



# FORSCHUNGSBERICHT 2016-2017

Wissens- und Technologietransfer der THD



# FORSCHUNGSBERICHT 2016-2017





## ▶ VORWORT

Sehr geehrte Damen und Herren!

Jede Institution, die Forschung professionell betreibt, ist daran interessiert, ihren Forschungsoutput effizient zu dokumentieren. Die Gründe dafür sind vielfältig und lassen sich in verschiedene Faktoren unterteilen. Hochschulintern erleichtert ein transparenter Überblick die Analyse der Forschungsaktivitäten, die Kommunikation mit Ministerien, öffentlichen Geldgebern und anderen Stakeholdern. Extern erhöht die Sichtbarkeit der Forschungsaktivitäten das wissenschaftliche Renommee der Forschenden und der ganzen Hochschule, was sich wiederum positiv auf einzuwerbende Fördergelder auf überregionaler, nationaler und internationaler Ebene auswirkt. Auch das Interesse und die Akzeptanz bei möglichen Forschungsk Kooperationen mit Unternehmen, Universitäten usw. werden erhöht. Die Technische Hochschule Deggendorf | THD ist als eine der angesehenen Hochschulen für angewandte Wissenschaften in Bayern mit ihrer Verortung im ländlichen Raum auch Ansprech- und Kooperationspartner für die Herausforderungen kleinerer und mittlerer Unternehmen. Eine enge Zusammenarbeit mit der regionalen Wirtschaft macht die Hochschule zum Motor und Mentor einer ganzen Region und rüstet ihre Absolventinnen und Absolventen für aktuelle Herausforderungen der regionalen Wirtschaft. Die THD unterstützt damit in einer regionalen und überregionalen Sichtbarkeit das Leitbild einer wissenschaftsgestützten Regional- und Strukturpolitik im Freistaat Bayern.

Ihren 6.200 Studierenden bietet die THD moderne Bachelor- und Masterstudiengänge in den Studienfeldern: Bau- und Umwelttechnik, Naturwissenschaften, Elektrotechnik und Informatik, Maschinenbau und Mechatronik, Medien sowie Gesundheits- und Wirtschaftswissenschaften. Weiterbildung wird an der TH Deggendorf ebenfalls groß geschrieben. Das Programmangebot des Weiterbildungszentrums umfasst betriebliches Management, Pflegepädagogik, Unternehmensgründung, Public Management und vieles mehr. Das Lehrangebot wird ständig aktualisiert und um innovative Studienangebote ergänzt.

An der THD wird angewandte Forschung betrieben. Anwendungsorientierung bedeutet, die letztendliche Umsetzbarkeit der Forschungsergebnisse in Produkte, Verfahren und Dienstleistungen nicht aus dem Auge zu verlieren und Forschungsfragen gezielt vor dem Hintergrund der spezifischen Anforderungen und Fragen der Industrie zu bearbeiten. Anwendungsorientierung bedeutet demzufolge auch eine enge Zusammenarbeit mit Unternehmen, vor allem aus der Region.

Viele Forschungsthemen haben ihren Ursprung zunächst in studentischen Projekten und kleineren Forschungs- und Entwicklungsaufgaben. Im Idealfall führen diese zu größeren, öffentlich geförderten FuE-Projekten in Kooperation mit Firmen oder Universitäten.

Um die Forschung noch stärker fokussieren zu können, hat die Technische Hochschule Deggendorf mit ihren acht Technologiecampus, neun Instituten und







sechs Fakultäten die Forschungsaktivitäten in vier interdisziplinären Forschungsschwerpunkten gebündelt, die sich mit den Adjektiven digital, mobil, nachhaltig und gesund beschreiben lassen.

Unter dem Schwerpunkt Digitale Wirtschaft und Gesellschaft wird untersucht, wie sich fehlende physische Infrastruktur durch virtuelle und digitale Komponenten in ländlichen Räumen kompensieren lässt, wie Daten von Unternehmen effektiver erfasst, genutzt und vor nicht autorisierten Zugriffen geschützt werden können.

Im Schwerpunkt Nachhaltiges Wirtschaften, Innovative Werkstoffe und Energie werden die Entwicklung nachhaltiger Kunststoffe und die Forschung im Bereich Nanotechnologie vorangetrieben sowie Erkenntnisse der Bionik für die Industrie nutzbar gemacht. Bedingt durch die räumliche Nähe zur Glasindustrie liegt ein großer Fokus im Bereich Optik, der jährlich Experten für Fertigungstechnik aus aller Welt zum Seminar Präzisionsoptik nach Teisnach zieht.

Der Schwerpunkt Intelligente Mobilität umfasst sowohl umfangreiche Forschung im Bereich Elektromobilität, wie Schnellladesysteme für Elektrofahrzeuge und Reichweitenoptimierung als auch Aspekte des Verkehrsträgermanagements und des Tourismus. Unter den Schwerpunkt fallen auch Forschungsprojekte aus den Bereichen Geoinformatik und autonomes Fahren.

Im Bereich Innovative Arbeitswelt und Gesundheit wird an Themen wie Gesundheit im Handwerk, Pflegemanagement und Gesundheitsinformatik gearbeitet. Auch dieser Bereich wird mehr und mehr digital durchdrungen und verlangt spezifische Lösungen für einen sensiblen Bereich.

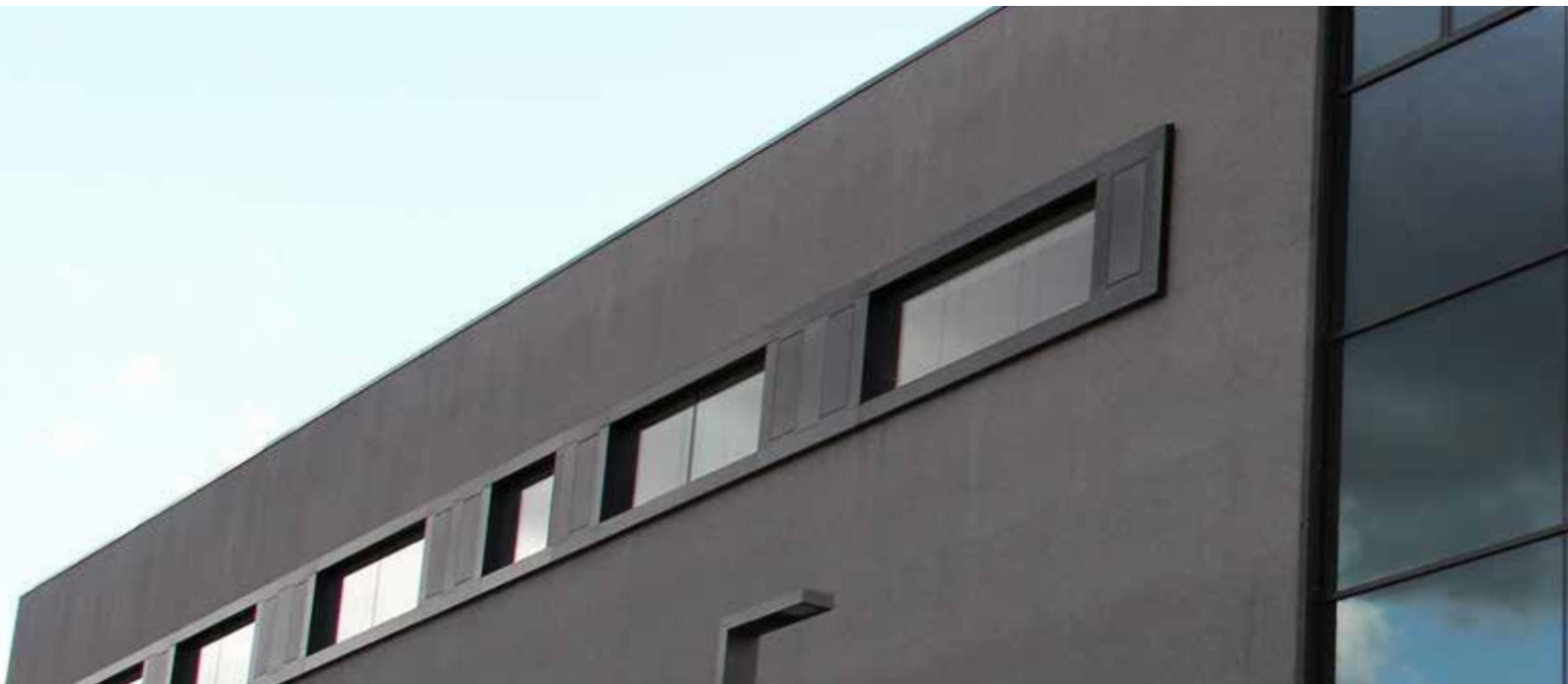
Alle Aktivitäten im Kernbereich Forschung und Entwicklung werden im Zentrum für Angewandte Forschung | ZAF gebündelt und koordiniert. Es ist Anlaufstelle für Unternehmen, Wissenschaftler, Doktoranden und Dozenten.

Mit diesem Forschungsbericht möchten wir Ihnen einen exemplarischen Überblick über die Forschungsaktivitäten an der Technischen Hochschule Deggendorf in den Jahren 2016/2017 geben. Ich wünsche Ihnen, liebe Leserinnen und Leser, eine spannende Lektüre und viele interessante Einblicke in das vielfältige Forschungsgeschehen an der Technischen Hochschule Deggendorf.



Ihr  
**Prof. Dr.-Ing.  
 Andreas Grzempa**  
 Vizepräsident für Forschung  
 und Wissenstransfer





<b>Vorwort</b>	<b>4</b>
Vizepräsident für Forschung und Wissenstransfer Prof. Dr. Ing. Andreas Grzemba	
<b>Forschung an der THD   Forschungsschwerpunkte</b>	<b>10</b>
<b>Zentrum für Angewandte Forschung   ZAF</b>	<b>12</b>
<b>Digitale Wirtschaft und Gesellschaft</b>	<b>16</b>
Systemic Security for Critical Infrastructures (SURF) Martin Aman (Dipl.-Ing. (FH), M.Sc.), Michael Heigl (M.Sc.), Prof. Dr.-Ing. Andreas Grzemba	16
EEG-basiertes Eye-Tracking System: Nutzung der okularen Artefakte im EEG-Signal zur Steuerung von Anwendungen und Multimediaapplikationen Prof. Dr. Götz Winterfeldt, Marc Philipp Dietrich (Dipl.-Ing. (FH), MBA), Kevin Steuer (B.Eng.), Katharina Heydn (B.Eng.), Björn Franken	22
Fusion mehrerer Computertomographie-Aufnahmen zur Verbesserung der Bildqualität Gabriel Herl (M.Sc.), Simon Rettenberger (B.Eng.), Prof. Dr.-Ing. Jochen Hiller	29
Das internationale Big Data Zentrum Ostbayern-Südböhmen (BDZOS) Dr. habil. Robert Hable, Magdalena Schindler (M.Sc. (Univ.))	33
Projekt NePUMuk (Neue digitale Produktions- und Mikrostrukturierungstechnologien für Anwendungen bis 80 GHz) Franz Röhl (M.Sc.), Siegfried Hildebrand (Dipl.-Inf.), Johannes Jakob (Dipl.-Ing. (FH), M.Eng.), Prof. Dr.-Ing. Stefan Zorn, Prof. Dr.-Ing. Werner Bogner	38
Internet of Things – Das Problem der ersten Meile Prof. Dr.-Ing. Gerald Kupris	43





Digitales Dorf (ehemals eDorf) – Förderung der Digitalisierung im ländlichen Raum in Bayern Prof. Dr. Diane Ahrens, Rainer Bomeisl (Dipl.-Kfm. (Univ.)), Magdalena Schindler (M.Sc. (Univ.))	47
Lehre 4.0: Effiziente Virtuelle Weiterbildung / Open Innovation Teaching 4.0 Monica Ciolacu (Dipl.-Ing. (Univ.)), Prof. Dr. Dr. Heribert Popp	52
Mehrwert durch 3D-Scans? Eine vergleichende Studie zweier Köpfe von originalen und nachgegossenen Bronzeplastiken des Augsburger Augustusbrunnens Benedikt Krieger (M.Eng.), Prof. Joerg Maxzin	59
Die digitalisierte Flucht nach Ägypten – Studie zum romanischen Steintympanon im Stadtmuseum Deggendorf Daniela Heuberger (B.Eng.), Prof. Joerg Maxzin	63
Digitalisierung von Partizipationsprozessen - PUBinPLAN Prof. Dr. Roland Zink, Stefan Küspert (Geogr.), Anna Marquardt (M.A.), Sebastian Schröck (B.Eng.)	68
Reaktionen nicht-traditionell Studierender auf innovative Weiterbildungsangebote: Eine Evaluationsstudie in der berufsbegleitenden Weiterbildung Dr. Andreas Gegenfurtner (Dipl.-Päd. (Univ.)), Dr. Martina Reitmaier-Krebs (M.A.), Dr. Karina Fisch (Dipl.-Päd. (Univ.)), Christine Bomke (M.A.), Andreas Oswald (FAE), Christine Resch (Dipl.-Bw. (FH)), Nina Schwab (B.A.), Lina Spagert (B.A.), Gabriele Wenig (M.A.), Alexander Zitt (Dipl.-Ing. MT), Wolfgang Stern	73
<b>Innovative Arbeitswelt</b>	<b>79</b>
Entwicklung und Erprobung eines Bio-Psycho-Sozialen Analyseinstrumentes zur Identifizierung von Belastungen im Handwerk Prof. Dr. phil. Stephan Gronwald, Prof. Dr. med. Dieter Melchart	79
MINTerAKTIV – Mit Erfolg zum MINT-Abschluss in Bayern Andrea Stelzl (Dipl.-Chem. (Univ.)), Angelika Hable (Dipl.-Biol. (Univ.)), Tanja Augustin (Dipl.-Ing.), Helmut Dullinger (B.Eng.)	88



Internationales duales Studium Bayern - Tschechien 94  
Martina Heim (M.A.), Claudia Probst (B.Sc.)

**Nachhaltiges Wirtschaften, Innovative Werkstoffe & Energie 97**

Fast Fizeau Interferometer with Polarization-Selective Reference and Reduced Measurement Uncertainty for Production-Integrated Measurement 97  
Prof. Dr. Gerald Fütterer

Glaswafer aus GOBs (GlaGOB) 102  
Maximilian Hasenberger (B.Eng.), Stefan Menzel (Dipl.-Phys.), Prof. Raimund Förg

Glas-Technologie-Allianz Oberfranken-Ostbayern (GlasTAOO) 107  
Benedikt Scharfe (Dipl.-Ing.), Liane Bingel (M.Sc.), Dr. rer. nat. Leonard Alaribe

Glas als Grundmaterial für Anwendungen im Bereich LED Technologie 110  
Daniel Möllenbeck, Christian Wistl (B. Eng.), Prof. Raimund Förg

Verbesserung des Wirkungsgrades von drahtloser Energieübertragung 116  
Christian Merz, (M.Sc.)

Energetische Betrachtung der Granit-Förderung im Steinbruch „Gramlet“ im Bayerischen Wald 119  
Prof. Dr. rer. nat. Karl-Heinz Dreihäupl

Entwicklung einer innovativen Kammerschleuse mit energetischer Nutzung als Fischaufstieg für eine Talsperre 123  
Johann Fischer, Helmut Kruczek (Dipl.-Volksw.), Prof. Rudolf Metzka (Dipl.-Ing.)

