U.*: Produktentstehungsprozess. In: Braess, H.-H.; Seiffert, U. (Hrsg.): Vieweg Handbuch Kraftfahrzeugtechnik. Vieweg+Teubner Verlag, Wiesbaden 2012, S. 881–948
- [2] *Rentmeister, B.*: Vernetzung wissensintensiver Dienstleister in der Produktentwicklung der Automobilindustrie. Metropolitane Region in der Vernetzung. Der Fall Frankfurt/Main. Frankfurt/New York: Campus Verlag (2001)
- [3] *Gaul, H.-D.*: Verteilte Produktentwicklung: Perspektiven und Modell zur Optimierung. Verlag Dr. Hut München 2001
- [4] *Karlström, D.; Runeson, P.*: Integrating agile software development into stage-gate managed product development. *Empir Software Eng* 11 (2006) Nr. 2, S. 203–225
- [5] *Grochowski, E. M.; Mueller, A.-K.; Merli, G.; Gebhardt, K.; Plontsch, M.; Gropengieser, P.; Mayer, T.; Ohlhausen, P.*: Produktentstehungsprozess in den frühen Phasen unter Berücksichtigung der Herausforderungen im Forschungscampus ARENA2036 (2015)
- [6] *Hevner, A. R.; Chatterjee, S.*: Design Research in Information Systems Theory and Practice. Integrated Series in Information Systems Volume 22 (2010)
- [7] *Delfmann, P.*: Adaptive Referenzmodellierung. Methodische Konzepte zur Konstruktion und Anwendung wiederverwendungsorientierter Informationsmodelle. *Advances in information systems and management science*. 25. Logos-Verl., Berlin 2006

## **Geschwisterbeziehungen im Kontext einer direkten Knochenmarkspende**

Sievert, C.; Jagla-Franke, M.; Franke, G. H.  
Hochschule Magdeburg-Stendal  
E-Mail: Charlotte.Sievert@stud.h2.de

### **Kurzfassung**

Onkologische Erkrankungen im Kindes- und Jugendalter wirken sich auf die Betroffenen und deren gesamtes Umfeld aus; auch innerfamiliäre Beziehungen können durch die krankheitsbedingten Belastungen beeinflusst werden. Mögliche Veränderungen in der Beziehung von Geschwistern (GeKi) durch eine Knochenmarktransplantation sowie die Lebensqualität (LQ) und die psychische Belastung wurden bei drei Geschwisterpaaren erhoben. Während der Behandlungsphase intensivierten sich die Beziehungen der Geschwister, jedoch zeigten sich auch Belastungen durch die Erkrankung sowie durch Auswirkungen auf den familiären und sozialen Alltag.

### **Einleitung**

Neben Kindern und Jugendlichen, die unter einer Krebserkrankung leiden, müssen gesunde Geschwister ebenso Belastungen bewältigen, die mit der Erkrankung einhergehen. Diese Gruppe weist im Durchschnitt keine erhöhten Raten für psychische Auffälligkeiten auf, allerdings zeigen sich krankheitsbezogene Belastungssymptome, reduzierte schulische Leistungen und inkonsistente Befunde hinsichtlich der Lebensqualität der GeKi [1].

In der vorliegenden Pilotstudie wurden Geschwister, die als Knochenmarkspender\*innen fungierten, und ihre erkrankten Geschwister hinsichtlich der Geschwisterbeziehung interviewt. Weiterhin wurden ihre psychische Belastung und ihre LQ mithilfe von standardisierten Verfahren erfasst.

### **Methodik**

Interviews mit drei Geschwisterpaaren (m9, m15; w19, w19; m6, w11), von denen ein Kind an Leukämie erkrankt und das GeKi Knochenmarkspender\*in war, wurden inhaltsanalytisch ausgewertet [2]; psychische Belastung und Lebensqualität (LQ) wurden erfasst und mit Normdaten verglichen.

## Ergebnisse

Die Inhaltsanalyse [2] ergab die Kategorien „Umgang mit der Erkrankung“, „Geschwisterbeziehung“ und „Umgang im sozialen & familiären Umfeld“ mit unterschiedlicher Anzahl an Sub-kategorien. Es zeigten sich bei den GeKi Belastungen durch die Erkrankung und deren Folgen, aufgrund mangelnder Verfügbarkeit der Eltern, emotionaler Ausnahmezustände und körperlicher Beschwerden nach der Spende. Die Geschwisterbeziehung zeichnete sich durch gegenseitige Unterstützung aus („Wir halten zusammen“) und habe sich intensiviert. Erfahrungen im sozialen Umfeld wurden positiv und negativ beurteilt. Die psychologischen Tests wurden, soweit möglich, sowohl als Selbst- als auch als Fremdbeurteilungsverfahren eingesetzt. Die Ergebnisse werden nachfolgend pro Familie dargestellt (siehe Tabelle 1):

- Fam. 1: Die Mutter gab für das erkrankte Kind eine unauffällige LQ, für das GeKi eine überdurchschnittliche LQ und kaum Belastungen an. Das GeKi bestätigte die Ergebnisse der Belastungen bei unauffälliger LQ.
- Fam. 2: Die erkrankte Schwester beschrieb eine unauffällige körperliche und unterdurchschnittliche psychische LQ bei deutlicher psychischer Belastung; GeKi wies eine unauffällige körperliche und überdurchschnittliche psychische LQ sowie keine Belastung auf.
- Fam. 3: Die Mutter gab sowohl beim erkrankten Kind als auch beim GeKi eine unauffällige LQ sowie eine geringe Belastung an. Die Tochter gab eine unauffällige LQ bei mittlerer Belastung an. In Abb. 1 ist die Belastung des GeKi, auf Selbst- und Fremdbeurteilungsebene, dargestellt.

Tabelle 1: Quantitative Ergebnisse der 3 Familien

	Familie 1		Familie 2		Familie 3	
	Erkranktes Kind	GeKi	Erkranktes Kind	GeKi	Erkranktes Kind	GeKi
LQ Selbstbeurteilung	KIDSCREEN-10 <b>T=39</b>	KIDSCREEN-10 <b>T=45</b>	SF1-36 <b>KSK T=46</b> <b>PSK T=26</b>	SF-36 <b>KSK T=56</b> <b>PSK T=62</b>		KIDSCREEN-10 <b>T=51</b>
LQ Fremdbeurteilung	KIDSCREEN-10 <b>T=40</b>	KIDSCREEN-10 <b>T=65</b>			KIDSCREEN-10 <b>T=54</b>	KIDSCREEN-10 <b>T=49</b>
Belastung Selbstbeurteilung		LARES geringe Belastung	BSCL <b>T<sub>ges</sub>=65</b>	BSCL <b>T<sub>ges</sub>=38</b>		LARES mittlere Belastung
Belastung Fremdbeurteilung		LARES geringe Belastung				LARES geringe Belastung

Legende: T-Werte: M=50, SD=10, d.h Normbereich zwischen T=40 und T=60

BSCL: Franke, G.H. (2017). Brief Symptom Checklist. Göttingen: Hogrefe.

SF-36: Morfeld, M., Kirchberger, I. & Bullinger, M. (2011). Fragebogen zum Gesundheitszustand, Göttingen: Hogrefe.