Fertigung von Zentrierbohrungen auf Dreh-Fräszentren mit minimaler Einschränkung der Bauteillänge 128  
Prof. Dr.-Ing. Stefan Scherbarth







<b>Intelligente Mobilität</b>	<b>135</b>
Enabling Seamless Electromobility Through Smart Vehicle-Grid Integration (Electric) Prof. Dr. rer. nat. Andreas Berl, Markus Eider (M.Sc.), Diana Sellner (B.Sc.Math.), Florian Schweiger (B.Eng.)	135
A Study of Antecedent Conditions of Customer Engagement: Economical Aspects of Local Railway Stations and Train Ticket Selling in Peripheral Regions Melanie Hazod (Dipl.-Betriebsw. (FH)), Prof. Dr. Shiri Vivek	140
<b>Kooperation mit Unternehmen   Wissens- und Technologietransfer</b>	<b>147</b>
<b>Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses   Graduiertenkolleg</b>	<b>152</b>
<b>Bavarian Journal of Applied Sciences</b>	<b>154</b>
<b>Publikationen</b>	<b>156</b>
2017	156
2016	161
2015	174
<b>Impressum</b>	<b>182</b>



## ▶ FORSCHUNG AN DER THD | FORSCHUNGSSCHWERPUNKTE

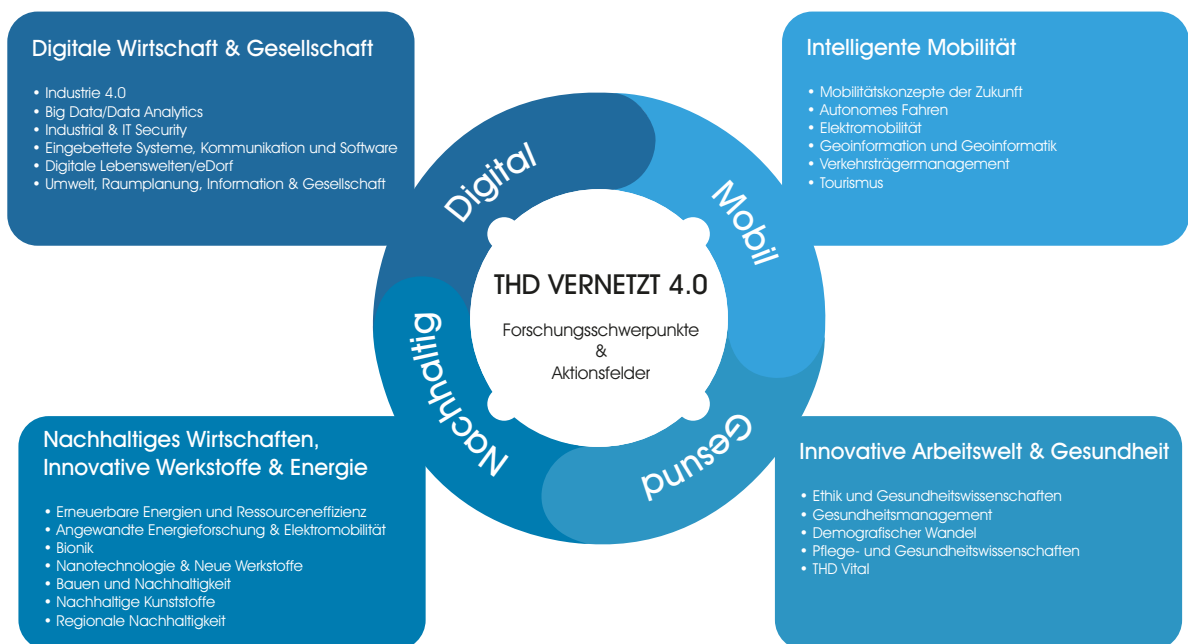
Die Stärke der THD liegt in der angewandten Forschung und Entwicklung. Strategisches Ziel der Hochschule ist es Wissen zu bündeln und ein förderliches Umfeld für eine intensive interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen den Fakultäten, den Technologie Campus und den Instituten zu schaffen. Auf neue technologische und gesellschaftliche Forschungsfragen kann dadurch frühzeitig mit Lösungsvorschlägen und Entwicklungen reagiert werden.

Die THD setzt in der Forschung national und international sichtbare Schwerpunkte. Gleichzeitig steht sie als regionaler und überregionaler Innovationsmotor in ganz besonderer Weise für die Verbindung von Wissenschaft, Lehre und Praxis: mit vorwiegend produkt- und anwendungsorientierter Forschung leistet sie einen wichtigen Beitrag für den Technologie- und Wirtschaftsstandort Bayern. Die wissenschaftliche Profilbildung unterliegt immer einer Dynamik. Die Forschungsstärke der Hochschule wird durch wettbewerbsstarke Verbundforschung kontinuierlich weiterentwickelt. Maßgeblich für die Identifizierung von Schwerpunkten ist unter anderem die erfolgreiche Einwerbung von Drittmitteln im nationalen und internationalen Wettbewerb. Die

THD hat im Zuge ihrer Struktur- und Entwicklungsplanung (2014-2016) zunächst sieben Forschungsschwerpunkte identifiziert. Diese Forschungsschwerpunkte wurden im Jahr 2017 zur Schärfung des Forschungsprofils, angelehnt an den aktuellen Hochschulentwicklungsplan, in vier neuen Forschungsschwerpunkten zusammengefasst.

Die fachliche Kompetenz und Vielfalt der THD ist unter dem Schlagwort „**THD-VERNETZT 4.0 – DIGITAL, NACHHALTIG, MOBIL, GESUND**“ zusammengefasst. Die Forschungsschwerpunkte **Digitale Wirtschaft und Gesellschaft; Nachhaltiges Wirtschaften, Innovative Werkstoffe & Energie; Intelligente Mobilität sowie Innovative Arbeitswelt & Gesundes Leben** sind gekennzeichnet durch hervorragende Forschungserfolge in Form eingeworbener Drittmittel, hochrangiger Publikationen, interdisziplinärer und interfakultärer Zusammenarbeit, durch eine enge Kooperation mit außeruniversitären Forschungseinrichtungen, die Einbindung in nationale und internationale Netzwerke sowie durch Leistungen für den Wissens- und Technologietransfer.









## ▶ ZENTRUM FÜR ANGEWANDTE FORSCHUNG | ZAF

Wissenschaftliche Innovationen brauchen engste Kooperation an den Schnittstellen von Forschung und Anwendung. Das Zentrum für Angewandte Forschung | ZAF der Technischen Hochschule Deggendorf | THD gibt solchen Kooperationen Raum und ist die zentrale Anlaufstelle für Unternehmen, Wissenschaftler und Absolventen.

Es bündelt die Kompetenzen der THD für den Transfer von Forschungsergebnissen in die Anwendung hinein und macht diese für die Wirtschaft und andere gesellschaftliche Stakeholder über die Region hinaus sichtbar und leichter zugänglich.

Ziel ist es die interdisziplinäre und hochschulübergreifende Zusammenarbeit zu verbessern und dadurch die Kooperationsfähigkeit der Hochschule mit regionalen und überregionalen Unternehmen zu stärken. Das ZAF bietet seinen Partnern aus Wirtschaft und Wissenschaft ein breites Leistungsspektrum an, das sich von messtechnischen

Dienstleistungen über Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten bis zu kompletten Innovationspaketen erstreckt.

Im Kernbereich Forschung unterstützt das ZAF bei der Informationsvermittlung über die Kompetenzen der THD auf dem Gebiet der angewandten Forschung, bei der Beratung in Zusammenhang mit Projekten im Bereich der angewandten Forschung in Kooperation mit klein- und mittelständischen Unternehmen, mit gemeinnützigen Körperschaften, Verbänden, Organisationen sowie öffentlich-rechtlichen Trägern.

Darüber hinaus versteht sich das ZAF als Schnittstelle für die Wissensvermittlung und den Transfer in die Praxis hinein und aus der Praxis heraus, es realisiert und unterstützt bei der Konzeption und Durchführung von Vorträgen, Veranstaltungen, Tagungen sowie Aus- und Fortbildungsmaßnahmen.





## Zentrum für Angewandte Forschung

### Wissens- und Technologietransfer

- **Wechselbeziehungen zwischen Hochschule und Praxis** (Forschung, Entwicklung & Anwendung + fördernde/schützende Maßnahmen)
- **Transferstelle:** zentraler Ansprechpartner für Unternehmen auf der Suche nach Forschungsprojektpartnern/Forschungsdienstleistungen
- **Bearbeitung/Aufbereitung externer Anfragen** an die THD (Identifikation geeigneter Professoren; Realisierung der Zusammenarbeit gemeinsam mit den internen + externen Partnern)
- **Unterstützung der regionalen und überregionalen Wirtschaft**
- **Veranstaltungen, Messen und Öffentlichkeitsarbeit** (Kontaktaufnahme mit potenziellen Partnern)

### Graduiertenkolleg

- **Beratung** Promotionsinteressierter und Promovierender
- **Vermittlung von Wissen und Fertigkeiten** für Forschungstätigkeit, Publikationen, Fördermittelbeantragung (begleitend zum Forschungsprojekt)
- **Vernetzung**

### Fördermittelberatung

- **Fördermittelrecherche**
- Unterstützung bei der **Antragstellung** (EU, Bund, Land)
- **Beratung**
- **Information**

**Prof. Dr.-Ing. Andreas Grzemba**

Technische Hochschule Deggendorf  
Dieter-Görlitz-Platz 1  
94469 Deggendorf

Tel.: +49 (0)991 3615-512  
E-Mail: andreas.grzemba@th-deg.de

**Martina Geier**

Assistentin des Vizepräsidenten  
für Forschung und Wissenstransfer

Technische Hochschule Deggendorf  
Dieter-Görlitz-Platz 1  
94469 Deggendorf

Tel.: 0991-3615-741  
martina.geier@th-deg.de

**Dipl.-Ing. (Univ.) Katrin Juds**

Referentin des Vizepräsidenten  
für Forschung und Wissenstransfer

Technische Hochschule Deggendorf  
Dieter-Görlitz-Platz 1  
94469 Deggendorf

Tel.: 0991-3615-621  
katrin.juds@th-deg.de

**Dipl.-Ing. (FH) Claudia Puck**

Leitung Wissens- und Technologietransfer

Technische Hochschule Deggendorf  
Dieter-Görlitz-Platz 1  
94469 Deggendorf

Tel.: 0991-3615-480  
technologietransfer@th-deg.de





**Dr. Kristin Seffer**

Leitung Graduiertenkolleg

Technische Hochschule Deggendorf  
Dieter-Görlitz-Platz 1  
94469 Deggendorf

Tel.: 0991-3615-460  
graduiertenkolleg@th-deg.de

**Esther Kinateder**

Teamassistentin Graduiertenkolleg

Technische Hochschule Deggendorf  
Dieter-Görlitz-Platz 1  
94469 Deggendorf

Tel.: 0991-3615-402  
graduiertenkolleg@th-deg.de

**Albrecht Friess**

EU-Referent

Technische Hochschule Deggendorf  
Dieter-Görlitz-Platz 1  
94469 Deggendorf

Tel.: 0991-3615-733  
albrecht.friess@th-deg.de



## Digitale Wirtschaft und Gesellschaft

### ▶ SYSTEMIC SECURITY FOR CRITICAL INFRASTRUCTURES (SURF)

Martin Aman (Dipl.-Ing. (FH), M.Sc.), Michael Heigl (M.Sc.)\*,  
Prof. Dr.-Ing. Andreas Grzemba

#### Abstract

Für die in kritischen Infrastrukturen eingesetzten Steuerungen ist das bedeutendste Schutzziel die Verfügbarkeit. Im Forschungsprojekt SURF wurde der Fokus auf die Erforschung und Erprobung von Sicherheitstechnologien gelegt, die kritische Infrastrukturen schützen, aber zeitgleich nicht negativ beeinträchtigen sollen. In den erforschten Sicherheitskonzepten wurden anstatt aktiver Maßnahmen, die unmittelbar in die Kommunikation eingreifen, passive Maßnahmen betrachtet. Diese sollen Warnungen über unerwünschte Nachrichten zur Verfügung stellen. Mit den Warnungen wird eine Vielzahl von Informationen geliefert, so dass die Administratoren geeignete Schritte gegen einen Hacker-Angriff wählen können. Hierbei entstanden Prototypen für eine Messsonde und Vorschaltgeräte. Mit der Messsonde wird der Inhalt der gesamten Netzwerkkommunikation eingesehen. Die Vorschaltgeräte dienen zur Nachrüstung von älteren Steuerungen.

*Availability is the most important security goal for automation components used in critical infrastructures. The research project SURF focuses on the research and trial of security technologies that protect but do not negatively affect critical infrastructures.*

*For the researched security concepts, passive instead of active measures have been considered. These generate warnings about security incidents that allow the administrators to choose the appropriate countermeasures against a hacker attack.*

*Two prototypes were developed, the measurement probe and the plug-in device. The measurement probe scans the content of network communication. The plug-in device serves to retrofit older controls used in critical infrastructures.*

\*Promoviert in Kooperation mit der Westböhmischen Universität in Pilsen (Betreuer: Doc. Ing. Dalibor Fiala (Ph.D.), Department of Computer Science and Engineering, Faculty of Applied Sciences).



## Einleitung

Da viele aktuell entstehende komplexe Anforderungen und zeitintensive Vorgänge nur noch mittels Rechnereinsatz realisierbar sind, können moderne Infrastrukturen heutzutage nicht mehr ohne den Einsatz leistungsfähiger IT-Systeme betrieben werden. Auch in kritischen Infrastrukturen werden zur Datenverwertung und Prozesssteuerung IT-Systeme eingesetzt. Kritische Infrastrukturen sind Systeme, in denen ein Ausfall oder eine Manipulation weitreichende Folgen für die Sicherheit, die Gesundheit der Gesellschaft und die Umwelt haben kann.

Kritische Infrastrukturen und die verwendeten IT-Systeme müssen deshalb besonders sorgfältig gegen Manipulationen und Schädigungen sowie Ausspähversuche durch Cyberangriffe geschützt werden. Die heutzutage verfügbaren Lösungen für IT-Sicherheit von kritischen Systemen können jedoch keinen voll umfassenden Schutz garantieren und sind daher längerfristig nicht ausreichend gesichert. Häufige Anwendung finden internetbasierte Kommunikationsinfrastrukturen, die nach außen hin nicht gänzlich abgeschottet sind.

Das Projekt zielt auf die Entwicklung und Erprobung adäquater Schutzsysteme für kritische Infrastrukturen. Dabei stehen neben der Sicherheit auch Aspekte wie Alltagstauglichkeit, Bedienbarkeit und Kosteneffizienz im Vordergrund. Das Konsortium von SURF strebte für das Spektrum der genannten Probleme einen ganzheitlichen, systemischen Ansatz an. Neuartige Sicherheitskonzepte müssen daher in der Lage sein, bestehende Altsysteme zu integrieren, ohne deren Funktionalität und existierende Zertifizierungen bezüglich der funktionalen Sicherheit (Safety-Zertifizierungen) einzuschränken.

Hierbei entstanden die Konzepte für die Messsonde zur Messung des Netzwerkverkehrs und das Vorschaltgerät zur Validierung der Kommunikation zwischen bis jetzt ungeschützten Systemen. Dabei spielten die gewonnenen Erkenntnisse aus dem Projekt „Anomalieerkennung und eingebettete Sicherheit in industriellen Informationssystemen (ANSII)“ zur Härtung von individuellen IT-Systemen eine Rolle, die direkt in die in SURF entwickelten Prototypen eingebracht wurden.

## Beschreibung des Projekts

Zu Beginn wurde eine Analyse der Anforderungen der Sicherheitsziele für kritische Infrastrukturen ausgeführt. Für gewöhnliche IT-Systeme aus dem Büro- und Administrationsfeld werden die Sicherheitsziele Authentizität, Verfügbarkeit und Vertraulichkeit in den Fokus gerückt, wobei in diesen

Feldern die Vertraulichkeit als wichtigster Faktor angesehen wird. Aus diesen bekannten Definitionen sollten die Schutzziele für kritische Infrastrukturen genauer abgeleitet werden. Hierzu dienen die Erfahrungen der im Projekt befindlichen industriellen Verbundpartner sowie der Anwendungsfallgeber Flughafen München GmbH und Airbus Group Innovations. Zusammen mit den gewonnenen Kenntnissen aus dem Projekt ANSII wurden ebenfalls die bereits bekannten Schutzziele im Bereich der Industrie mitevaluiert.

Anhand der definierten Schutzziele und dem erhöhten Fokus auf die Verfügbarkeit sollten Sicherheitskonzepte entstehen. Diese Sicherheitskonzepte sollen einen Mehrwert für kritische Infrastrukturen bieten ohne das Ersetzen von bereits existierenden Geräten zu erfordern. Ebenfalls sollen diese neuen Konzepte bereits existierende Lösungen einschließlich Firewalls weder negativ beeinträchtigen noch diese obsolet gestalten. Ebenfalls war es ein Muss, die Kommunikation zwischen Geräten bezüglich des Inhalts oder der Übertragungsgeschwindigkeit bzw. des Timings in keinsten Weise zu beeinflussen. Die zu erforschenden Ansätze sollten die bereits existierenden Lösungen ergänzen und die Kommunikation nur so minimal wie möglich stören.

Aufgrund der Anforderungen wurde ein Ansatz gewählt, der einen aufbereiteten Überblick über die Gesundheit der Netze von kritischen Infrastrukturen anzeigt. Dies soll den Administrator von solchen Netzen dabei unterstützen, mögliche Hacker-Angriffe zu bewerten und im besten Fall mit vorgeschlagenen Gegenmaßnahmen rechtzeitig und effektiv gegen diese Angriffe zu wirken. Zusätzlich sollen Ereignisprotokolle für die Nachvollziehung der Angriffe entstehen, die zur Verbesserung der Gesamtabwehr dienen.

Dieser Ansatz benötigte hierzu mindestens zwei Komponenten: Eine Mess-Komponente und eine Korrelations-Komponente. Die Mess-Komponente überwacht den Verkehr innerhalb des Netzwerks in kritischen Infrastrukturen und die darin gesendeten Pakete. Hierbei liegt der Fokus auf den Netzwerkprotokollen, die Teile der Infrastruktur steuern. Diese können zur Gebäudeautomatisierung inklusive Klimaanlage dienen, die z. B. die Computer im Rechenzentrum kühlen. Ebenfalls beinhalten die Netzwerkprotokolle die Steuerungen von Prozessen, die z. B. bei der Wasseraufbereitung die Füllmenge kontrollieren. Hierzu wurden der entstandene Netzwerkverkehr in den Anwendungsfällen und die Spezifikation der Netzwerkprotokolle analysiert. Anhand dieser Analyse wurden Regeln abgeleitet, mit denen die Mess-Komponente im laufenden Betrieb den Netzwerkverkehr überwachen kann. Sollte es einen Verstoß gegen die Regeln geben, so wird eine Warnung generiert und diese an die

Korrelations-Komponente weitergegeben. Hierbei entstanden von der THD-Seite die Prototypen für die Messsonde und das Vorschaltgerät.

Die Korrelations-Komponente soll eine zentrale Instanz sein, an die mehrere solcher Mess-Komponenten ihre Warnungen senden können. Die Korrelations-Komponente kann den Zustand des gesamten Netzwerkverkehrs analysieren, während die Mess-Komponente nur über eine eingeschränkte Einsicht in das Netzwerk verfügt. Mit statistischen Verfahren auf Basis der Warnungen sollen neue Erkenntnisse über das Netzwerk entstehen. Diese neuen und aufbereiteten Informationen dienen dann dem Administrator bei der Bewältigung von Sicherheitsvorfällen bzw. Hacker-Angriffen. Hierbei entstanden an der Technischen Universität München (TUM) TraViSy, IHS und GPLMT.

Mit diesen beiden Komponenten konnten Demonstratoren aufgebaut werden, auf deren Basis die Durchführbarkeit und die Tauglichkeit des Ansatzes bestätigt werden konnten. In intensiver Zusammenarbeit mit der Flughafen München GmbH konnten mit einem zur Verfügung gestellten Netzwerk die Messungen aus reellem Netzwerkverkehr mit der Mess-Komponente gemessen und überprüft werden. Dazu wurden Pakete eingespielt, die neben dem normalen Verkehr Angriffe simulieren sollten. Diese Tests beinhalteten Pakete von Geräten, die nicht Teil des Netzwerkes sind. Zusätzlich wurden Pakete simuliert, die Befehle nutzten, die ihnen nicht zustehen. So sollte z. B. kein Sensor ein anderes Gerät administrieren dürfen. Diese Vorfälle wurden an die Korrelationsstelle weitergegeben und dort von der TUM verarbeitet.

## Ergebnisse

In diesem Projekt entstanden seitens der Technischen Hochschule Deggendorf zwei Prototypen, die die Mess-Komponenten in diesem Forschungsansatz repräsentieren. Die Messsonde und das Vorschaltgerät sind entsprechend den Anforderungen so weit wie möglich passive und parallel verbaute Komponenten, die nach Messung von nicht-konformem Netzwerkverkehr eine Warnung an die Korrelations-Komponente senden. Diese Prototypen stellen somit die Informationsgrundlage für den Forschungsansatz dar.

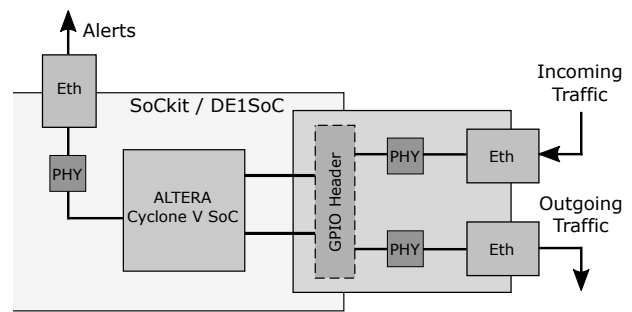


Abbildung 1: Hardware für Messsonde und Vorschaltgerät

Beide Prototypen verwenden dieselbe Hardware, die auch in Folge-Projekten weiterverwendet werden soll. Als Grundlage dient das DE1-SoC Evaluationsboard, das die Vorteile von FPGA und Mikroprozessor vereinen kann. Dieses Board wurde durch eine Platine für ein Trusted Platform Modul (TPM) aus dem Projekt ANSII und eine Adapterplatine mit zwei zusätzlichen Netzwerkanschlüssen erweitert. Mit der Adapterplatine bildet der FPGA eine Netzwerbrücke mit den zusätzlichen Netzwerkanschlüssen, die die Kommunikation zum Mikroprozessor kopiert, während die eigentliche Kommunikation so wenig wie möglich verzögert wird. Ebenfalls werden Fail-Safe-Mechanismen verwendet, um das Hinzufügen eines sogenannten Single Point of Failure, eines zusätzlichen Bruchpunkts, zu vermeiden. Im Mikroprozessor werden die Software-Komponenten jeweils für die Messsonde und für das Vorschaltgerät betrieben, welche unten beschrieben werden. Die TPM-Platine und die Erkenntnisse aus ANSII sollen das Gerät selbst gegen Hacker-Angriffe schützen, indem es Modifikationen an der Software erkennt.

## Messsonde

Die Messsonde stellt ein Network Intrusion Detection System (NIDS) dar, das wenig genutzte, aber weitverbreitete Fähigkeiten der verwendeten Switches bzw. Netzwerkknoten ausnutzt. Diese Fähigkeit, das sogenannte Port Mirroring ermöglicht es einem Switch, die gesamte Kommunikation an einen dafür konfigurierten Port zu kopieren und zu senden. Normalerweise wird die Port Mirroring-Funktion für die Diagnose für die Fehlkonfiguration von Netzwerken verwendet. Für das Port Mirroring steht gewöhnlich genügend Computer-Leistung zur Verfügung, so dass das Kopieren der gesamten Kommunikation möglich sein sollte. Die Leistung besitzt aber auch Grenzen, so dass bei einem großen Volumen in der Größenordnung von Gigabit in kürzester Zeit weitergeleiteten Netzwerkpaketen der Switch überfordert wird und so mit dem Verwerfen von Paketen beginnt. Dieses Problem spielt aber für gewöhnlich in Automatisierungsnetzwerken, die der überwachte Teil von kritischen Infrastrukturen sind,





keine Rolle. Das Volumen beschränkt sich auf bis zu 100 Megabit, die ein Zehntel des oben genannten Volumens ausmachen. Aber selbst das Volumen von 100 Megabit wird nur in den seltensten Fällen erreicht. Somit eignet sich Port Mirroring als Grundlage zur Messung des Netzwerkverkehrs.

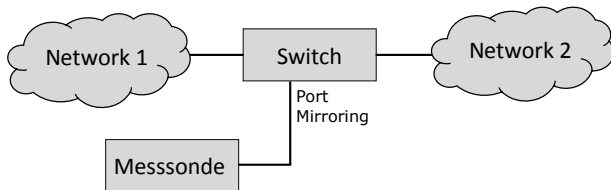


Abbildung 2: Messsonde im Netzwerk

Die Messsonde erhält so alle Pakete, die über einen Switch bzw. einen Teil des Gesamtnetzwerkes laufen. Dieser Strom aus Paketen wird über den im Prototypen verwendeten FPGA an den Mikroprozessor übergeben. Auf dem Mikroprozessor läuft ein reduziertes Ubuntu-Linux, in dem die Software Snort betrieben wird. Snort ist eine Open Source Intrusion Detection System (IDS) Software, die anhand eines Regelwerks bestimmen kann, welche Pakete der Kommunikation in einem Automatisierungsnetzwerk den Regeln konform entsprechen und welche nicht. Hierzu dient Deep Packet Inspection (DPI), welches sich den Inhalt der Pakete im Detail ansehen kann. Bei den analysierten Paketen handelt es sich um Prozessdaten. Aufgrund der Anforderungen für die Verfügbarkeit sind diese i. d. R. unverschlüsselt und besitzen keinen Bezug zu Personen. Da keine Datenschutz-Problematik entsteht und die Daten in Klartext existieren, lässt sich der Inhalt mit DPI messen. Zusätzlich wird für die DPI statt eines Black-Listings, d. h. die Signaturen von bekannten Gefahren werden aufgelistet, ein White-Listing verwendet. Da ein Automatisierungsnetzwerk in der Regel konstant bleibt und sich erst beim Erweitern oder Ersetzen von Geräten ändert, können so die bestehenden Kommunikationsbeziehungen und -rollen benutzt werden. Mit den Beziehungen und Rollen können die Regeln so angepasst werden, dass bei der erwarteten Kommunikation keine Meldungen generiert werden. Erst wenn unerwartete Pakete für ein Protokoll auftreten, wird aus diesem Umstand eine Meldung für die Korrelations-Komponente erstellt. Die Fälle für den Regelbruch können folgende sein:

- Unbekannte Sender oder Empfänger
- Paket entspricht nicht der Struktur für das Protokoll
- Sender verwendet Befehle für das Protokoll, die nicht seiner Rolle entsprechen
- Sender sendet Werte außerhalb vom Wertebereich

Im Detail nutzen die abgeleiteten Regeln die von den Protokollspezifikationen vorgesehenen Befehle zur Steuerung von Geräten und die beschriebene Anordnung von Daten, die einer gewissen Form von Grammatik für das Protokoll entspricht. Die Rollen beinhalten die Klassen für die Geräte, z. B. Sensor, Aktor und Steuerung. Ebenfalls können mit den ausgelesenen Prozessdaten Messdaten, die über Schwellwerten liegen, erkannt werden, welche in einem normalen Betrieb nicht existieren sollten. Diese Erkennung lässt sich für Netzwerke in kritischen Infrastrukturen einstellen. Innerhalb des Projekts wurden Regeln für folgende Protokolle angepasst:

- BACnet, Gebäudeautomatisierung aus dem Anwendungsfall der Flughafen München GmbH
- SOME/IP, Flugzeugpassagierkabinensteuerung aus dem Anwendungsfall von Airbus Group Innovations
- ProfiNET, industrielles Steuerungsprotokoll aus den Erfahrungen von ANSII

Die Meldungen, die an die Korrelations-Komponente gehen, werden mit dem Intrusion Detection Message Exchange Format (IDMEF) weitergeleitet. Dieses Protokoll wurde explizit für diesen Zweck von der Internet Engineering Task Force (IETF) spezifiziert. In dieser Meldung ist enthalten, wer der Sender und wer der Empfänger ist und welche Regel gebrochen wurde sowie weitere Details zur Kommunikation.

Insgesamt können mit der Messsonde neue Details punktuell im Gesamtnetzwerk gewonnen werden ohne das Netzwerk negativ zu beeinträchtigen. Über die Korrelations-Komponente können diese neuen Details im Gesamtkontext bewertet und somit weitere Hacker-Angriffe erkannt werden.

## Vorschaltgerät

Das Vorschaltgerät verfolgt die Idee, die älteren, noch existierenden Geräte mit Sicherheitstechnologien nachzurüsten. Hierbei wird das Vorschaltgerät entweder direkt vor einem Gerät oder einem kleineren Netzwerk platziert. Dies passiert einmal auf der Sender- und einmal auf der Empfängerseite. Die Kommunikation zwischen beiden Seiten wird auf ihre Integrität hin überprüft. Die Überprüfung soll erkennen, dass keine dritte Partei die Nachrichten zwischen Sender und Empfänger modifiziert hat. Dazu wird neben dem eigentlichen Netzwerkverkehr eine zusätzliche Nachricht zwischen den Vorschaltgeräten gesendet, die ein kryptographisches Ergebnis aus der Kommunikation errechnet.

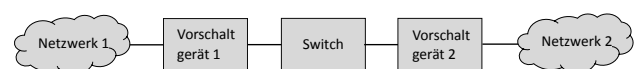


Abbildung 3: Vorschaltgeräte im Netzwerk

Zur Berechnung des Ergebnisses wird der Verkehr gemessen, der über das Vorschaltgerät geht. Dazu wurde eine Software geschrieben, die die Daten von mehreren Paketen aneinander reiht und damit eine Prüfsumme berechnet. Die Prüfsumme beinhaltet ebenfalls einen Zeitstempel und eine Zufallszahl, die zwischen den Vorschaltgeräten synchronisiert ist. Mit mathematischen Algorithmen benötigt die berechnete Prüfsumme ein kleineres Datenvolumen als die gemessenen Daten. Dennoch ist diese bezüglich der Daten eindeutig genug, um Veränderungen in den Daten sicher bestimmen zu können. Somit könnte bereits die erste gewollte oder ungewollte Veränderung zwischen Sender und Empfänger entdeckt werden.

Da so aber die Prüfsumme ebenfalls manipuliert werden könnte, um den gesendeten Daten wieder zu entsprechen, wird diese auch geschützt. Hierzu generieren die zwei Vorschaltgeräte einer Kommunikationsbeziehung, d. h. zwischen Sender und Empfänger, ein gemeinsames Geheimnis. Dieses Geheimnis ist nur den beiden Parteien bekannt und für andere nur auf sehr kostspielige Art und Weise zu erraten. Das Geheimnis wird verwendet, um die Prüfsumme zu verschlüsseln bzw. darüber ein HMAC zu bilden. Ein Key-Hashed Message Authentication Code (HMAC) ist ein kryptographischer berechneter Wert, aus dem sich die ursprünglichen Werte nicht erschließen lassen. Das ist aber in diesem Ansatz auch nicht nötig.

Die Messung zur Erstellung der Prüfsumme und die Bildung des HMACs geschehen auf beiden Seiten. Hierbei berechnet das sendende Vorschaltgerät den HMAC und verschickt diesen neben dem gemessenen Netzwerkverkehr. Das empfangende Vorschaltgerät sieht denselben zu messenden Netzwerkverkehr und erhält zusätzlich das HMAC-Ergebnis vom Sender. Nun kann der Empfänger dieselbe Messung über den gleichen Netzwerkverkehr ausführen und mit demselben Geheimnis den HMAC ebenfalls berechnen. An dieser Stelle wird das Ergebnis vom Sender mit dem Ergebnis vom Empfänger verglichen. Sind beide identisch, so kann davon ausgegangen werden, dass es bei der Kommunikation keine Probleme gab. Dies bedeutet, dass die Integrität der Nachrichten sicher bestätigt ist.

Sollte die Kommunikation zwischen den Vorschaltgeräten aber nicht integer sein, so wird, wie bei der Messsonde mit dem IDMEF Protokoll, eine Warnung an die Korrelations-Komponente weitergeleitet.