KIDSCREEN-10: Ravens-Sieberer, U. (2011). Erfassung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität von Kindern und Jugendlichen im Alter von 8 bis 18 Jahren. <https://www.kidscreen.org/deutsch/frageb%C3%BFgen/>

LARES: Stiftung FamilienBande. (2009). LARES Geschwisterkinder. <https://www.stiftung-familienbande.de/lares.html>

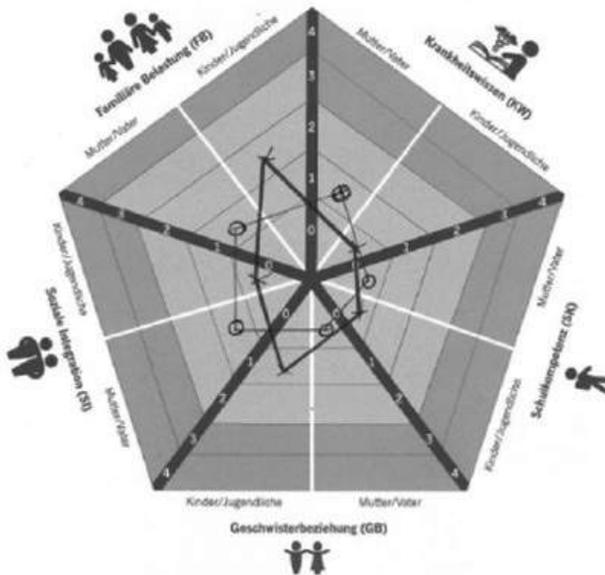


Abbildung 1: Darstellung der LARES-Ergebnisse der Familie 3 im Spinnennetz (Kreuz = Tochter, Kreis = Eltern; innen = geringe Belastung, außen = hohe Belastung)

## Diskussion

Alle Proband\*innen beschrieben Belastungen aufgrund der Erkrankung und der Transplantation. Für die GeKi besteht das Risiko langfristiger psychischer und psychosomatischer Schwierigkeiten durch das Zurückstellen eigener Bedürfnisse [3]. Die Geschwister erlebten eine Intensivierung der familiären Beziehungen [4], die nicht auf die Spende zurückgeführt wurde. Durch den starken Einfluss der Erkrankungen auf die persönliche Entwicklung und Familiendynamik sollten die Geschwister, da sie als Risikogruppe gelten [5], von Erkrankungsbeginn an Unterstützung durch Geschwisterangebote erhalten, um die psychische Stabilität aufrechtzuerhalten.

## Literaturverzeichnis

- [1] Long, K.A.; Lehmann, V.; Gerhardt, C.A.; Carpenter, A.L.; Marsland, A.L. & Alderfer, M.A.: „Psychosocial functioning and risk factors among siblings of children with cancer: An updated systematic review“, In: *Psycho-Oncology*, 27, 1467-1479 (2018)
- [2] Mayring, P.: „Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken“ (12., überarbeitete Auflage), Beltz, Weinheim (2015)

- 
- [3] Houtzager, B. A.; Grootenhuis, M. A.; Hoekstra-Weebers, J. E. H. M. & Last, B. F.: "One month after diagnosis: Quality of life, coping and previous functioning in siblings of children with cancer", *In: Child: Care, Health and Development*, 31, 75-87 (2005)
- [4] Hutt, D.; Nehari, M.; Munitz-Shenkar, D.; Alkalay, Y.; Toren, A. & Bielorai, B.: „Hematopoietic stem cell donation: psychological perspectives of pediatric sibling donors and their parents", *In: Bone Marrow Transplantation*, 50, 1337-1342 (2015)
- [5] Vermaes, I.P.R.; van Susante, A.M.J. & van Bakel, H.J.A.: "Psychological functioning of siblings in families of children with chronic health conditions: A meta-analysis", *In: Journal of Pediatric Psychology*, 37, 166-184 (2012)

# Leistungsmotiv im eSport. Entwicklung eines Messinstruments für die Messung des Leistungsmotivs im eSport

Uhlig, S.<sup>1</sup>; Schneider, A.<sup>1</sup>; Hörnig, L.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Hochschule Mittweida

<sup>2</sup> Universität Leipzig

E-Mail: uhlig3@hs-mittweida.de

## Kurzfassung

In der vorliegenden Studie wurde ein Fragebogen für die Erfassung des Leistungsmotivs von eSportlern entwickelt und getestet. Insgesamt wurden 70 eSportler befragt und die Ergebnisse mit den Ergebnissen einer gleichzeitigen Befragung von 57 Sportlern mit der Achievement-Motive-Scale Sport (AMS Sport) verglichen. Die Ergebnisse zeigen, dass sich die Profile der eSportler in Bezug auf das Leistungsmotiv nicht unterscheiden.

## 1. Einleitung

Auch wenn die Diskussion in der Wissenschaft, der Politik, den Sportverbänden und den Medien oftmals zum Schluss kommt, dass eSport kein Sport ist, lassen sich jedoch Parallelen zwischen dem eSport und dem Sport finden [1][2]. Die Kompetenzen von Trainern und deren Fortbildung sind beispielsweise ein Themenbereich, mit dem sich im Sport und auch im eSport befasst wird [3]. Unter diesem Gesichtspunkt stellt sich die Frage, was der eSport vom Sport übernehmen könnte. Im Sport unterstützen diagnostische Verfahren Trainer und Sportler dabei, Probleme zu lösen, zu verstehen und das Training gezielt anzupassen. Im Bereich Motivation kann der AMS-Sport als diagnostisches Instrument verwendet werden [4]. Auch im eSport spielt Motivation eine wichtige Rolle, vor allem wenn es darum geht Leistungen zu erbringen [5]. Es stellt sich die Frage, ob man ein diagnostisches Verfahren wie die AMS-Sport [6] auf den eSport übertragen kann und ob es Unterschiede in den Profilen von Team-Sportlern und Team-eSportlern in Bezug auf das Leistungsmotiv gibt. Diese Arbeit soll einen ersten Beitrag dazu leisten, diese Fragen zu beantworten.

## 2. Zielstellung

Zielstellung des Beitrags liegt in der Entwicklung eines Fragebogens, um das Leistungsmotiv im eSport zu erfassen. Grundlage für die Entwicklung bildet die AMS-Sport, die der Erfassung des sportspezifischen Leistungsmotivs dient [7]. Der evaluierte AMS –

Fragebogen soll erstmalig auf den eSport übertragen und die Profile der Team-Sportler mit denen der Team-eSportler in Bezug auf Hoffnung auf Erfolg, Furcht vor Misserfolg, Nettohoffnung und Gesamtleistungsmotiv verglichen werden.

### **3. Untersuchungsdesign der empirischen Studie**

Die theoretische Grundlage für die Untersuchung bildet das Risikowahl-Modell [8], welches in der Leistungsmotivationsforschung als klassische Theorie gilt [9]. Im Hinblick auf die Forschungsfrage erfolgte eine Literaturrecherche und eine Befragung der Team-eSportler und der Team-Sportler. Für die Untersuchung des Leistungsmotivs wird ein standardisiertes Selbstbeurteilungsverfahren [7] verwendet. Für die Gruppe der Team-Sportler wird der Fragebogen AMS-Sport [7] in der Langversion für die Befragung genutzt. Für die Gruppe der eSportler wurde ein Fragebogen auf Grundlage der AMS-Sport entwickelt. Bei den Team-Sportlern konnten 57 und bei den eSportlern 70 Fragebögen ausgewertet werden. Die Fragebögen sind so aufgebaut, dass die ersten 15 Fragen auf die Hoffnung auf Erfolg und die darauffolgenden 15 Fragen auf die Furcht vor Misserfolg bezogen sind [7]. Für die Beurteilung der Ergebnisse wird die Interpretationshilfe der AMS-Sport [7] herangezogen.