## Test

Zusammen mit den Projektpartnern Flughafen München GmbH und Airbus Group Innovations konnten die Prototypen in mehreren Szenarien getestet

werden. Bei der Flughafen München GmbH konnte mit einem vom Flughafen gestellten Netzwerk die Funktionsweise der Messsonde und des Vorschaltgeräts verifiziert werden. Hierbei wurde eine Gebäudeautomationskommunikation simuliert, bei der Fehlerpakete mit verschiedenen Senderadressen, Befehlen und Werten in das Netzwerk eingespeist wurden. Die Messsonde reagierte auf die gewählten Tests wie gedacht und sendete Warnungen an eine vor Ort simulierte Korrelations-Komponente. Das Vorschaltgerät erkannte auch, dass die Pakete ähnlich eines Man-In-The-Middle zwischen die Vorschaltgeräte eingespeist wurden und nur zu einem Vorschaltgerät gingen. Die Warnungen wurden dementsprechend versandt.

Bei Airbus konnte die Messsonde in ein Mock-up einer Flugzeugkabine eingebracht werden. Hierbei war die Messsonde bezüglich ihrer Leistung herausgefordert, da ebenfalls Streaming-Daten von Video und Audio auf dem Switch mit Port Mirroring lagen. Nach Wegschalten der Streaming-Daten funktionierte die Messsonde wie gedacht. In weiteren Schritten und Folgeprojekten muss dementsprechend die Leistung der Messsonde für höhere Bandbreiten bzw. ein höheres Datenvolumen getestet und angepasst werden.

## Fazit

Das Konzept als solches scheint unter den definierten Voraussetzungen sehr gut zu funktionieren. Nur wenn das Netzwerkvolumen die definierte Schwelle in den Gigabit-Bereich hinein überschritten hat, war die Funktionsweise nicht mehr sichergegeben. In Anbetracht der Tatsache, dass der Prototyp unter den genannten Voraussetzungen funktioniert und in Folgeprojekten noch Entwicklungsarbeit geleistet werden wird, ist zu erwarten, dass hinsichtlich dieser Problemstellung auch noch eine Lösung gefunden wird. Zusätzlich kann noch eine zusätzliche Intelligenz entwickelt werden, so dass das Verfassen von Regeln nach Möglichkeit automatisiert geschieht. Das Konzept ist sehr zukunftssträchtig und sollte weiter beforscht werden.

## Fördergeber



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



**Projektpartner****Projekt****Prof. Dr.-Ing. Andreas Grzemba**

Technische Hochschule Deggendorf  
Fakultät Elektrotechnik, Medientechnik  
und Informatik  
Dieter-Görlitz-Platz 1  
94469 Deggendorf

Tel.: +49 (0)991 3615-512  
E-Mail: andreas.grzemba@th-deg.de

**Dipl.-Ing. (FH) Martin Aman (M.Sc.)**

Technische Hochschule Deggendorf  
Fakultät Elektrotechnik, Medientechnik  
und Informatik  
Dieter-Görlitz-Platz 1  
94469 Deggendorf

Tel.: +49 (0)991 3615-626  
E-Mail: martin.aman@th-deg.de

**Michael Heigl (M.Sc.)**

Technische Hochschule Deggendorf  
Fakultät Elektrotechnik, Medientechnik  
und Informatik  
Dieter-Görlitz-Platz 1  
94469 Deggendorf

Tel.: +49 (0)991 3615-537  
E-Mail: michael.heigl@th-deg.de

## ▶ EEG-BASIERTES EYE-TRACKING SYSTEM

### Nutzung der okularen Artefakte im EEG-Signal zur Steuerung von Anwendungen und Multimediaapplikationen

Prof. Dr. Götz Winterfeldt, Marc Philipp Dietrich (Dipl.-Ing. (FH), MBA), Kevin Steuer (B.Eng.), Katharina Heydn (B.Eng.), Björn Franken

#### Abstract

Das Elektroenzephalogramm (EEG) ist eine Summe aus vielen unterschiedlichen Signalen. Neben der Gehirnaktivität besteht es aus Signalanteilen externer und interner Quellen, wie z. B. Funkwellen, Lichtreizen und vielartigen Muskelbewegungen. Anders als die Gehirnforschung, bei der die sogenannten Störsignale entfernt werden, nutzen Brain Computing Interfaces (BCI) diese Artefakte zur Steuerung von Applikationen. Gegenstand der Forschungsarbeit ist die Untersuchung der Frage, ob und inwieweit sich Augenbewegungen im EEG-Signal erkennen und zur Interaktion in multimedialen Welten nutzen lassen. Erste Versuchsdurchführungen bestätigen, dass sich aus okularen Artefakten im EEG-Signal auf die Augenstellung schließen lässt. Maximalauslenkungen der Augen in horizontaler, vertikaler und zentrierter Stellung lassen sich mit einer Rate von über 95% richtig erkennen. In weiteren Schritten wird die zeitliche Detektion der Richtung und Geschwindigkeit von Augenbewegung sukzessive verfeinert und deren Nutzung in Echtzeitanwendungen erprobt werden.

*The electroencephalogram (EEG) is a summation of many different signals. In addition to actual brain activity, it consists of signal components caused by external and internal sources, such as radio waves, light stimuli and various muscle movements. In contrast to brain research, in which the so-called interfering signals are removed, Brain Computing Interfaces (BCI) use these artefacts to control applications. The aim of this research project is to find out whether eye movements can be extracted from the EEG signal and how they can be used for interaction within multimedial realities. The first test runs confirm that ocular artefacts in the EEG signal can be inferred to the eye position. Maximum eye deflections in the horizontal, vertical and centered position can be detected with a true-positive rate of more than 95%. In further steps, the direction and speed of eye movement will be successively refined and their usage tested in real-time applications.*

#### Einleitung

Augmented, Mixed und Virtual Reality haben in den letzten Jahren eine enorme technische Entwicklung erlebt. Sie bilden die vierte Welle disruptiver Digitaltechnik [1] und sind inzwischen im alltäglichen Gebrauch angekommen. Aktuelle Weiterentwicklungen konzentrieren sich auf Herausforderungen zur Optimierung von Inhalten und innovativer Steuerung [2].

Insbesondere durch das Auge als primär betroffenes Organ ergeben sich zusätzliche Möglichkeiten zur Interaktion. Beispielsweise können Bewegungen und Positionen beider Augen über Kameras erfasst werden (binokulares Eye-Tracking). Eine bildverarbeitende Software erkennt dann die Stellung der Pupillen und vermittelt so Rückschlüsse über Blickrichtung und Fokus. Diese Informationen können dann direkt in Anwendungen genutzt werden.

Derzeit werden solche Informationen hauptsächlich im Bereich Foveated Rendering eingesetzt, bei dem nicht das ganze Bild, sondern nur der fokussierte

Bereich scharf gezeichnet wird. Dadurch lassen sich wertvolle Ressourcen wie Rechenleistung und Energieverbrauch schonen [3]. Weitere Anwendungsmöglichkeiten bestehen in Menünavigation, Objektauswahl oder Tiefenfokus in 3D- und Lichtfeld-Räumen. Denkbar wäre auch eine Nutzung der Blickrichtung zur Überprüfung der Frage, ob bestimmte Hinweise oder Objekte vom Betrachter tatsächlich wahrgenommen wurden oder nicht.



Abbildung 1: Binokulare Eye-Tracking-Brille von PupilLabs

Gegenwärtig kommen lediglich klassische kamera-gestützte Eye-Tracking-Systeme zum Einsatz. Diese



lassen sich aufgrund der technischen Gegebenheiten jedoch nur bedingt in Head Mounted Devices (HMD) integrieren. Die notwendige Infrarot- und Kamertechnik kann nur direkt am bzw. unter dem Auge positioniert werden, was zur größeren Einbautiefe von Displays zwingt. Abgesehen von zusätzlichem Gewicht und Leistungsaufnahme entwickelt diese Komposition zudem Wärme. Bei geschlossenen Daten-Brillen muss stets für entsprechende Abluft oder Kühlung gesorgt werden.

## Ziel

Im Rahmen der Forschungsarbeit wird ein innovatives und intuitives Interaktionskonzept zur Steuerung von Applikationen über Augenbewegungen entwickelt. Wesentlicher Unterschied zu kameragestützten Eye-Tracking-Systemen ist, die Messungen nicht direkt am Auge, sondern an unterschiedlichen Positionen des Kopfes vorzunehmen. Dabei wird mit Artefakten gearbeitet, die die Augenbewegungen im EEG-Signal hinterlassen.

Die Entwicklung der evolutionären Interaktionstechnik beinhaltet:

1. Entwicklung einer Prozesskette mit
  - a. Signalaufnahme
  - b. Datenfilterung
  - c. Merkmalsbewertung und Klassifikation
2. Realisierung eines prototypischen Devices mit Echtzeitfähigkeit
3. Realisierung von Applikationsszenarien zur Untersuchung von Gebrauchstauglichkeit

Zusätzlich wird untersucht, inwieweit diese Technologie auch Interaktionskonzepte in anderen Domänen ergänzen kann. Die entsprechende Mess- und Erkennungselektronik wird in alltagsübliche, kopfgetragene Gebrauchsgegenstände wie Brillen, Kopfhörer oder Kopfbedeckungen integriert.

Der Fokus bei der Konzeption und Umsetzung aller Teilaspekte liegt dabei vor allem auf deren Anwendung und Verarbeitung in Echtzeit.

## Ansatz

Der Ansatz dieser Forschungsarbeit basiert im Wesentlichen auf drei Bereichen.

Die Grundlage bildet das Elektroenzephalogramm (EEG), das mehr Informationen liefert als über die reinen Gehirnaktivitäten. Diese Gehirnaktivitäten beruhen auf Denkprozessen, Erwartungshaltungen und Emotionen und weisen immer einen gewissen Anteil an Störsignalen auf, die die Gehirnwellen überlagern. Solche Artefakte werden zum einen von äußeren Quellen und Reizen wie Stromnetzen, Funkwellen oder Lichtblitzen erzeugt, aber auch

von inneren Faktoren verursacht, wie etwa durch Bewegungen von Nase, Mund, Hals, Herzschlag oder den Augen.

Als zweiter Beitrag fungieren die Erkenntnisse aus der Elektrookulographie (EOG). Hier werden - hauptsächlich in medizinischen Anwendungen - die Augenbewegungen über Elektroden direkt neben den Augen an Nase, Stirn und Schläfe gemessen. Das anschließend analysierte elektrische Potential, das ebenfalls die Ursache für die okularen Artefakte im EEG-Signal ist, gibt Aufschluss über Augenposition und -bewegung. Diese Methode erreicht annähernd die Genauigkeit von kameragestützten Systemen.

Brain-Computer-Interfaces (BCI) nutzen EEG-Signale zur Steuerung und Interaktion von Applikationen und Maschinen (Human Computer Interaction, HCI). Deren Prozesskette zur digitalen Signalverarbeitung (DSV) liefert den dritten Baustein. Die fünfstufige iterative Schleife startet bei der Datenaufnahme, führt über die Filterung und Merkmalsbewertung zur Klassifikation (Machine Learning) und endet in der direkten Anwendung. Eine Auswertung des Applikations-Feedbacks zwingt gegebenenfalls zur Verbesserung der Prozesskette und einem erneuten Durchlauf.



Abbildung 2: Typische Prozesskette der digitalen Signalverarbeitung (DSV) eines Brain-Computer-Interfaces

Es stellt sich die maßgebliche Forschungsfrage:

- Inwieweit lassen sich okulare Artefakte im EEG-Signal als Augenbewegungen detektieren und zur Steuerung von Anwendungen nutzen?

Unter dem Aspekt, dass die okularen Artefakte im EEG-Signal die gleiche Ursache haben wie sich die Elektrookulographie zunutze macht, wird folgendes zusätzlich überprüft:

- Inwieweit lassen sich die Erkenntnisse aus der Elektrookulographie (EOG) nutzen und auf die okularen Artefakte in der Elektroenzephalographie (EEG) anwenden?
- In Abhängigkeit der Forschungsfrage ergeben sich daraus direkt folgende Problem- und Aufgabenstellungen:

- Bestimmung der Anzahl und Position geeigneter Punkte am Kopf zur Messung okularer Artefakte
- Störfreie Messung (und Übertragung) des EEG-Signals respektive verlustarme Reduzierung des EEG-Signals um Störsignale
- Verlustarme Extraktion durch Filterung der okularen Artefakte aus dem EEG-Signal
- Möglichkeiten der Interpretation, Bewertung und Klassifikation horizontaler sowie vertikaler Stellung und Geschwindigkeit (der Augenbewegungen)
- Betrachtungs- und Anwendungsmöglichkeiten unter Echtzeit-Bedingungen (Realtime Processing)

## Stand der Forschung

Das Prinzip der Elektrookulographie – und damit die okularen Artefakte im EEG-Signal – basiert auf dem elektrischen Dipol des Augapfels, bei dem die Kornea positiv und die Retina negativ sind. Durch Bewegungen des Bulbus oculi verändert sich das elektrische Feld, das wiederum mittels Elektroden an und um das Auge abgeleitet werden kann [4]. Die Interpretation der Kurven ermöglicht die Bestimmung der Augenstellung in horizontaler und vertikaler Ausrichtung.

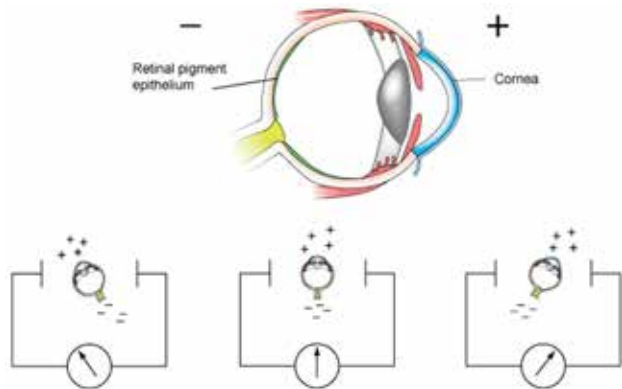


Abbildung 3: Darstellung des corneo-retinalen Potentials des Augapfels

In der Vergangenheit wurde das EOG-Signal nur in Nischenbereichen genutzt. Kumar et al. [5] nutzen das EOG-Signal, um Applikationen mittels Augenbewegungen zu steuern. Ebenso detektieren Yamagishi et al. [6] horizontale und vertikale Augenbewegungen zur Steuerung von Schreibhilfen. Sie adressieren aber weiterhin die Gruppe der Personen mit körperlichen Einschränkungen und nutzen Elektrodenpositionen über und neben den Augen zur Aufnahme des Signals.

In der Elektroenzephalographie werden okulare

Artefakte dafür genutzt, Schlafphasen für klinische und physiologische Zwecke zu diagnostizieren. So nutzten Mohammadi et al. [7] die EOG-Anteile im EEG-Signal zur Unterscheidung von schnellen Augenbewegungen (rapid eye movement, REM), nicht schnellen Augenbewegungen (non-rapid eye movement, NREM) und Wachzustand. Außerhalb der Schlafforschung werden okulare Artefakte als Störsignale gesehen, welche die Untersuchungen von Gehirnaktivitäten negativ beeinträchtigen [8].

Mitunter werden auch in Brain-Computer-Technologien EOG-Signale als Störsignale empfunden. Maddirala und Shaik [9] benutzten kombinierte Techniken, um okulare Artefakte aus dem EEG-Signal zu entfernen. Die Nutzung von okularen Artefakten im EEG-Signal zur Steuerung von Anwendungen (BCI) bleibt momentan jedoch noch aus.

## Methodisches Vorgehen

Das Projekt ist in drei Phasen geteilt. Jeder Abschnitt hat definierte Anforderungen zur verbesserten Erkennung von Augenpositionen und -bewegungen. Festgelegte Anwendungsbeispiele dienen jeweils der Demonstration und Erprobung des Nutzens. Ziel eines jeden Entwicklungsabschnittes ist es, die Prozesskette der digitalen Signalverarbeitung zu optimieren und am Ende eines Durchlaufs eine echtzeitfähige Hardware entwickelt zu haben, das den zuvor definierten Anforderungen genügt. Anschließend werden Applikationsszenarien realisiert und deren Gebrauchstauglichkeit analysiert. Die gewonnenen Erfahrungen und Erkenntnisse bilden jeweils das Fundament für die Formulierung der Anforderungen der nächsten Phase.