### **4. Ergebnisse und Ausblick**

Im Rahmen der Studie konnten keine Unterschiede in den Profilen von Team-Sportlern und Team-eSportlern in Bezug auf das Leistungsmotiv festgestellt werden. Neben dem Vergleich dieser beiden Gruppen wurde der evaluierte AMS – Fragebogen erstmalig auf den eSport übertragen. Der AMS eSport - Fragebogen zeigte in den Profilen der eSportler in den Bereichen Hoffnung auf Erfolg, Furcht vor Misserfolg, Nettohoffnung und Gesamtleistungsmotiv keine Unterschiede. Um auch die Validität der AMS-eSport sicherzustellen, müssen weitere Studien durchgeführt werden. In der vorliegenden Studie konnten vorerst nur die Profile beider Gruppen verglichen werden. Sollte die Bedingung der Gütekriterien vollständig erfüllt werden können, könnte der AMS-eSport Fragebogen als diagnostisches Verfahren im eSport eingesetzt werden und Trainer und Sportpsychologen unterstützen, Talente auszuwählen und das Training zu optimieren. Dies zeigt, dass der eSport vom Sport profitieren könnte, auch wenn er nicht als Sport anerkannt wurde.

### **5. Literaturverzeichnis**

- [1] Lee, H.-J.; Kim, Y.-S.: „eSports are Sports“, The Journal of the Korean Society for the Philosophy of Sport, Dance, & Martial Arts, Vol. 28 (1), pp.19-30. DOI: 10.31694/PM.2020.03.28.1.002 (2020)

- [2] Bowman, N. D.; Cranmer, G. A.: „Can Video Games Be a Sport? Debating and Complicating Esports as Physical Competitions“, in R. Rogers (Eds.), *Understanding Esports. An Introduction to the Global Phenomenon* (pp. 15-30). Lexington Books, Lanham, Maryland (2019)
- [3] Möckel, M.; Schäffler, M.: „Handlungskompetenz von eSport-Trainer/Innen und Entwicklung von Trainer/Innen-Ausbildungen für den eSport. Eine qualitative Stakeholder-Studie“, *Schriftenreihe eSport im Blickpunkt* (Band 2), ESBD, Berlin (2019)
- [4] Beckmann, J.; Elbe, A.-M.: „Praxis der Sportpsychologie. Mentales Training im Wettkampf- und Leistungssport“, (2. überarbeitete Aufl.), Spitta, Balingen (2011)
- [5] Mackrodt, B.: „Team Play Was Counter Strike-Spielern bei virtueller Teamarbeit gelingt und was nicht“, Springer, Wiesbaden (2017)
- [6] Elbe, A.-M.; Wenhold, F.; Müller, D.: „Zur Reliabilität und Validität des AMS-Sport- ein Instrument zur Bestimmung der sportspezifischen Leistungsmotivs“, *Zeitschrift für Sportpsychologie*, 12 (2), 57-68, Hogrefe, Göttingen (2005)
- [7] Wenhold, F.; Elbe, A.-M.; Beckmann, J.: „Fragebogen zum Leistungsmotiv im Sport. Achievement Motives Scale-Sport (AMS-Sport)“, Strauß, Köln (2009)
- [8] Atkinson, J. W.: „Motivational determinants of risk-taking behavior“, *Psychological Review*, 64, 359-372, DOI: 10.1037/h0043445 (1957)
- [9] Hänsel, F.; Baumgärtner, S. D.; Kornmann, J. M.; Ennigkeit, F.: „Sportpsychologie“, Springer, Berlin Heidelberg (2016)

# **Gründungsabsicht von Studierenden an sächsischen Hochschulen. Eine quantitative Untersuchung unter besonderer Berücksichtigung der berufsfeldbezogenen Persönlichkeitsfaktoren des BIP-6F**

Uhlig, S.; Schneider, A.; Liebers, D.  
Hochschule Mittweida  
E-Mail: uhlig3@hs-mittweida.de

## **Kurzfassung**

Unter Nutzung des Bochumer Inventars für berufsbezogene Persönlichkeitsbeschreibung wurde in einer Studie der Einfluss der Persönlichkeitsmerkmale auf die Gründungsintention von Studierenden untersucht. Die Auswertung von 218 Fragebögen mittels eines t-Test kam zu dem Ergebnis, dass es bei den Faktoren Engagement, Sozialkompetenz, Dominanz und Stabilität signifikante Mittelwertunterschiede gab. Weiterhin wurde das entwickelte Erklärungsmodell der Gründungsintention empirisch überprüft. Mit 54,8 Prozent erfährt die Gründungsintention eine hohe Varianzaufklärung durch die globalen Motive. Es sind fast alle postulierten Ursache-Wirkungs-Beziehungen des Modells signifikant. Lediglich die wahrgenommene Verhaltenskontrolle hat auf die Einstellung zur Gründung keine signifikante Wirkung.

## **1. Einleitung**

Eine Existenzgründung während oder unmittelbar nach dem Studium bringt für Studierende verschiedene Herausforderungen mit sich. Um diese Gründungsprozesse einfacher zu gestalten, müssen die Rahmenbedingungen verbessert werden. Dies verlangt einerseits Strukturen der Beratung und Förderung, andererseits differenzierte Informationen zu den berufsfeldbezogenen Persönlichkeitseigenschaften sowie zur Lebenssituation der Studierenden, um die Gründungskompetenz, -einstellung und -intention der Studierenden deutlich zu erhöhen.

## **2. Zielstellung**

Zielstellung des Beitrags liegt in der Entwicklung eines Erklärungsmodells der Gründungsintention von Studierenden auf Basis der Theorie des geplanten Verhaltens [1]. Es sollen entsprechende Einflussfaktoren (z.B. Persönlichkeitsdispositionen, Meinungen des sozialen Umfelds, Einstellungen zur Selbstständigkeit) auf die Absicht zur Existenzgründung identifiziert und im Modell berücksichtigt werden. Übergeordnetes Ziel der Untersuchung ist die Konzeptualisierung eines Erklärungsmodells zur Messung der

Gründungsabsicht von Studierenden, um somit einen Beitrag zur Gründungsforschung zu leisten. Weiterhin wird der Zusammenhang der berufsbezogenen Persönlichkeitseigenschaften (Engagement, Disziplin, Dominanz, Kooperation, Sozialkompetenz) der Studierenden und der Gründungsabsicht untersucht [2].