### Phase 1

Entwicklung der Aufnahmetechnik und Überprüfung der generellen Machbarkeit, Augenbewegungen respektive okulare Artefakte in dem EEG-Signal zu lokalisieren und zu detektieren. Dazu werden in einer Reihe von Durchführungen die maximalen Augenauslenkungen in horizontaler und vertikaler Richtung sowie die zentrierte Augenstellung untersucht. Zusätzlich wird in einer weiteren Versuchsreihe getestet, ob und wie sich Licht auf das dipolare Verhalten des Auges und damit auf okulare Artefakte auswirkt.

### Anforderungen:

Erkennung horizontaler und vertikaler Extremauslenkungen der Augen sowie zentrierter Augenstellung für eine Stellungsdauer eines definierten Zeitraumes (z. B. eine Sekunde).

### Nutzen:

Die extremen Augenpositionen, die bewusst ausgeführt werden müssen, können zum Schalten binärer



Zustände verwendet werden. Die zentrierte Augenstellung ist neutral.

Anwendung:

- a) Links und rechts können zum Ein- und Ausschalten eines Displays dienen. Hoch und runter zur Regelung der Helligkeit
- b) Scrollen von Bildschirmhalten in vier Richtungen
- c) Einfache Navigation nach links, rechts sowie oben und unten (respektive vor und zurück) in virtuellen Welten

Phase 2

Verfeinerung der Detektion horizontaler und vertikaler Augenpositionen. Untersucht werden fixierte Augenstellungen und sprunghafte Bewegungen. Der Versuchsaufbau sieht eine optisch geführte Sequenz vor, die mittels einer Eye-Tracking-Brille verifiziert wird.

Anforderungen:

Erkennung aller horizontalen und vertikalen Augenstellungen in definierten Abständen (z. B. fünf Grad) und für eine Stellungsdauer eines definierten Zeitraumes (z. B. eine Sekunde).

Nutzen:

Die verfeinerte Erkennung der Blickwinkel gibt Aufschluss über den (nicht tiefenwirksamen) Fokus des Betrachters auf die Szene. Das dadurch entstehende Erkennungsraster (von z. B. fünf Grad horizontal und vertikal) kann als 2D-Fläche auf die Szene gemapped werden. Die Kreuzungspunkte bzw. Teilflächen des Rasters dienen als Weichen für Interaktionen.

Anwendung:

- a) Einblenden und Ausblenden selektiver Informationen zu anvisierten respektive nicht-anvisierten Objekten einer Szene.
- b) Überprüfung der Wahrnehmung von eingeblendeten Inhalten (z. B. Warnmeldungen)
- c) Geschwindigkeits-gesteuerte Navigation in virtuellen Welten: leichter Blick nach links steuert langsam nach links, extremer Blick nach links steuert schnell nach links usw.
- d) Steuerung und Auswahl von Menü und Menüelementen in Augmented Realities
- e) Foveated Rendering zweidimensionaler Inhalte

Phase 3

Detektion und Interpretation von Augenbewegungen, d. h. geschwindigkeitsabhängige Positionsänderung der Augen respektive Blickrichtung. Zusätzlich soll der Tiefenfokus über mathematische

Verfahren ermittelt werden. Die Berechnung des Fokus erfolgt über die Parallelität respektive Nicht-Parallelität der Augenachsen bzw. das kohärente Verhalten der okularen Artefakte.

Anforderungen:

Erkennung von Sakkaden (sprunghafte Änderungen der Blickrichtung) und Fließbewegungen des Auges mit der Auflösung aus Phase 2. Zusätzliche Ermittlung des Tiefenfokus anhand anvisierter Objekte im definierten Nahbereich (z. B. von 3cm bis 67cm – nach einer in Phase 2 genannten Auflösung von fünf Grad ist eine tiefere Fokus-Erkennung nicht möglich). Der Versuchsaufbau von Phase 2 wird genutzt gegebenenfalls modifiziert werden und die Anforderungen entsprechend dem Entwicklungsstand der Phase 2 definiert.

Nutzen:

Die Interpretation der Augenbewegungen gibt Aufschluss über die tatsächliche Handlung (z. B. Lesen) des Benutzers und bietet damit eine Voraussetzung für automatisierte Abläufe und Steuerungen. Der Tiefenfokus ermöglicht Interaktionen im dreidimensionalen Raum.

Anwendung:

- a) Automatisches Scrollen beim Lesen von Texten
- b) Selektion vor- bzw. nachgelagerter Objekte im dreidimensionalen Raum
- c) Nachbildung realistischer Tiefenschärfe respektive -unschärfe in virtuellen Welten durch Foveated Rendering dreidimensionaler Inhalte (Lichtfeld-Räume)

## Erste Ergebnisse

In der ersten Testreihe wurden Signale einer Testperson evaluiert. Dabei wurden die vier Extrempositionen der Augen (links, rechts, oben, unten) mit einer Dauer von einer Sekunde und einem Vorsowie Nachlauf von jeweils zwei Sekunden aufgezeichnet. Die zentrierte Augenstellung, einmal mit offenen, ein andermal mit geschlossenen Augen, wurde je mit einer Dauer von fünf Sekunden aufgenommen. Diese sechs Zustände wurden jeweils zehn Mal wiederholt.

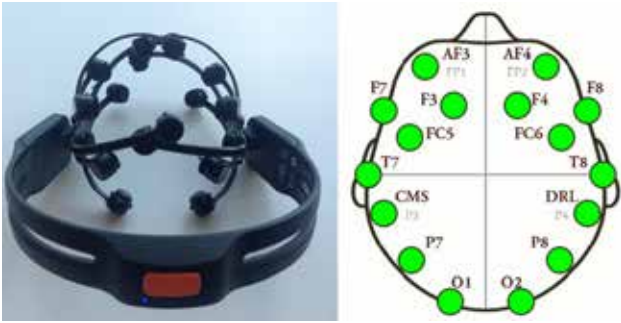


Abbildung 4: EEG-Gerät EPOC von Emotiv mit korrespondierenden Messpunkten am Kopf

Zur Datenerfassung stand ein Emotiv EPOC (Abb. 4) zur Verfügung, das über 14 Elektroden verfügt und die Messdaten über ein USB-Dongle in Echtzeit an den verbundenen Computer sendete. Die zugehörige Software stellte die Kontaktqualität der Elektroden und die Empfangsbereitschaft des Geräts sicher. Mittels der OpenSource-Software OpenVIBE wurden die empfangenen Rohdaten mit einer Rate von 128spm der Festplatte aufgezeichnet. Zum Ende der gesamten Datenerfassung liegen 60 Aufnahmen respektive CSV-Dateien vor. Die anschließende Filterung, manuelle Merkmalsbewertung sowie Klassifikation wurden in MATLAB respektive der Classification Learner Toolbox (MATLAB-Erweiterung) durchgeführt.

Die Ergebnisse zeigen, dass sich okulare Artefakte im EEG-Signal detektieren und die Erkenntnisse aus der EOG anwenden lassen. Extreme Augenpositionen in horizontaler und vertikaler Richtung sowie eine zentrierte Augenstellung lassen sich eindeutig und mit einer richtigen Zuordnung von 97% erkennen. Dazu waren lediglich zwei Messpunkte je Gehirnhälfte notwendig. Das funktioniert sowohl bei offenen als auch bei geschlossenen Augenlidern.

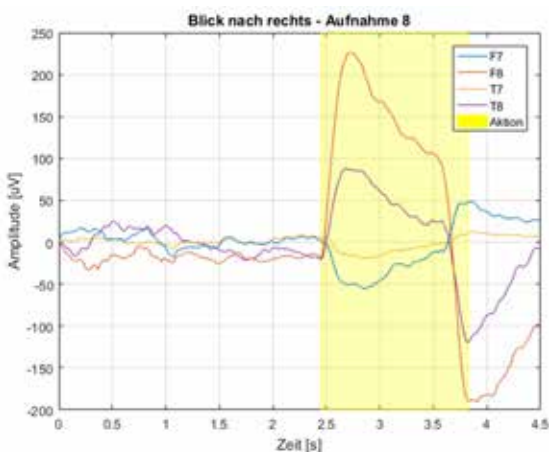


Abbildung 5: Markierter Zeitbereich (gelb) der Aktion „Blick nach rechts“ aller korrespondierenden Kanäle der 8. Aufnahme

Zudem nehmen weder Tageslicht noch Dunkelheit einen wesentlichen Einfluss auf okulare Artefakte. Trotz unterschiedlicher Lichtverhältnisse zeigen die

Kurven einen gleichen Verlauf in Zeit und Richtung. Interessant zeigt sich die Korrelation zwischen Blickrichtung und Amplitudenausschlag je Gehirnhälfte. Die Amplitudenausschläge verhalten sich je nach Augenbewegung nach einem binären Muster. Geht der Blick nach rechts, erzeugt dies einen positiven Ausschlag in der rechten Gehirnhälfte und einen negativen in der linken. Bei dem Blick nach links verhält es sich umgekehrt. Die Augenbewegung nach oben bzw. die Bewegung nach unten erzeugen jeweils in beiden Gehirnhälften eine positive respektive eine negative Auslenkung.

Es folgen die Annahmen, dass sich die Höhe des (Betrages des) Amplitudenausschlags einer Gehirnhälfte linear zum Blickwinkel des korrespondierenden Augapfels verhält. Demzufolge lässt sich aus der Differenz der Amplituden beider Hemisphären die Stellung beider Augenachsen zueinander und damit die Nähe bzw. Entfernung des Fokuspunktes ermitteln.

## Aktueller Status

Aufnahmen und Auswertungen aus Phase 1 wurden erfolgreich abgeschlossen. Im Rahmen von Masterarbeiten werden einzelne Teilaspekte der digitalen Signalverarbeitung vertieft behandelt, um z. B. die Filterung im niederfrequenten Bereich zu optimieren oder die Klassifikatoren für EEG-Signale zu modellieren. Innerhalb einer weiteren Abschlussarbeit wird die prototypische Hardware zu den Anforderungen des ersten Entwicklungsabschnittes realisiert. Parallel dazu unterstützen weitere Projektarbeiten die Konzeption und Integration von EEG-Elektroden in alltagsübliche, kopfgetragene Devices, wie z. B. eine Brille.



Abbildung 6: Funktionierender Prototyp einer Sonnenbrille mit integrierten EEG-Elektroden

Mit der Planung zu Phase 2 wurde bereits begonnen. Besondere Berücksichtigung findet die Evaluation der Signale mehrerer Testpersonen. Die ersten Vorversuche des folgenden Abschnitts versprechen bereits eine feinere Detektion der Augenposi-



tionen im Blickwinkelbereich von fünf bis zehn Grad vertikal. Damit ist eine gute Grundlage gelegt, ein nutzbares EEG-basiertes Eye-Tracking-System zu entwickeln.

## Schlüsselwörter

Eyetracking, Elektrokulographie (EOG), Elektroenzephalographie (EEG), Brain-Computer-Interface (BCI), Mensch-Computer-Interaktion (HCI)

## Literaturverzeichnis

[1] Digi-Capital: Virtual, augmented and mixed reality are the 4th wave. Online verfügbar unter <http://www.digi-capital.com/news/2016/07/virtual-augmented-and-mixed-reality-are-the-4th-wave>, abgerufen am 13.02.2017.

[2] Sauter, Marc: Oculus übernimmt Eye-Tracking-Startup. Online verfügbar unter <https://www.golem.de/news/virtual-reality-oculus-uebernimmt-eye-tracking-startup-1612-125297.html>, abgerufen am 13.02.2017.

[3] Chris: SMI zeigt funktionierendes Foveated Rendering. Online verfügbar unter <http://www.vrnerds.de/smi-zeigt-funktionierendes-foveated-rendering/>, abgerufen am 13.02.2017.

[4] Hacke, Werner; Poeck, Klaus (2016): Neurologie. 14., überarbeitete Auflage, Berlin [u.a.]: Springer (Springer-Lehrbuch), S. 141.

[5] Kumar, Dinesh K.; Poosapadi Arjunan, Sridhar (2015): Human Computer Interface Technologies for the Motor Impaired: CRC Press (Taylor & Francis Group) (Rehabilitation science in practice series).

[6] Yamagishi, Kenji; Hori, Junichi; Miyakawa, Michio (2006): Development of EOG-Based Communication System Controlled by Eight-Directional Eye Movements. In: Proceedings of the 28th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBS) 2006 (New York City).

[7] Mohammadi, Sara Mahvash; Enshaeifar, Shirin; Ghavami, Mohammad; Sanei, Saeid (2015): Classification of Awake, REM, and NREM from EEG via Singular Spectrum Analysis. In: Proceedings of the 37th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC) 2015 (Milan, Italy).

[8] Medithe, John William Carey; Nelakuditi, Usha Rani (2016): Removal of Ocular Artefacts in EEG. In: Proceedings of the 10th International Conference on Intelligent Systems and Control (ISCO) 2016 (Coimbatore, India).

[9] Maddirala, Ajay Kumar; Shaik, Rafi Ahamed (2016): Removal of EOG Artifacts From Single Channel EEG Signals Using Combined Singular Spectrum Analysis and Adaptive Noise Canceler. In: IEEE Sensors Journal 16 (23), S. 8279–8287.



## Prof. Dr. Götz Winterfeldt

Technische Hochschule Deggendorf  
Fakultät Elektrotechnik, Medientechnik  
und Informatik  
Dieter-Görlitz-Platz 1  
94469 Deggendorf

Tel.: +49 (0)991 3615-549  
E-Mail: [goetz.winterfeldt@th-deg.de](mailto:goetz.winterfeldt@th-deg.de)

**Dipl.-Ing. (FH) Marc-Philipp Dietrich (MBA)**

Technische Hochschule Deggendorf  
Dieter-Görlitz-Platz 1  
94469 Deggendorf

Tel.: +49 (0)991 3615-773  
E-Mail: marc.dietrich@th-deg.de

**Kevin Steuer (B.Eng.)**

Technische Hochschule Deggendorf  
Dieter-Görlitz-Platz 1  
94469 Deggendorf

E-Mail: kevin.steuer@stud.th-deg.de

**Katharina Heydn (B.Eng.)**

Technische Hochschule Deggendorf  
Dieter-Görlitz-Platz 1  
94469 Deggendorf

E-Mail: katharina.heydn@stud.th-deg.de

**Björn Franken**

Technische Hochschule Deggendorf  
Dieter-Görlitz-Platz 1  
94469 Deggendorf

E-Mail: bjoern.franken@stud.th-deg.de

## ► FUSION MEHRERER COMPUTERTOMOGRAPHIE-AUFNAHMEN ZUR VERBESSERUNG DER BILDQUALITÄT

Gabriel Herl (M.Sc.)\*, Simon Rettenberger (B.Eng.), Prof. Dr.-Ing. Jochen Hiller

### Abstract

Die Computertomographie (CT) hat sich inzwischen auch in der Industrie in vielen Bereichen durchgesetzt. Da wegen physikalischer Störeffekte bei metallischen Bauteilen jedoch viele Fehler in der CT-Untersuchung auftreten, ist das Anwendungsspektrum der CT noch begrenzt.

Im Projekt ExaCTMetall arbeiten wir daran, die CT an metallischen Objekten genauer und fehlerfreier zu machen. In diesem Rahmen ist unter anderem ein Verfahren entstanden, das durch eine Datenfusion zu signifikant weniger Metallartefakten führt und die Bildqualität sowie die Messergebnisse deutlich verbessert. Es werden mehrere CT-Volumina bei unterschiedlichen Positionierungen des Objekts aufgenommen und die entstehenden Volumina auf ihre lokale Güte hin untersucht. Mit diesen Informationen kann nun durch geschickte Fusion ein insgesamt verbessertes Volumen erzeugt werden.

Die Ergebnisse sind vielversprechend und es ist geplant, diese auf unterschiedlichste Art und Weise einzusetzen und weiterzuentwickeln.

*Nowadays, computed tomography (CT) is widely used in the industry. However, due to physical effects, metal objects or metal parts in an object are still a major problem. It is often impossible to reliably examine metal objects and, as a result, the use of industrial CT is restricted.*

*In the project ExaCTMetall we try to make CT a better tool for the precise measurement of metal objects. Amongst others we have developed a data fusion method that is able to significantly reduce metal artifacts, improving measurement results and image quality. In a first step, several normal CT volumes with different orientations of the object are created. For every area in the created volumes we analyze the local quality of the scan. On the basis of these data we combine the created volumes into an optimized fusion with less artifacts and a better image quality.*

*The results are very promising and we are planning to apply and refine the method in industrial practice.*

### Einleitung

#### 1. Problemstellung und Hintergrund

Die Computertomographie (CT) wird inzwischen nicht nur in der Medizin, sondern auch in vielen anderen Branchen eingesetzt. Die Einsatzbereiche sind von der Qualitätssicherung und Prozessoptimierung der Fertigung in der Industrie bis hin zur Digitalisierung von Kulturgütern vielfältig. In der CT wird das zu untersuchende Objekt mit Röntgenstrahlung beschossen. Ein Teil der Strahlung wird dabei absorbiert, während der andere Teil der Strahlung das Objekt durchdringt und hinter dem Objekt gemessen werden kann. Durch Wiederholung dieses Prozesses kann ein hochgenaues 3D-Volumen des Objekts erzeugt werden. Zerstörungsfrei können so auch kleinste Strukturen im Inneren sichtbar gemacht und vermessen werden. Selbst Messgenauigkeiten im Nanometerbereich können mit den passenden Tomographen erreicht werden. Leider gibt es jedoch Objekte und vor allem Materialien, bei denen die heutige CT an ihre Grenzen stößt. In Objekten, die Metalle enthalten oder vollständig aus Metall sind, treten beim Scannen Artefakte auf, die die Bildqualität massiv einschränken und die Mess-

genauigkeit limitieren. Für viele solche Bauteile ist dimensionelles Messen mit dem Stand der Technik deshalb schlicht nicht sinnvoll durchführbar.

Um die zu Grunde liegenden physikalischen Störeffekte (v.a. Strahlaufhärtung, Streustrahlung und zu starke Absorption) zu vermindern, wurde in der CT-Welt bereits großer Aufwand betrieben. Einerseits wurden Hardware-Lösungen (Vorfilterung, Einsatz höherer Energien, Gitter zur Streustrahlkorrektur, Dual Energy CT) umgesetzt. Andererseits wurden algorithmische Artefaktkorrekturen entwickelt, die entweder im Rekonstruktionsprozess selbst die physikalischen Effekte modellieren oder aber die Artefakte in den entstehenden Daten - vor oder nach der Rekonstruktion - durch Annahmen, Vorwissen und Simulationen reduzieren.

All diese Verfahren haben sinnvolle Einsatzgebiete, können Metallartefakte jedoch nicht umfassend unterdrücken. Im Forschungsvorhaben ExaCTMetall erforschen wir deshalb einen komplett anderen Ansatz, der die existierenden Verfahren sinnvoll ergänzen soll. Wir machen uns hierzu die folgenden Umstände zu Nutze:

\*Promoviert in Kooperation mit der Universität Passau (Betreuer: Prof. Dr. Tomas Sauer, Lehrstuhl für Mathematik mit Schwerpunkt Digitale Bildverarbeitung).

In fast allen aktuellen industriellen Computertomographen dreht sich das zu untersuchende Objekt auf einem Drehteller um die eigene Achse, während es geröntgt wird. Aus der Menge an entstehenden zweidimensionalen Projektionen lässt sich nun mittels unterschiedlicher Algorithmen ein dreidimensionales Volumen des Objekts erzeugen. Die Menge der entstehenden Projektionen hängt hierbei natürlich von der Orientierung des Objekts auf dem Drehteller ab. Ist dieses anders gedreht, so erscheint es auch auf den Projektionen in anderer Position. Dies hat zur Folge, dass auch die beschriebenen Artefakte im rekonstruierten CT-Scan von der Orientierung des Objekts abhängen. Je nach Durchstrahlungsrichtung treten diese stärker oder schwächer auf. Vor allem aber ändert sich der Ort der Artefakte (siehe Abb.1).

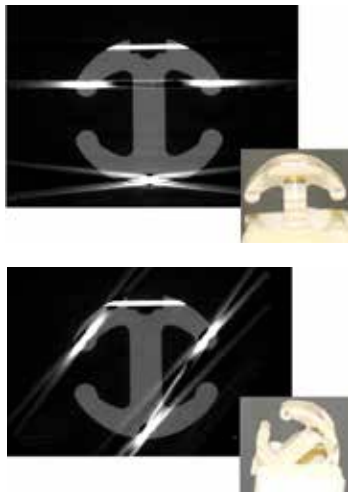


Abb.1: Fotos und Scans eines Bandscheibenimplantats der Firma Medtronic; gescannt aus zwei unterschiedlichen Positionen. Die weißen Streifen, die sich stark unterscheiden, sind Fehler aufgrund von Metallen, die in diesen Querschnitten als weiße Kreise zu sehen sein sollten.

Die Positionierung des Objekts auf dem Drehteller hat also einen großen Einfluss auf die Bildqualität des CT-Scans und somit auch auf die Messergebnisse. Bei komplexen Objekten, die zu Artefakten neigen, kann durch einen einfachen Kreisscan – selbst durch einen erfahrenen Anwender – kein Scan erzeugt werden, der überall im Volumen optimale Bildqualität aufweist.

## 2. Forschungsziele

Im Forschungsprojekt wird die Abhängigkeit von Artefakten von der Durchstrahlungsrichtung genutzt, um diese zu reduzieren. Anstatt Artefakte kompliziert aus fehlerhaften Volumen wieder herauszurechnen, wollen wir durch intelligente Algorithmik und geschickte Positionierung von Objekt, Quelle und Detektor (daher der Begriff „multipositional“) verhindern, dass fehlerhafte Informationen überhaupt Einfluss auf unser Scanergebnis nehmen. Ziel

des Projekts ist es, durch multipositionale CT einen neuen Ansatz zur Metallartefaktreduktion zu entwickeln und dadurch Algorithmik zu liefern, so dass durch CT mit Robotern im Vergleich zur normalen Kreis-CT signifikanter Mehrwert entsteht und sich so die Roboter-CT im Rahmen von Industrie 4.0 in der Praxis etabliert.

Dieser Ansatz führt nicht nur zur deutlichen Reduktion von Metallartefakten, er lässt sich zusätzlich gut mit den bestehenden Artefaktkorrekturen kombinieren, um so eine maximale Verbesserung der Bildqualität zu erhalten. Die so entstehenden Methoden sollen zwar teilweise auch Nutzen für die normale Kreis-CT bieten, aber vor allem mit unterschiedlichen Positioniereinheiten und Robotern für die CT getestet werden.

## Beschreibung des Projekts

Das Projekt ExaCTMetall wird am Fraunhofer Anwendungszentrum CT in der Messtechnik (CTMT) unter der Leitung von Prof. Hiller vom Mathematiker Gabriel Herl (M.Sc.) und dem Maschinenbauer Simon Rettenberger (B.Eng.) in Kooperation mit den Firmen Zeiss und Berker durchgeführt. Es startete im April 2015 und wird im April 2018 auslaufen. Eine Verlängerung ist jedoch geplant.

Es wurde versucht, möglichst neuartige, kreative Lösungswege zu finden. So ist ein großer Teil der bisherigen Arbeit theoretischer und experimenteller Natur. Durch Aufnahme unterschiedlicher Scans von metallischen Bauteilen und unter Betrachtung der physikalischen Grundlagen wurden so einige Konzepte zur Reduktion von Metallartefakten erarbeitet.

Essentielle Grundlage des Projekts sind dabei lokale Heuristiken, die – ohne Vorwissen oder einen menschlichen Anwender – Aufschluss darüber geben, welche Daten aus den CT-Volumen und Projektionen verlässlich sind und welche Artefakte beinhalten. Mit ihnen soll dann dafür gesorgt werden, dass der Computer vollautomatisch problematische Daten ignoriert oder noch besser erst gar nicht erzeugt. Aufbauend auf diesen lokalen Bewertungen entstand dann unter anderem das Konzept der Datenfusion. Hierbei können einfach mehrere Kreis-Scans bei unterschiedlichen Positionierungen erstellt werden. Um vollautomatisch herauszufinden, in welchen Bereichen ein Scan weniger Artefakte enthält, verwenden wir nun die angesprochenen Heuristiken. Anhand der errechneten Güterwerte wird nun für jeden Bereich des Volumens entschieden, welcher Scan (und somit welche Positionierung) für die Datenfusion bevorzugt verwendet wird. Metallartefakte können so auf ein Minimum reduziert werden.





## Ergebnisse

Quantitative Experimente wurden bisher noch nicht durchgeführt. Die qualitativen Ergebnisse sind jedoch sehr vielversprechend. Sowohl bei Verbundmaterialien als auch bei reinen metallischen Bauteilen konnten durch die Datenfusion deutlich bessere Ergebnisse erzeugt werden als durch klassische Scans. Dies soll hier in zwei Beispielen belegt werden.

**1. Bandscheibenimplantat der Firma Medtronic Sofamor Danek Deggendorf GmbH**  
In Kooperation mit der ortsansässigen Firma Medtronic wurde ein Bandscheibenimplantat untersucht. Dieses besteht aus Kunststoff, Thantal und Niobium. Vor allem das Thantal sorgt für Artefakte in Form

von weißen Streifen in den Bildern. Messungen der Oberfläche sind in klassischen Scans nicht möglich. Nach der Datenfusion zweier normaler Scans sind zwar immer noch Fehler im Bild zu erkennen, die Oberfläche kann jedoch vollständig vermessen werden (siehe Abb.2). Die tatsächliche Form der kreisförmigen Thantalteile ist annähernd erkennbar.

## 2. Steckdose der Firma Berker

Ein weiteres Experiment wurde an einer Steckdose der Firma Berker durchgeführt. Auf Grund der vielen unterschiedlichen Metallteile stören hier sehr viele Metallartefakte. Durch die Datenfusion dreier normaler Scans konnte zwar immer noch kein wirklich gutes Bild erzeugt werden, viele der Fehler konnten jedoch korrigiert bzw. geschwächt werden (siehe Abb.3, z. B. in den roten Ellipsen).

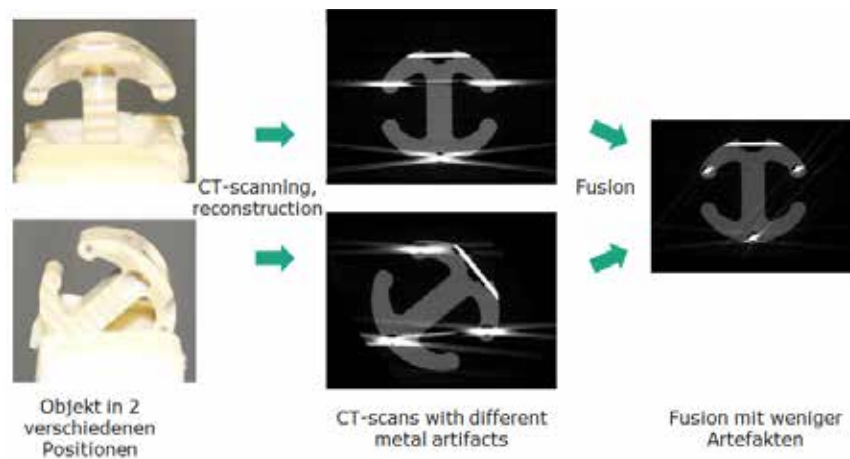


Abb.2: Aufspannung mit Bandscheibenimplantat, zweidimensionale Querschnitte der gescannten Volumen sowie ein Querschnitt der erzeugten Fusion.

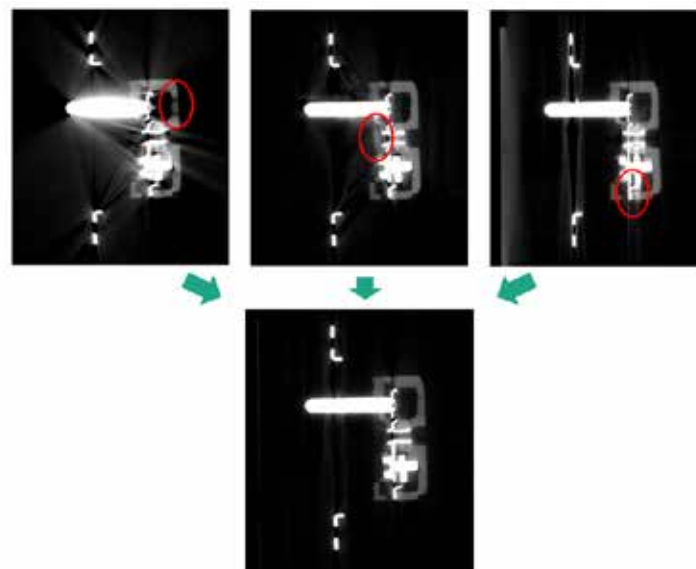


Abb.3: Drei zweidimensionale Querschnitte der gescannten Volumen der Steckdose sowie ein Querschnitt der erzeugten Fusion.

## Fördergeber



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



## Ein Projekt von



### **Prof. Dr.-Ing. Jochen Hiller**

Technische Hochschule Deggendorf  
Leitung Fraunhofer Anwendungszentrum CT  
in der Messtechnik  
Dieter-Görlitz-Platz 2  
94469 Deggendorf

Tel.: +49 (0)991 3615-375  
E-Mail: jochen.hiller@iis.fraunhofer.de



### **Gabriel Herl (M.Sc.)**

Technische Hochschule Deggendorf  
Dieter-Görlitz-Platz 2  
94469 Deggendorf

Tel.: +49 (0)991 3615-391  
E-Mail: herlgl@iis.fraunhofer.de



### **Simon Rettenberger (B.Eng.)**

Technische Hochschule Deggendorf  
Dieter-Görlitz-Platz 2  
94469 Deggendorf

Tel.: +49 (0)991 3615-731  
E-Mail: rettensn@iis.fraunhofer.de



## ▶ DAS INTERNATIONALE BIG DATA ZENTRUM OSTBAYERN-SÜDBÖHMEN (BDZOS)

Dr. habil. Robert Hable, Magdalena Schindler (M.Sc. (Univ.))

### Abstract

Das internationale Big Data Zentrum Ostbayern-Südböhmen ist ein gemeinsames Projekt des Technologiecampus Grafenau (TCG) mit dem Technologiezentrum Písek (TCP), der Südböhmischen Wirtschaftskammer sowie der IHK Niederbayern als assoziiertem Partner. Ziel des Projektes ist es, kleinen und mittleren Unternehmen der Region den Einstieg in das Thema Big Data zu erleichtern sowie Potentiale und Anwendungen aufzuzeigen. Dabei soll der Wissenstransfer in Form von Workshops, Seminaren und Konferenzen auch zum gegenseitigen Austausch und der Vernetzung der Unternehmen dienen. Zwischen den Projektpartnern werden die technischen Voraussetzungen geschaffen, um das Datenanalyse-Know-how des TCG ideal durch das Rechenzentrum am TCP zu unterstützen und den Unternehmen zur Verfügung zu stellen. In Pilotprojekten wird die Zusammenarbeit anhand von realen Unternehmensdaten getestet. Demonstrationslabore machen das Thema Big Data für die Öffentlichkeit anschaulich und greifbar.