### **3. Untersuchungsdesign der empirischen Studie**

Es wurde ein dreistufiges Vorgehen für die empirische Studie genutzt. Nach der bereits abgeschlossenen Literaturanalyse erfolgten im ersten und zweiten Quartal 2019 eine qualitative sowie quantitative Vorstudie im Paralleldesign. Die Vorstudien ermöglichten zunächst die Konkretisierung des theoretischen Modells sowie die Identifikation wichtiger Antezedenzen der Gründungsabsicht. Die Ergebnisse dienen der Spezifizierung des Erklärungsmodells, welches im Anschluss mittels einer quantitativen Studie im dritten und vierten Quartal 2019 überprüft wurde. In der quantitativen Hauptuntersuchung wurde zunächst die Güte der entwickelten Messmodelle der einzelnen Konstrukte des Erklärungsmodells geprüft, bevor das Strukturmodell geschätzt und die aufgestellten Hypothesen überprüft wurden. Zur Erhebung der berufsfeldbezogenen Persönlichkeitsfaktoren der Studierenden wurde das Bochumer Inventar zur berufsbezogenen Persönlichkeitsbeschreibung (BIP-6F) genutzt [2]. Die Überprüfung des Einflusses der Faktoren auf die Gründungsintention und ihrer Determinanten erfolgt mittels eines T-Tests für unabhängige Stichproben.

### **4. Ergebnisse und Ausblick**

Im Rahmen einer schriftlichen Befragung konnten 218 vollständig ausgefüllte Fragebögen zur Überprüfung des Erklärungsmodells generiert werden. Die globalen und lokalen Gütemaße des Modells erfüllen das geforderte Anspruchsniveau (SRMR 0,05; IFI 0,96/TLI 0,96/CFI 0,97; CMIN/DF 1,86).

Mit 54,8 Prozent erfährt die Gründungsintention eine hohe Varianzaufklärung durch die globalen Motive. Es sind fast alle postulierten Ursache-Wirkungs-Beziehungen des Erklärungsmodells signifikant (siehe Abb. 1). Lediglich die wahrgenommene Verhaltenskontrolle hat auf die Einstellung zur Gründung keine signifikante Wirkung.

Der Vergleich der jeweiligen Ausprägung der Faktoren des BIP-6F zwischen Studierenden mit einer hohen und niedrigen Gründungsabsicht liefert weitere Erkenntnisse, wobei der T-Test signifikante Mittelwertunterschiede bei den Faktoren Engagement, Sozialkompetenz, Dominanz und Stabilität ergab.

Neben der Vorstellung und Diskussion der Ergebnisse der empirischen Untersuchung sollen bei der Konferenz konkrete Handlungsempfehlungen für die Umsetzung in der Existenzgründungsförderung an Hochschulen gegeben werden.

Die Ergebnisse der Studie bilden eine erste Basis zur Entwicklung von Maßnahmen zur Sensibilisierung einer späteren beruflichen Selbständigkeit und der Förderung der

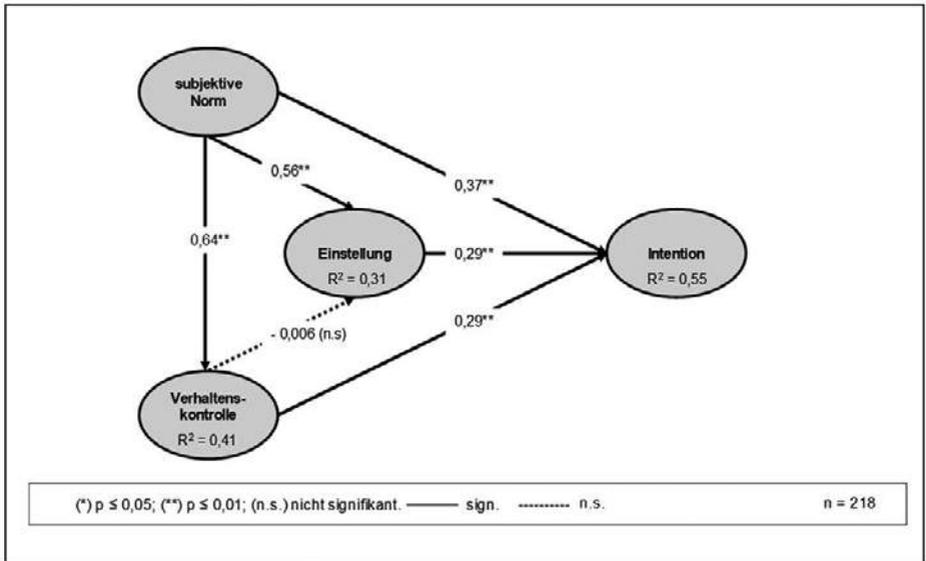


Abbildung 1: Erklärungsmodell der Gründungsintention (eigene Darstellung)

Kompetenzen sowie Intention und Einstellung bei Studierenden. Das entwickelte Erklärungsmodell könnte zukünftig eine Erweiterung um jene Gründe erfahren, die für und gegen eine Gründung aus Sicht der Studierenden sprechen [3]. Grundlage bildet die Behavioral Reasoning Theory [4].

### 5. Literaturverzeichnis

- [1] Ajzen, I.: „The theory of planned behaviour is alive and well, and not ready to retire: a commentary on Snichotta, Priesseu, and Araújo-Soares“, in: *Health Psychology Review*, <http://dx.doi.org/10.1080/17437199.2014.883474> (2014)
- [2] Hossiep, R.; Krüger, C.: „BIP-6F – Bochumer Inventar zur berufsbezogenen Persönlichkeitsbeschreibung – 6 Faktoren“, Götting u.a. (2012)
- [3] Schneider, A.; Uhlig, S.: „Einflussfaktoren der Gründungsabsicht von Studierenden der Sozialen Arbeit. Eine Studie an sächsischen Hochschulen“, 22. Interdisziplinäre Jahreskonferenz zu Entrepreneurship, Innovation und Mittelstand, Stuttgart (2018)
- [4] Westaby, J.: „Behavioral reasoning theory: Identifying new linkages underlying intentions and behavior“, in: *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, Vol. 98, No. 2, pp. 97-120 (2005)

## **Realisierung personalfreier Öffnungszeiten in Dorfläden durch elektronische Zutrittskontrollen und Selbstkassensysteme**

Vogel, K.; Schatz, T.; Reinboth, C.; Kußmann, P.  
Hochschule Harz, Wernigerode  
E-Mail: kvogel@hs-harz.de

### **Kurzfassung**

Im Rahmen der LEADER-geförderten Machbarkeitsstudie „DigiShop Harz“ wurde im Auftrag des in Wernigerode ansässigen Vereins TECLA e.V. an der Hochschule Harz untersucht, unter welchen technischen, wirtschaftlichen, rechtlichen und warenlogistischen Rahmenbedingungen ein „Dorfladen 2.0“ – definiert als ein klassischer Dorfladen mit teilweise personalfreien Öffnungszeiten und Möglichkeiten zur Selbstabrechnung von Waren – in einer Region wie dem Harz erfolgreich betrieben werden könnte. Der vorliegende Tagungsbeitrag führt kurz in die Problemlage und in das methodische Vorgehen im Projekt ein und fasst die wesentlichen Ergebnisse der technischen Marktbeurteilung sowie der Standortanalyse zusammen.

### **1. Einleitung**

Europaweit ist ein Rückgang an fußläufig erreichbaren Nahversorgungsmöglichkeiten zu konstatieren [1]. Mussten 2005 erst 17% der Landbevölkerung mehr als 1.000 m zum nächsten Nahversorger überbrücken, waren es 2014 schon 48% – eine Entwicklung, die mit einem Rückgang an Geschäften um 54% zwischen 1990 und 2010 einherging [2]. Es ist anzunehmen, dass schon heute mehr als jeder dritte Landbewohner weiter als 1.000 m vom nächsten Nahversorger entfernt lebt. Während mobilere Menschen auf nahegelegene Bevölkerungszentren ausweichen, sitzen gerade Ältere – insbesondere, wenn sie gesundheitsbedingt in ihrer Mobilität beschränkt sind oder über keinen PKW verfügen – in unterversorgten Orten mit oft mäßiger ÖPNV-Anbindung fest [3].

In vielen solchen Orten bemühen sich engagierte Privatpersonen darum, die Engpässe mit individuell oder genossenschaftlich betriebenen Dorf-, Gemeinschafts- oder Hofläden zu schließen. Neben ihrer Versorgungsfunktion fördern diese Läden die soziale Kohäsion und stärken die dörfliche Identität [4]. Nicht selten scheitern solche Projekte aber am Markt, da sich bei einem limitierten Kundenklientel oft weder ein breites Warenangebot noch attraktive Öffnungszeiten aufrechterhalten lassen.

Der personalfreie Betrieb von Märkten, in denen Kundinnen und Kunden die Waren an Selbstbedienungskassen abrechnen, ist eine vieldiskutierte Möglichkeit zur Aus-

dehnung der Öffnungszeiten von Dorfläden. Im Rahmen des LEADER-finanzierten Projekts „DigiShop Harz“ wurde untersucht, unter welchen Bedingungen ein solcher „Dorfladen 2.0“ erfolgreich betrieben werden kann.

## 2. Methodisches Vorgehen

Hierfür wurden 118 Fachpublikationen identifiziert und ausgewertet, um wesentliche wirtschaftliche (etwa zum Warenangebot oder zur Bedeutung des Komplementärverkaufs regionaler Produkte) und juristische (etwa zur Notwendigkeit von Alterskontrollen oder Pfändrückenahmen) Fragen zu klären. Die Resultate dieser Betrachtung können aufgrund der inhaltlichen Breite der Fragestellungen hier nicht sinnvoll zusammengefasst werden, weshalb an dieser Stelle auf die Machbarkeitsstudie verwiesen sei, die zeitnah Open Access publiziert werden soll.

Neben der Literaturanalyse wurde weiterhin eine Evaluation marktverfügbarer Technik zum Self-Checkout, zur Diebstahlsicherung sowie zur Zutrittsverwaltung mit Blick auf ihren Einsatz in einem „Dorfladen 2.0“ durchgeführt und die technische Interoperabilität geeigneter Systeme geprüft. Außerdem fand eine detaillierte Betrachtung der Nahversorgungssituation in allen 34 Orten und Ortsteilen der LEADER-Region Harz zur Identifikation möglicher Teststandorte statt. Dabei wurde u.a. auf Basis von Geodaten des Open Data-Projekts Open Street Map evaluiert, für welche Orte eine Unterversorgung gemäß einschlägiger Kriterien (vgl. z.B. [1], [5]) konstatiert werden kann.

## 3. Ergebnisse und Diskussion

Die technische Betrachtung ergab, dass die wirtschaftlichste Lösung in der Kombination einer Selbstbedienungskasse mit einem Barcode-Handscanner sowie einem Lesegerät für QR-Karten und einem elektronischen Türschloss mit PIN-Feld besteht. Durch Aufbringen eines QR-Codes auf eine handelsübliche Geldkarte kann die Nutzung des Systems mit nur einem Authentifikations-Token ermöglicht und zudem verhindert werden, dass sich größere Mengen an Bargeld im Geschäft befinden.

Das Zusammenspiel aller erwähnten Komponenten wird übersichtshalber in Abbildung 1 dargestellt. Die Lösung ist – einschließlich der Installationskosten – für rund 20.000 EUR realisierbar. Obwohl nicht anzunehmen ist, dass eine Amortisierung dieser Summe allein über die angestrebte Erweiterung der Kundenbasis gelingen kann, rückt die Investitionshöhe die Umsetzung im Rahmen eines Strukturförderprogramms für ländliche Räume in den Bereich des Möglichen.

Von den 34 Orten und Ortsteilen der LEADER-Region fallen 25 aus der Betrachtung, da sie über mindestens einen Nahversorger verfügen oder der nächstgelegene Nahversorger nicht mehr als 5 km vom jeweiligen Ortskern entfernt liegt. Von den neun unterversorgten Orten verfügen drei über einen bzw. zwei Dorfläden (Börnecke, Abbenrode und



Abbildung 1: Layout des DigiShop-Konzepts (Cliparts gemeinfrei / publicdomainvectors.com).

Stiege), während in den übrigen fünf Orten nicht genügend Einwohner verbleiben, um ein stationäres Angebot auf Dauer erhalten zu können. Als Standorte für die Erprobung eines Dorfladens mit personalfreien Öffnungszeiten bieten sich damit primär die vier existierenden Dorfläden in Börnecke, Abbenrode und Stiege an. Der Versuch, geeignete Fördermittel zu beantragen, wurde Anfang 2020 aufgrund der Corona-Pandemie ausgesetzt, soll aber 2021 erneut aufgenommen werden.

#### 4. Finanzierung

DigiShop wurde im Rahmen des Entwicklungsprogramms für den ländlichen Raum des Landes Sachsen-Anhalt 2014 - 2020 gemäß der Maßnahme „Unterstützung für die lokale Entwicklung LEADER“ aus Mitteln des Europäischen Landwirtschaftsfonds zur Entwicklung des ländlichen Raumes und des Landes Sachsen-Anhalt gefördert.



EUROPÄISCHE UNION

ELER

Europäischer Landwirtschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums

## 5. Literaturverzeichnis

- [1] Kuhlicke, C.; Petschow, U.; Zorn, H.: „Versorgung mit Waren des täglichen Bedarfs im ländlichen Raum“, Institut für ökologische Wirtschaftsförderung, Berlin (2005).
- [2] Küpper, P.; Tautz, A.: „Sicherung der Nahversorgung in ländlichen Regionen Europas – Strategien ausgewählter Länder im Vergleich“, in: Europa Regional 21 (3), S. 138-155 (2013).
- [3] Warburg, F.: „Konsequenzen des zweiten demografischen Wandels für den ländlichen Raum: Alternative Konzepte zur Nahversorgung aufgezeigt an der Region Nordhessen“, in: Geographica Helvetica 66 (2011/2), S. 132-139 (2011).
- [4] Quiring, L.: „Machbarkeitsstudie zu einem Dorfladen im Ortsteil Welchensteinach der Gemeinde Steinach im Kinzigtal“, Bachelorarbeit, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Freiburg (2014).
- [5] Neumeier, S.: „Modellierung der Erreichbarkeit von Supermärkten und Discountern – Untersuchung zum regionalen Versorgungsgrad mit Dienstleistungen der Grundversorgung“, Von Thünen-Institut für ländliche Räume, Braunschweig (2014).