*The international Big Data Center is a joint project between Technology Campus Grafenau (TCG) and Technology Center Písek (TCP) in association with the South Bohemian Chamber of Commerce and the Lower Bavarian Chamber of Commerce and Industry. The aim of this project is to offer small and medium-sized enterprises a better understanding of the potential and the applications of big data. Mutual exchange and networking between the companies will complete the knowledge transfer in the form of workshops, seminars and conferences. The project partners will implement a technical environment for ideally backing up the data analysis expertise of TCG with the infrastructure of TCP, and test it on real-time data in pilot projects together with local companies. The developed demonstration laboratories will help to make big data comprehensible and vivid for the public..*

### Einleitung

Big Data und Cloud Computing sind aktuelle Leitthemen im Bereich Digitalisierung. Durch Digitalisierung verfügen Unternehmen über riesige, oft noch weitgehend ungenutzte Datenmengen. Die Daten können mit modernen Big-Data-Technologien systematisch analysiert werden, wodurch die Grundlage für automatisierte Industrie-4.0-Anwendungen geschaffen wird. Dies ermöglicht Informations- und Innovationsvorsprünge sowie letztlich Wettbewerbsvorteile. Viele deutsche und tschechische Großkonzerne rüsten mittlerweile massiv im Bereich Big Data auf. Die Wirtschaft in Ostbayern und Südböhmen wird jedoch von kleineren und mittleren Unternehmen (KMU) dominiert, in denen Big-Data-Anwendungen fast völlig fehlen. Ursache sind oft restriktiv hohe Investitionskosten in die eigene Dateninfrastruktur, Fehlen von Awareness und Know-how. Zudem existieren Vorbehalte hinsichtlich der Datensicherheit, besonders für grenzüberschreitende Dienste und Transaktionen. Ein regionales Big Data Zentrum, das die KMU in Forschung und Innovation im Bereich Big Data einbindet und gemeinsam belastbare und akzeptierte Anwendungsbeispiele entwickelt, kann Abhilfe schaffen und den Wettbewerbsnachteil gegenüber den Großkonzernen ausgleichen.

Das internationale Big Data Centrum Ostbayern-Südböhmen ist ein gemeinsames Projekt des Technologiecampus Grafenau mit dem Technologiezentrum Písek, der Südböhmischen Wirtschaftskammer sowie der IHK Niederbayern als assoziiertem Partner. In dem Vorhaben wird durch die Bündelung der Kompetenzen in hochleistungsfähiger IT-Infrastruktur zur Speicherung und Verarbeitung der Datenmengen (Cloud-Technologie und High-Performance-Computing am TC Písek) und Datenanalyse (TC Grafenau) ein vollausgestattetes Big Data Zentrum aufgebaut. Hierzu gehört neben der Schaffung eines transnationalen Technologietransfer-Programms (bestehend aus Tagungen, Seminaren, KMU-Workshops und Demonstrationslaboren) vor allem der Aufbau der grenzüberschreitenden technischen Zusammenarbeit. Durch das Projekt erhalten KMU der Region nachhaltig Zugang zu moderner Spitzentechnologie und werden in Forschung und Innovation im Bereich der Digitalisierung integriert.

### Beschreibung des Projekts

Das Vorhaben lässt sich in drei Kernziele gliedern:

1. Implementierung der technischen Zusammenarbeit und Pilotprojekte
2. Aufbau von Demonstrationslaboren
3. Aufbau eines Wissenstransfer-Programmes und Netzwerkfähigkeit

### 1. Implementierung der technischen Zusammenarbeit und Pilotprojekte

Zunächst schaffen der TC Grafenau und der TC Písek die Grundlagen für die technische und organisatorische Zusammenarbeit. Big-Data-Anwendungen sind technisch hochkomplex, eine Kooperation auf diesem Gebiet erfordert daher die Entwicklung einer entsprechenden Softwarearchitektur, so dass vom TC Grafenau entwickelte Algorithmen auf den Servern des TC Písek laufen können. Insbesondere müssen Schnittstellen geschaffen werden, damit vom TC Grafenau aus auf Daten am TC Písek zugegriffen werden kann, und damit Analyseergebnisse und Reports an den TC Grafenau übermittelt werden können. Die Erprobung der Zusammenarbeit erfolgt in Pilot-Projekten. Hierzu werden Anwendungsbeispiele definiert und Pilot-Unternehmen aus beiden Ländern gesucht, die reale Unternehmensdaten für Analysen zur Verfügung stellen. Die Daten müssen aufbereitet und auf ihre Qualität hin untersucht werden. Datenanalyse-Algorithmen werden am TC Grafenau entwickelt und am TC Písek in Software-Pakete integriert. Die Ergebnisse aus den Pilot-Projekten werden als Best-Practice-Anwendungen veröffentlicht, um anhand dieser Beispiele den Nutzen von Innovationsprojekten mit Big Data anschaulich und auf KMU zugeschnitten zu demonstrieren.

Zunächst werden die organisatorischen und technischen Grundlagen für die Zusammenarbeit von TC Grafenau und TC Písek für Big-Data-Analysen geschaffen. Im Rahmen der Zusammenarbeit entwickelt der TC Grafenau Datenanalyse-Algorithmen, die auf den Servern des TC Písek laufen und auf die dort gespeicherten Daten zugreifen. Hierzu erfolgt zunächst die Definition der softwaretechnischen Anforderungen, der eingesetzten Softwarepakete und der Tools zur Softwareentwicklung (Compiler, Software für Versionskontrolle, Bug-Reporting und Dokumentationserstellung). Ein Sicherheitskonzept wird gemeinsam entwickelt, das auf alle Bereiche der Zusammenarbeit angewandt wird.

Die aufzubauende technische Infrastruktur besteht im Wesentlichen aus drei Komponenten: Schnittstellen müssen entwickelt werden, damit vom TC Grafenau aus auf die Daten am TC Písek zugegriffen werden kann, ohne dass die Daten zum TC Grafenau übertragen werden müssen. Zum Abspielen der Datenanalyse-Algorithmen müssen die benötigten Datenanalyse-Softwarepakete ausgewählt, am TC Písek implementiert und installiert werden. Im Rahmen dessen werden auch die für den TC Grafenau

benötigten Test- und Schulungsumgebungen bereitgestellt. Die Entwicklung einer Monitoring-Software ist nötig, um die von den Algorithmen errechneten Ergebnisse der Datenanalysen an den TC Grafenau zu übermitteln und automatisierte Reports generieren zu können. Messgrößen des Projektfortschrittes werden dabei definiert. Während des Aufbaus der technischen Infrastruktur werden sukzessive erste Testläufe anhand von künstlich erzeugten Muster-Datensätzen durchgeführt.

Nach den ersten Tests auf Basis künstlich erzeugter Musterdaten erfolgt die technische und organisatorische Erprobung der Zusammenarbeit anhand realer Unternehmensdaten. Hierzu werden Unternehmen aus beiden Ländern gesucht, die reale Massendaten zur Verfügung stellen. Am TC Písek werden Datenbanken zur Speicherung der Daten aufgesetzt, die Daten werden am TC Písek gespeichert und aufbereitet. Erste Analysen zur Datenqualität werden durch den TC Grafenau durchgeführt. Anschließend entwickelt der TC Grafenau die Algorithmen zur eigentlichen Analyse der Daten. Bei diesen Algorithmen handelt es sich vorwiegend um selbstlernende Algorithmen, den sogenannten maschinellen Lernverfahren aus dem Bereich der künstlichen Intelligenz. Diese Algorithmen lernen das für die jeweilige Anwendung benötigte Wissen selbstständig aus den am TC Písek gespeicherten Daten. Hierzu müssen die Algorithmen in Software-Pakete integriert, am TC Písek installiert und anschließend auf der gesamten Datenmenge getestet werden. Am Ende werden Benchmark-Analysen durchgeführt, um reale Einsätze der Algorithmen virtuell zu bewerten. Die Erfahrungen aus den Testanwendungen zur Erprobung der Zusammenarbeit werden diskutiert, bestehende Probleme und Schwachstellen identifiziert und Verbesserungsmaßnahmen entwickelt. Hierzu werden mehrere gemeinsame Arbeitstreffen von TC Grafenau und TC Písek durchgeführt. Die notwendigen technischen Änderungen werden anschließend in der Softwarearchitektur implementiert.

Gemeinsam mit regionalen Unternehmen wird gesichtet, welche Massendaten in KMU vorhanden sind und welches Maß an Datenqualität und elektronischer Verfügbarkeit hierbei vorliegt. Darüber hinaus wird mit den Unternehmen diskutiert, welche Anwendungsmöglichkeiten von Big Data im Hinblick auf unternehmerische Ziele von besonderer Bedeutung sind. Hierauf aufbauend werden geeignete Anwendungsfälle und Datensätze realer Unternehmen ausgewählt. Die Daten werden am TC Písek gespeichert und – mit Unterstützung durch den TC Grafenau – aufbereitet. Die Analyse der Massendaten erfolgt in Zusammenarbeit von TC Grafenau und TC Písek mit Hilfe selbstlernender Algorithmen. Die Ergebnisse der Analysen werden in Publikationen der Öffentlichkeit präsentiert, um das Potential von Big Data für KMU anhand dieser Best-Practice-Beispiele zu verdeutlichen. Der Aufbau der technischen Zu-





sammenarbeit zwischen TC Grafenau und TC Písek schafft eine Anlaufstelle für KMU zur Durchführung von Forschungs- und Innovationsprojekten.

## 2. Aufbau von Demonstrationslaboren

Je ein Demonstrationslabor wird am TC Grafenau und am TC Písek unter Mithilfe der Südböhmischen Wirtschaftskammer gemeinschaftlich konzipiert und aufgebaut. Das Demonstrationslabor am TC Grafenau ist inhaltlich auf Datenanalysen mittels selbstlernender Algorithmen und am TC Písek auf Cloud Computing ausgerichtet. Mit Hilfe der Demonstrationslabore sollen die Möglichkeiten und Funktionsweisen von Big Data auf spielerische und interaktive Art so vermittelt werden, dass diese neuen Techniken auch für die breite Öffentlichkeit nachvollziehbar werden. Ein Schwerpunkt ist die Entwicklung eines Konzepts zur Mensch-Maschine-Interaktion auf Basis innovativer Projektions- und Displaytechniken. Zum einen werden hierfür gängige technische mediale Hilfsmittel und Displays benötigt, zum anderen muss passende Software (Apps) ausgewählt bzw. zum Teil neu geschrieben werden. Ein Hauptfokus wird dabei auf interaktiven Elementen mit sensorischer Steuerung liegen. Für die Nutzung zu Schulungszwecken müssen Arbeitsplätze eingerichtet und IT-technisch ausgerüstet werden.

Ziel des Labors ist es, die Öffentlichkeit zum Thema Big Data zu informieren, Hürden abzubauen und einen greifbaren Zugang zu schaffen. TC Grafenau und TC Písek sind gleichermaßen für die inhaltliche Ausgestaltung zuständig. Der Dateninput erfolgt über die Pilotprojekte mit Unternehmen. Die Südböhmische Wirtschaftskammer übernimmt organisatorische Aufgaben und unterstützt vor allem die Zusammenarbeit zwischen den KMU und dem TC Grafenau sowie dem TC Písek. Die Südböhmische Wirtschaftskammer stellt insbesondere den Kontakt zu Unternehmen her und informiert die Öffentlichkeit sowie die regionale Wirtschaft über das Big Data Zentrum und dessen Aktivitäten. Auf bayerischer Seite wird die Südböhmische Wirtschaftskammer von der IHK (assoziiertes Partner) unterstützt.

## 3. Aufbau eines Wissenstransfer-Programmes und Netzwerktätigkeit

Es wird ein Wissenstransfer-Programm aufgebaut, das aus Tagungen, Seminaren und KMU-Workshops besteht. Dabei sollen 2 Tagungsprogramme und eine Seminarreihe bestehend aus 3 Seminaren aufgebaut werden. Hierdurch wird der Wissenstransfer zwischen F&I-Einrichtungen und KMU erreicht. KMU erhalten die Möglichkeit eigenes Know-how im Bereich Big Data aufzubauen, um Forschungs- und Innovationsprojekte in diesem Bereich durchführen zu können. Es werden 2 KMU-Workshops durchgeführt, die den Wissenstransfer zwischen KMU er-

möglichen und dadurch ebenfalls die Innovationskraft der beteiligten Unternehmen stärken.

Ein Konzept für eine länderübergreifende Seminarreihe wird ausgearbeitet und inhaltlich entwickelt. Es erfolgt eine Pilot-Durchführung der Seminarreihe in Grafenau und Písek. Hierbei stehen die praxisnahe Vermittlung von Möglichkeiten, Methoden und Grenzen von Big-Data-Anwendungen in KMU im Vordergrund. Die Teilnahme an der Pilot-Durchführung ist kostenlos, zur Evaluierung der Pilot-Durchführung werden die Teilnehmer jedoch um umfangreiche Rückmeldungen gebeten. Anschließend wird die Seminarreihe basierend auf den Erfahrungen der Pilot-Durchführung überarbeitet. Die drei Schulungen werden jeweils sowohl in Písek als auch in Grafenau angeboten.

Es werden außerdem zwei Workshops mit Vertretern von KMU in Grafenau und Písek durchgeführt. In den Workshops werden die KMU über die Möglichkeiten von Big Data informiert. Der Austausch zwischen KMU und F&I-Akteuren ist bei den Workshops nicht einseitig: Es wird z. B. geklärt, welche Massendaten in KMU in welcher Qualität und mit welcher Verfügbarkeit vorhanden sind und welche Anwendungsmöglichkeiten von Big Data für KMU aus unternehmerischer Sicht besonders bedeutsam sind. Die Erkenntnisse hieraus geben neue Impulse für die wissenschaftliche Forschung zur anwendungsorientierten Datenanalyse am TC Grafenau. Außerdem erhalten die teilnehmenden KMU die Möglichkeit zum gegenseitigen Wissensaustausch. Die KMU-Workshops werden öffentlich beworben; die Teilnahme ist kostenlos.

Je eine Unternehmenskonferenz wird in Grafenau und in Písek vorbereitet und durchgeführt. Die inhaltliche Vorbereitung für beide Konferenzen erfolgt gemeinsam durch alle drei Projektpartner. Die organisatorische Vorbereitung obliegt der jeweiligen gastgebenden Einrichtung. Die Konferenzen sollen speziell eine Möglichkeit zur Vernetzung von Wissenschaft und Wirtschaft bieten. Ein entsprechendes Programm hierzu wird von der Südböhmischen Wirtschaftskammer entwickelt und durchgeführt. Neben allgemeinen Informationen über die Möglichkeiten von Big Data für KMU werden auch Ergebnisse aus den Praxisbeispielen präsentiert.

Eine gemeinsame Homepage für das Big Data Zentrum wird konzipiert und aufgebaut. Die regionale Bekanntmachung des Big Data Zentrums und der Vorhaben im Projekt erfolgt außerdem durch Teilnahme an Veranstaltungen und Entwicklung von Informationsmaterial (Poster, Flyer, Roll-ups, etc.). Aufgabe der Öffentlichkeitsarbeit ist es auch, Unternehmen zu gewinnen, die reale Datensätze zur Durchführung von Testläufen und Pilot-Projekten zur Verfügung stellen. Die Ergebnisse aus den Pilot-Projekten werden als Best-Practice-Anwen-

dungsbeispiele in Form von Aufsätzen und White Papers publiziert. Im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit führt die Südböhmische Wirtschaftskammer eine Informationsroadshow durch, die auch Gelegenheit zur Vernetzung der KMU untereinander bietet.

Das Projekt wird von der Europäischen Union im Rahmen des Programms zur grenzübergreifenden Zusammenarbeit Freistaat Bayern-Tschechische Republik Ziel ETZ 2014-2020 gefördert (Projektlaufzeit: 01.07.2016 bis 30.06.2019).



Big Data Workshop

## Bislang erzielte Ergebnisse

Gerade KMU fällt es schwer, Forschungs- und Innovationsprojekte im Bereich Big Data durchzuführen, da diese oft mit restriktiv hohen Investitionskosten in die Dateninfrastruktur verbunden sind, das Know-how und vielfach auch das Bewusstsein für den Nutzen systematischer Datenanalysen fehlen. Das Projekt verbessert die Situation von KMU in diesem Bereich nachhaltig, da es das benötigte Wissen vermittelt, kompetente Ansprechpartner vor Ort zur Seite stellt und den Austausch von KMU und F&I-Einrichtungen, speziell Hochschuleinrichtungen, dauerhaft fördert.