# Die Vorteile einer neuen Falldefinition zur Auswertung der Symptom-Checklist-90®-Standard bei Patient\*innen der orthopädischen Rehabilitation

Wenzel, S. E.<sup>1</sup>; Küch, D.<sup>2</sup>; Jagla-Franke, M.<sup>1</sup>; Franke, G.H.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Hochschule Magdeburg-Stendal, FB AHW

<sup>2</sup> Paracelsus-Klinik An der Gande, Bad Gandersheim

E-Mail: se-wenzel@web.de

## Kurzfassung

Führt eine neue Falldefinition der Symptom-Checklist-90®-Standard (SCL-90®-S) bei Patient\*innen der orthopädischen Rehabilitation zu differenzierteren Ergebnissen als die bestehende?

## 1. Einleitung

Erkrankungen des Muskel-Skelett-Systems verursachten 2015 Kosten in Höhe von 34.2 Milliarden Euro und somit 10.1% der Gesamtkrankheitskosten in Deutschland [1]. Orthopädische Erkrankungsbilder sind häufig mit psychischer Komorbidität verknüpft [2], deren Prävalenz in der somatischen und medizinischen Rehabilitation bei bis zu 40% liegt [3]. Daher ist eine präzise Erfassung der psychischen Belastung für das Gesundheits- und Versorgungssystem von großer Bedeutung.

## 2. Zielstellung

Die SCL-90®-S ist ein Selbstbeurteilungsverfahren, das die subjektiv erlebte Beeinträchtigung in den letzten 7 Tagen erfasst [4]. Es stellt sich die Frage, inwiefern eine neue Falldefinition, die zu vier anstatt zu zwei Fallgruppen führt, differenziertere Ergebnisse liefern kann. Dadurch können Interventionen zielgerichteter eingesetzt und damit Ressourcen geschont werden. Die bisherige Falldefinition unterteilt in die zwei Fallgruppen ohne und mit deutlicher psychischer Belastung (T (2Skalen) und/oder globaler Kennwert  $\geq 63$ ) [4].

Die neue Falldefinition wird wie folgt bestimmt:

- Gruppe 1-keine Belastung: T (keine zwei Skalen und/oder GSI  $\geq 60$ )
- Gruppe 2-leichte Belastung: T (zwei Skalen und/oder GSI  $\geq 60$  und  $< 63$ )
- Gruppe 3-deutliche Belastung: T (zwei Skalen und/oder GSI  $\geq 63$  und  $< 70$ )
- Gruppe 4-schwere Belastung: T (zwei Skalen und/oder GSI  $\geq 70$ )

### 3. Methodik, Studiendesign

Diese Arbeit reanalysiert Daten von N=237 Personen, die 2012 im Rehabilitationszentrum Bad Sooden-Allendorf erhoben wurden. Eingesetzt wurden die SCL-90®-S [4], das Ultra Kurz Screening (UKS) [5] und der Freiburger Fragebogen – Stadien der Bewältigung chronischer Schmerzen (FF-STABS) [6]. Geprüft wurde mittels MANOVA sowie X<sup>2</sup>-Test.

### 4. Ergebnisse und Diskussion

Die N=237 Patient\*innen der orthopädischen Rehabilitation waren durchschnittlich 51 J. (±6) alt und 73% waren weiblich.

*Falldefinition in der Teilstichprobe Orthopädie:* Die bisherige Falldefinition führte zu einer Einteilung der Stichprobe in die Gruppen *deutliche psychische Belastung* (n=118) und *keine deutliche psychische Belastung* (n=119; siehe Tab. 1).

*Die neue Falldefinition führt in der Teilstichprobe zu folgender Verteilung:* Die Gruppe *1-nicht belastet* umfasst 38%. Gruppe *2-leicht belastet* 13%, Gruppe *3-deutlich* 27% und in der Gruppe *4-schwer belastet* befanden sich 22% [7].

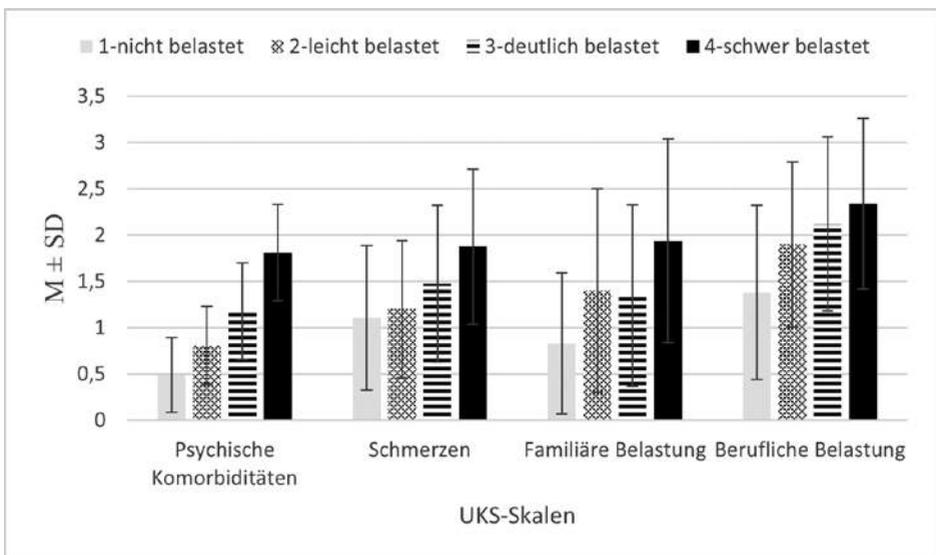


Abbildung 1 Unterschiede zwischen den vier Fallgruppen in Bezug auf die UKS-Skalen

Sowohl bei der UKS-Skala *Psychische Komorbidität* ( $\eta^2=0.55$ ) als auch bei zwei FF-STABS-Skalen *Vorbereitung* ( $\eta^2=0.09$ ) und *Aufrechterhaltung* ( $\eta^2=0.07$ ) zeigten sich statistisch signifikante Unterschiede (siehe Abb. 1).

Bei der UKS-Skala *Schmerzen* ( $\eta^2=0.12$ ) *Familiäre* ( $\eta^2=0.17$ ) sowie *Berufliche Belastung* ( $\eta^2=0.17$ ) zeigten sich Unterschiede. Die Darstellung dieser findet sich in Abbildung 1 wieder.

Die neue Falldefinition scheint geeignet, Orthopädiepatient\*innen hinsichtlich ihrer psychischen Gesamtbelastung differenzierter einzuteilen als die bisherige. Nach der Bonferroni-Korrektur beim FF-STABS blieben bei den Skalen *Vorbereitung* und *Aufrechterhaltung* statistisch signifikante Unterschiede nachweisbar (siehe Abbildung 2).

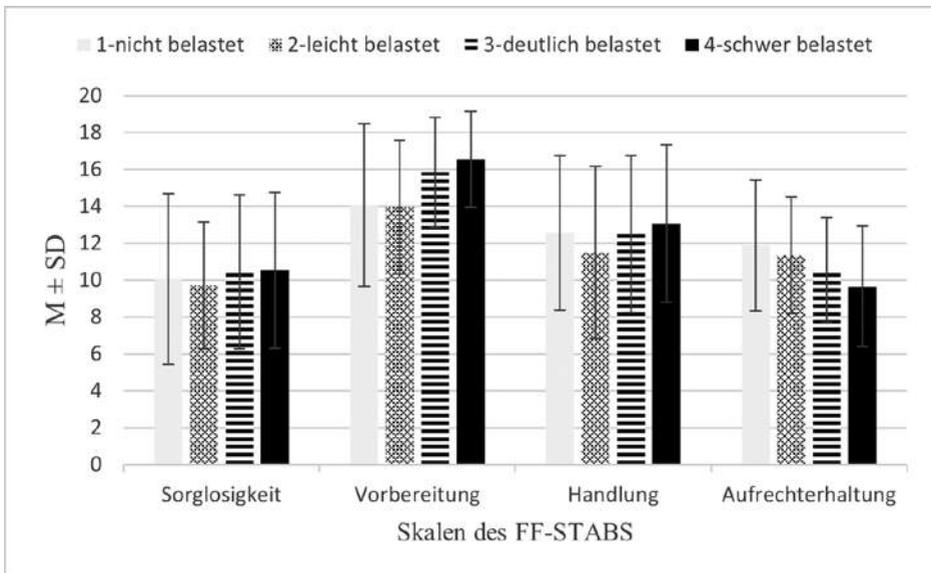


Abbildung 2 Unterschiede zwischen den vier Fallgruppen in Bezug auf die FF-STABS-Skalen

Durch die mehrheitlich hohen bis mittleren Effektstärken bei der neuen Falldefinition zeigte sich die Notwendigkeit einer Etablierung der neuen Falldefinition.

Nach Franke (2020) könnte durch die Einführung der neuen Falldefinition und dem damit verbundenen Informationsgewinn Ressourcen gespart werden und Patient\*innen zielgerichteter (Stressbewältigung, psychologische Einzelgespräche, etc.) behandelt werden.

## 5. Literatur

- [1] Statistisches Bundesamt: „Herz-Kreislauf-Erkrankungen verursachen die höchsten Kosten“, Wiesbaden (2017)
- [2] Schwarz, S. et al.: „Patienten mit vs. ohne psychische Störung in der orthopädischen Rehabilitation“, In: *Schmerz*, Berlin (2007)
- [3] Härter, M. et al.: „Epidemiologie komorbider psychischer Störungen bei Rehabilitanden mit muskuloskelettalen und kardiovaskulären Erkrankungen“, In: *Die Rehabilitation*, Georg Thieme Verlag, Stuttgart (2002)
- [4] Franke, G. H.: „Symptom-Checklist-90®-Standard. SCL-90-S; Manual“, Hogrefe, Göttingen (2014)
- [5] Küch, D.: „UKS – Ultra-Kurz-Screening. Auf Basis des PHQ 4“, Universität Würzburg; Abteilung für Medizinische Psychologie und Psychotherapie (2015)
- [6] Maurischat, C. et al.: „FF-STABS. Freiburger Fragebogen – Stadien der Bewältigung chronischer Schmerzen“, Hogrefe, Göttingen (2006)
- [7] Franke, G.H.: Zur genaueren Bestimmung von psychischer Komorbidität durch die SCL-90®-S. *Hannover: 29. Rehabilitationswissenschaftliches Kolloquium* (S. 44-46). Berlin: DRV (2020)

## **Vielfalt als Chance – Heterogenitätssensibles Lehren und Lernen im Hochschulkontext**

Werner, T.

Friedrich-Schiller-Universität Jena

E-Mail: theres.werner@uni-jena.de

### **Abstract**

„Die homogene Lerngruppe ist ein Mythos.“<sup>1</sup> Studierende bringen vielfältiges Vorwissen sowie unterschiedliche (Praxis-) Erfahrungen in die Lehrveranstaltungen mit. Das beeinflusst neben der Lernmotivation auch die Lernergebnisse. Daher stellt sich die Frage: Wie kann der Heterogenität in einem Seminarkontext angemessen Rechnung getragen werden? Ein Ansatz bietet das auf konstruktivistischem Lernverständnis basierende problemorientierte Lernen (POL). Ziel des Beitrags ist es, POL als ein mögliches Konzept vor dem Hintergrund des heterogenitätssensiblen Lehrens und Lernens in der akademischen Lehrer\*innenbildung im Fachbereich Deutsch als Fremd- und Zweitsprache (DaF/DaZ) vorzustellen, um die Vielfalt nicht als belastende Herausforderung zu sehen, sondern als Chance zu nutzen.

### **1. Einleitung**

Heterogenitätsmerkmale wie unterschiedliche Vorbildung durch eine bereits abgeschlossene Berufsausbildung, parallele Erwerbstätigkeit zum Studium, soziale Herkunft, Migrationserfahrungen, studienerschwerende Gesundheitseinschränkungen und Elternschaft kennzeichnen die Studierenden in Deutschland.<sup>2</sup> Das belegen auch die Zahlen des Centrums für Hochschulentwicklung.<sup>3</sup> Und laut Nickel und Thiele ist davon auszugehen, dass die Tendenz der Diversität weiterhin anhält bzw. zunehmen wird.<sup>4</sup>

Eine Möglichkeit, dieser Tatsache zu begegnen, bietet das problemorientierte Lernen. Problemorientiertes Lernen, häufig auch als Problem-based Learning bezeichnet, wird verstanden als das Lernen anhand authentischer Probleme<sup>5</sup>, die für akademische Lehr- und Lernarrangements didaktisiert werden. Damit wird neben erfahrungsbasiertem Lernen auch anwendungsnahes Lernen gefördert.<sup>6</sup> Das Arbeiten anhand von Problemen, welchen ein didaktisches Potential anhaftet<sup>7</sup>, ermöglicht auch die Problemlösefähigkeit zu schulen, die als zentraler Auftrag von Bildungsinstitutionen gilt und als Schlüsselqualifikation bezeichnet wird.<sup>8</sup> Und auch das selbstgesteuerte Lernen in POL-Kontexten kann zu mündigen Lernenden führen, was vor dem Hintergrund des lebenslangen Lernens bedeutsam ist.

## 2. Heterogenitätssensibles Lehren und Lernen durch Problemorientierung

Wie erfolgt nun konkret heterogenitätssensibles Lernen in POL-Settings? Dazu wird das POL-Vorgehen betrachtet. Problemorientiertes Lernen erfolgt in Schritten, deren Anzahl im Fachdiskurs variiert. So geht z.B. Guilbert (1987)<sup>9</sup> von zehn Stufen aus. Weber (2007)<sup>10</sup> verwendet sieben Schritte und Wilhelm und Brovelli (2009)<sup>11</sup> arbeiten mit einem Drei-Phasen-Ansatz. In diesem Forschungsprojekt wird sich an Webers siebenstufigem Modell orientiert, welches weiterentwickelt und um einen 8. Schritt ergänzt wurde, siehe dazu die Abbildung 1.

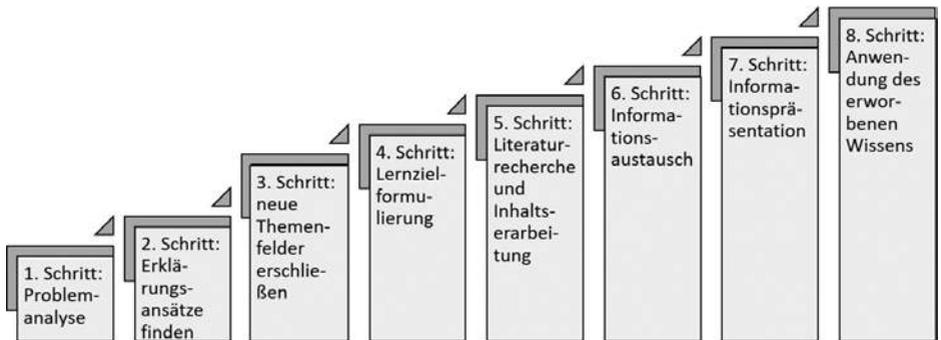


Abbildung 1: POL-Schritte nach Werner (eigene Darstellung, orientiert an Weber 2007: 24)<sup>12</sup>

Bereits im 1. Schritt der Analyse eines Problemszenarios wie „Stellen Sie sich vor, an Ihrer Schule...“ wird dem unterschiedlichen Vorwissen der Studierenden Raum gegeben. Mit dem Feststellen und Zusammentragen der aktuellen Wissensbestände aller Studierenden als Ist-Zustand (Schritt 2) werden verschiedene Vorkenntnisse deutlich und unterschiedliche Perspektiven einbezogen. Im anschließenden Festlegen neuer Themenfelder (Schritt 3) können individuelle Lernziele als Soll-Zustand (Schritt 4) formuliert werden. Das Finden von Gruppen zu einem Themengebiet und das kollaborative Erarbeiten der Lerninhalte ermöglicht ebenso heterogenitätssensibles Arbeiten (Schritt 5-7). Bei der gemeinsamen Bearbeitung des Problems durch Anwendung des Wissens kann jede/r Studierende ihr/sein individuelles Wissen einbringen (Schritt 8).

## 3. Transfer auf die Lehrer\*innenbildung im Fachbereich DaF/DaZ

Im Dissertationsprojekt findet das Vorgehen in einem fachdidaktischen Seminar für DaF/DaZ für angehende Lehrpersonen Einsatz. Lehramtsstudierende unterschiedlicher Fachsemester (1. bis 5.) und Fächerkombinationen (z.B. Deutsch, Englisch, Kunst,

Mathe, Sport) erarbeiten sich an zwei Problemszenarien verschiedene Lerninhalte wie Methoden und Motivation für DaZ-Lernende, Binnendifferenzierung im DaZ-Unterricht, Umgang mit Fehlern u.v.m. Flankiert wird das Vorgehen durch das Schreiben eines Lerntagebuchs, um individuelle Lernprozesse und deren Reflexion aufzuzeigen. In einem qualitativ ausgerichteten Forschungsdesign werden mit der inhaltlich strukturierenden qualitative Inhaltsanalyse nach Kuckartz<sup>13</sup> die Lerntagebücher ausgewertet. Trianguliert werden die Ergebnisse, indem Resultate der Seminarevaluationen mittels Fragebögen herangezogen werden.

Erste Ergebnisse der Seminarevaluation zeigen, dass bei der Aussage „POL ist ein geeignetes Konzept, um sich neues Wissen anzueignen“ von 12 Studierenden 4 (30%) zustimmen und 6 (50%) eher zustimmen und nur 2 (20%) weniger zustimmen. Weiterhin beurteilen die Studierenden, inwieweit sie im POL-Seminarkonzept sich Wissen entsprechend ihres Vorwissens angeeignet haben. Von 5 Studierenden stimmen 3 (60%) zu und 2 (40%) stimmen eher zu. Weitere Auswertungen und Triangulationen der Ergebnisse stehen bevor.

#### 4. Literaturverzeichnis

- [1] Richter, R. (Hrsg.): Vielfalt gestalten. Konstruktiver Umgang mit Heterogenität in Lehrveranstaltungen, *Thüringer Beiträge zur Hochschuldidaktik* 2 (9), (2013), S. 5.
- [2] Nickel, S./ Thiele, A.-L.: Öffnung der Hochschulen für alle? Befunde zur Heterogenität der Studierenden. In: Kriegel, M./ Lojewski, J./ Schäfer, M./ Hagemann, T. (Hrsg.): *Akademische und berufliche Bildung zusammen denken. Von der Theorie zur Praxis einer offenen Hochschule*. Waxmann, Münster (2017), S. 47.
- [3] Nickel, S./ Thiele, A.-L.: Öffnung der Hochschulen für alle? Befunde zur Heterogenität der Studierenden. In: Kriegel, M./ Lojewski, J./ Schäfer, M./ Hagemann, T. (Hrsg.): *Akademische und berufliche Bildung zusammen denken. Von der Theorie zur Praxis einer offenen Hochschule*. Waxmann, Münster (2017), S. 47.
- [4] Nickel, S./ Thiele, A.-L.: Öffnung der Hochschulen für alle? Befunde zur Heterogenität der Studierenden. In: Kriegel, M./ Lojewski, J./ Schäfer, M./ Hagemann, T. (Hrsg.): *Akademische und berufliche Bildung zusammen denken. Von der Theorie zur Praxis einer offenen Hochschule*. Waxmann, Münster (2017), S. 49.
- [5] Zumbach, J./ Weber, A./ Olsowski, G. (Hrsg.): *Problembasiertes Lernen. Konzepte, Werkzeuge und Fallbeispiele aus dem deutschsprachigen Raum*. h.e.p., Bern (2007), S. 9.
- [6] Zumbach, J./ Weber, A./ Olsowski, G. (Hrsg.): *Problembasiertes Lernen. Konzepte, Werkzeuge und Fallbeispiele aus dem deutschsprachigen Raum*. h.e.p., Bern (2007), S. 9.
- [7] Werner, T.: Das Konzept des problemorientierten Lernens in der fachdidaktischen DaF-/DaZ-LehrerInnenbildung (KopoLD). In: Gryszko, A./ Lammers, C./ Pelikan, K./ Roelcke, T. (Hrsg.): *Perspektiven für Deutsch als Fremd- und Zweitsprache in Schule, Beruf und Wissenschaft*. Universitätsverlag Göttingen, Göttingen (2020), S. 40.

- 
- [8] Gasser, P.: Lernpsychologie für eine wandelbare Praxis. Bildung Sauerländer, Aarau (2000), S. 301.
- [9] Guilbert, J.-J.: Educational Handbook for Health Personnel. WHO, Genf (1987).
- [10] Weber, A.: Problem-Based Learning. Eine Lehr- und Lernform gehirngerechter und problemorientierter Didaktik. In: Zumbach, J./ Weber, A./ Olsowski, G. (Hrsg.): *Problembasiertes Lernen. Konzepte, Werkzeuge und Fallbeispiele aus dem deutschsprachigen Raum*. h.e.p., Bern (2007).
- [11] Wilhelm, M. / Brovelli, D.: Problembasiertes Lernen (PBL) in der Lehrpersonenbildung: Der Drei-Phasen Ansatz der Naturwissenschaften. In: *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung*. 27/2 (2009).
- [12] Weber, A.: Problem-Based Learning. Eine Lehr- und Lernform gehirngerechter und problemorientierter Didaktik. In: Zumbach, J./ Weber, A./ Olsowski, G. (Hrsg.): *Problembasiertes Lernen. Konzepte, Werkzeuge und Fallbeispiele aus dem deutschsprachigen Raum*. h.e.p., Bern (2007), S. 24.
- [13] Kuckartz, U.: Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung, Beltz Juventa, Weinheim/ Basel (2016).