Mit dem TC Písek und dem TC Grafenau arbeiten in dem Projekt zwei F&I-Einrichtungen zusammen und bauen eine grenzübergreifende technische Zusammenarbeit auf. Beide verfügen über ein starkes KMU-Netzwerk, das sich nun grenzüberschreitend ergänzt. Im Rahmen des Projektes entstehen allgemeinverständliche Präsentationen und Publikationen, in denen anhand realer, auf KMU zugeschnittener Anwendungsbeispiele der aktuelle Stand der Technik im Bereich Big Dataanwendungsfreundlich vermittelt wird.

In den ersten Monaten der Projektlaufzeit wurden bereits die technischen Voraussetzungen für die Zusammenarbeit geschaffen. Aktuell werden sowohl am Technologiecampus Grafenau als auch am Tech-

nologiezentrum Písek anhand von künstlich erzeugten Testdaten die Kapazität und die Leistung der Einrichtungen gemessen, damit später geeignete Möglichkeiten bestehen um große Mengen an Prozessdaten problemlos analysieren zu können. Die geplanten Pilotprojekte mit Unternehmen befinden sich derzeit in Vorbereitung. Es fanden bereits Gespräche zu Anwendungsfällen mit KMU statt und es konnten zwei Unternehmen gewonnen werden, die ihre Daten zur Verfügung stellen.

Einen vertieften Einblick in den aktuellen wissenschaftlichen Stand der Technik und die Möglichkeit zu Netzwerken erhalten KMU durch das Wissenstransfer-Programm. Neben dem Aufbau der Webseite und umfangreicher Öffentlichkeitsarbeit bedienen die Projektpartner interessierte KMU und Privatpersonen regelmäßig über die sozialen Medien. Das umfangreiche Networking ermöglicht nicht nur den Wissensaustausch zwischen KMU und F&I-Einrichtungen, sondern auch den Wissensaustausch der KMU untereinander. Hierzu bieten vor allem die Unternehmenskonferenzen und KMU-Workshops ausgiebig Möglichkeiten. KMU werden direkt und länderübergreifend über Tagungen und Seminare eingebunden, geschult und beschäftigen sich so auch in den Unternehmen verstärkt mit dem Thema Big Data.

Das erste Seminar zum Thema Cloud Computing wurde im Herbst 2016 entwickelt und im Dezember 2016 auf tschechischer Seite durchgeführt. Nach Überarbeitung des Seminars soll dieses im zweiten Halbjahr 2017 auch auf deutscher Seite für KMU angeboten werden. In Grafenau fand der erste Workshop mit dem Titel „Big Data – erste Schritte wagen!“ im März 2017 statt. Eine große Zahl Unternehmen nutzte die Gelegenheit, sich über das Thema zu informieren und auszutauschen.

Die Unternehmensvertreter berichteten über den Entwicklungsstand von Big Data in ihren Unternehmen, besprachen Erfahrungen, Hindernisse und Ziele. Das Thema „vorausschauende Instandhaltung“ wurde wiederholt aufgegriffen. Als Hauptziel der Datenanalyse wurde einstimmig die Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit genannt. Einige Teilnehmer wiesen jedoch auch darauf hin, wie wichtig die Kommunikation und Auseinandersetzung mit der Belegschaft sei. Das Thema Big Data müsse vom Management angestoßen werden, damit Verantwortlichkeiten und Budget frühzeitig festgelegt würden. Zahlreiche Unternehmen bedauerten das fehlende Know-how, es bestünde aber große Neugierde auf die Möglichkeiten und Erkenntnisse aus der Datenanalyse.

Das Interesse und die Nachfrage nach weiteren Angeboten, besonders in Form von Schulungen und konkreten Anwendungsempfehlungen, sind aktuell sehr groß. Aus diesem Grund haben sich bereits



zahlreiche Teilnehmer zum Seminar „Grundlagen der Datenanalyse“ am 30.05.2017 am Technologiecampus in Grafenau angemeldet. Im September soll in Písek die erste Unternehmenskonferenz veranstaltet werden, die sich aktuell in der Planung befindet.

## Fördergeber



Ziel ETZ  
Freistaat Bayern –  
Tschechische Republik  
2014 – 2020 (INTERREG V)



**Europäische Union**  
Europäischer Fonds für  
regionale Entwicklung

## Projektpartner



## Ein Projekt von



Big Data Centrum



TECHNOLOGIE  
CAMPUS  
GRAFENAU



### Dr. habil. Robert Hable

Technologie Campus Grafenau  
Hauptstr. 3  
94481 Grafenau

Tel.: +49 (0)8552 975699-38  
E-Mail: robert.hable@th-deg.de



### Magdalena Schindler (M.Sc. (Univ.))

Technologie Campus Grafenau  
Hauptstr. 3  
94481 Grafenau

Tel.: +49 (0)8552 975699-64  
E-Mail: magdalena.schindler@th-deg.de

 PROJEKT NePUMuk

## (Neue digitale Produktions- und Mikrostrukturierungstechnologien für Anwendungen bis 80 GHz)

Franz Röhl (M.Sc.)\*, Siegfried Hildebrand (Dipl.-Inf.), Johannes Jakob (Dipl.-Ing. (FH), M.Eng.), Prof. Dr.-Ing. Stefan Zorn, Prof. Dr.-Ing. Werner Bogner

### Abstract

Die Produktion von passiven HF-Strukturen im Millimeterwellenbereich mit konventioneller Leiterplattentechnologie hat im Vergleich zu den in diesem Frequenzbereich für gewöhnlich eingesetzten keramischen Schaltungsträgern einige Nachteile (einschränkende Design Rules, Toleranzen in Registrier- und Strukturgenauigkeit). Im Forschungsprojekt „NePUMuk“ wird daher an fertigungstechnologischen Themen der kostengünstigen Leiterplattentechnologie geforscht, um sie prozesssicher für Hochfrequenzanwendungen bis 80 GHz zu erschließen. Es wird dabei an Prozessoptimierungen in den Bereichen der galvanischen Kupferabscheidung, Fotostrukturierung und Ätztechnik gearbeitet. Weiter werden innovative Verfahren für die Leiterplattenstrukturierung untersucht. Umfangreiche Prozesskontrollen mit geeigneten Softwareschnittstellen zur zentralen Zusammenführung dieser Informationen bilden darüber hinaus die Voraussetzung für eine kosteneffiziente Fertigungslinie mit höchster Fertigungsqualität und Industrie 4.0.

*For production of passive high frequency structures in the microwave spectrum, common circuit board technology has several disadvantages (like restrictive design rules or wide tolerances in structural accuracy and registration precision) over generally used ceramic substrates for this frequency domain. In the research project „NePUMuk“, manufacture-related issues of inexpensive circuit board technology are investigated in order to achieve ensured process reliability for high frequency applications up to 80 GHz. Therefore, process optimization of galvanic copper deposition, photo imaging and etching technology are researched. Several innovative approaches for enhancing the structural composition of copper shapes are examined as well. Furthermore, comprehensive measurements of the processes are done, and suitable software interfaces for gathering this information centrally are implemented, which are essential for a cost-efficient, highest quality production line and Industry 4.0.*

### Einleitung

Durch immer vielfältigere Verfahren der Datenerhebung und -verarbeitung (Big Data) müssen moderne Datennetze immer höhere Datenmengen bewältigen. Neben Parallelisierung können die Datenmengen auf binärer Ebene nur durch höhere Datenraten gesteigert werden. Wissenschaftliche und Hochtechnologieanwendungen haben hier schon länger den Bereich der Millimeterwellen erschlossen. Die Definition von kommerziellen Funkstandards mit Übertragungsfrequenzen im Millimeterwellenbereich (z. B. WLAN IEEE 802.11ad) oder der bevorstehende Mobilfunkstandard 5G zeigt, dass diese Frequenzen in Zukunft auch auf dem Massenmarkt nicht mehr wegzudenken sein werden. Deshalb ist es wichtig, dass kostengünstige Schaltungsträger für diesen Frequenzbereich zur Verfügung stehen. Im Forschungsprojekt wird daher versucht, den Frequenzbereich bis 80 GHz mit konventioneller Leiterplattentechnologie zu erschließen. Dazu wurden die dafür nötigen Untersuchungen und Innovationen in fünf Teilbereiche aufgeteilt.

### Optimierung von Kupferabscheidungsprozessen

Eine Kerntechnologie in der Leiterplattenfertigung bildet der galvanische Kupferabscheidungsprozess, mit dem Leiter aufgebaut und Durchkontaktierungen ermöglicht werden. Kurz vor Projektstart wurde beim Projektpartner dafür ein neuer Galvanikautomat installiert, der eine deutlich genauere Kupferabscheidung zulassen soll. Um die aufwendige empirische Anpassung abzukürzen, wurde untersucht, ob die Kupferabscheidung des neuen Galvanikautomaten simulationstechnisch voraussagbar ist. Dadurch könnte man Verbesserungen und Anpassungen erarbeiten, um die Kupferdicke homogener und genauer aufzubauen. Für den Kupferaufbau sind drei Effekte entscheidend<sup>1</sup>. Die Stromdichteverteilung aufgrund des elektrischen Feldes hat den größten Einfluss. Die Ionenkonzentration und die Strömung haben nur geringe Einflüsse und werden vorerst vernachlässigt. Das vorhandene Simulationsprogramm „CST Studio Suite®“ erlaubte einen Import der CAD-Konstruktionsdaten und eine Berechnung

\*Promoviert in Kooperation mit der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. habil. Robert Weigel, Lehrstuhl für Technische Elektronik).

<sup>1</sup> A. Bachar: „Berechnung eines Galvanik-Prozesses mittels FEM Modellerstellung und Simulation des elektrischen Feldes, der Konzentration und Strömung mit ANSYS-CFX“; Abschlussarbeit im Masterstudiengang Mechatronik/Feinwerktechnik (Fakultät für Angewandte Naturwissenschaften und Mechatronik der Hochschule für Angewandte Wissenschaften München).





des elektromagnetischen Feldes im Galvanikbad (Abbildung 1), das mit 1–2 V und 150–200 A betrieben wird. Durch eine vollständige Vermessung einer gefertigten Charge (Abbildung 1, unten) konnte eine gute Übereinstimmung zwischen Simulation und Realität nachgewiesen werden.

Durch die Untersuchung wurden drei Bereiche erfasst, die im zweiten Projektjahr verbessert werden sollen. Dies ist zum Ersten der untere Bereich, in dem weniger Kupfer aufgebaut wird (blau), weil die Anodenbleche diesen Bereich nicht mehr abdecken. Zweitens wird im Bereich der Halterungen der Kupferaufbau dünner, weil sie ins Bad hineinragen und die Stromdichte lokal erhöhen. Damit gelangt hier weniger Strom auf den aufzubauenden Leiterplattennutzen. Zuletzt wurde im Randbereich eine zu geringe Stromdichte identifiziert. Um dem „Knocheneffekt“ beim Kupferaufbau an den Kanten und Ecken vorzubeugen, werden nichtleitende Blenden zwischen Anoden und Nutzen eingefügt. Sie sollen den übermäßigen Kupferaufbau einschränken, begrenzen ihn aber in diesem Fall zu stark.

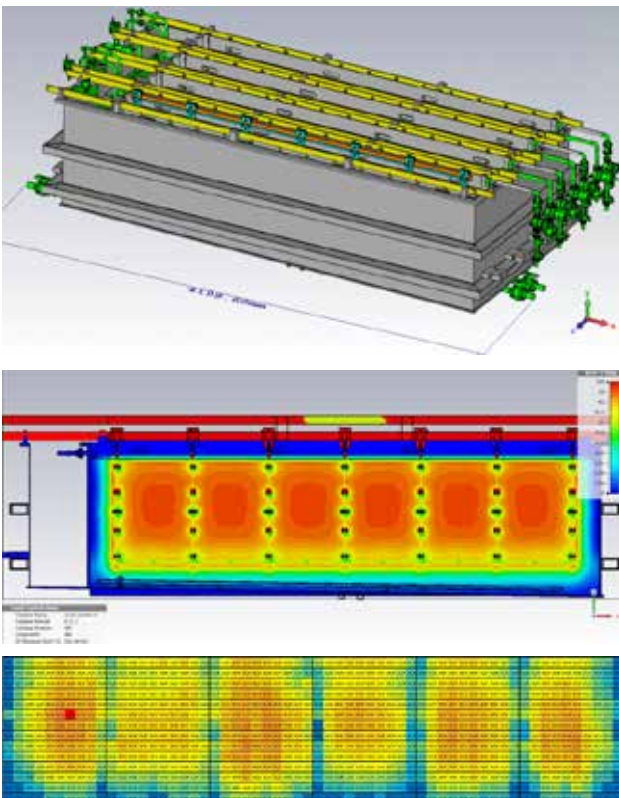


Abbildung 1: 3D-CAD-Modell (oben), simulierte Stromdichteverteilung [A/m<sup>2</sup>] (Mitte) und gemessene Kupferhöhe über 6 Fertigungsnutzen

Neben dem gleichmäßigen Aufbau von Kupfer über einen kompletten Nutzen wurde auch untersucht, wie sich die Stromart (Gleichstrom oder Pulsstrom)

und die unterschiedliche Stromdichte (abhängig von der Kupferbelegung auf einem Nutzen) auf den Kupferaufbau auswirken. Die Anwendung von Pulsstrom ist zwar aufwendiger, liefert aber deutlich homogenere Resultate bezüglich Leiterüberbau und Kupferschichtdicke (Abbildung 2). Für eine schnelle und effiziente Untersuchung aller Parametereinflüsse wurde ein spezielles Layout entworfen, das sämtliche zu untersuchende Bohrungen und Stromdichtebereiche aufweist.

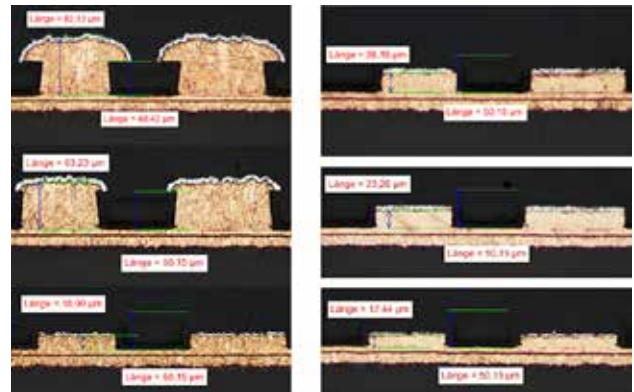


Abbildung 2: Leiterüberbau in Abhängigkeit der Stromart (links: Gleichstrom, rechts: Pulsstrom) und der Stromdichte (oben=hoch, unten=gering) aufgrund der Kupferbelegung auf dem Nutzen

## Erforschung einer neuartigen Prozesstechnologie zur Feinstleiterstrukturierung auf Multilayer Leiterplatten

Das patentierte SPE (Sequential Pre-Etching)-Verfahren<sup>2</sup> ermöglicht eine toleranzarme Strukturierung von Außenlagen mit High-End-Design-Rules. Dabei werden durch einen zusätzlichen Schritt vor dem vollflächigen Kupferaufbau (Panel Plating) alle Stellen mit kritischen Design Rules mit einem Film abgedeckt. Somit wird nur auf alle unkritischen Stellen und in allen Bohrungen Kupfer aufgebaut. Alternativ werden nach dem Panel Plating alle Stellen mit kritischen Design Rules großflächig ausgegünnt. Bohrungen und unkritische Stellen werden dabei ebenfalls mit einem Abdeckfilm geschützt. Diese Prozesse können mit einer sehr hohen Genauigkeit realisiert werden. Beim finalen Ätzprozess muss dann nur noch das dünne Basiskupfer geätzt werden, das durch die geringe zu ätzende Kupferhöhe mit ähnlicher Genauigkeit wie bei Innenlagen durchgeführt werden kann. Dabei entstehen über jeder Durchkontaktierung die für das SPE-Verfahren charakteristischen Dome (Abbildung 3).

<sup>2</sup> U. Hassel: „Printed circuit board and corresponding method for producing a printed circuit board“. Germany Patent Attorney's Docket No. M059-0039US, Client Docket No. P47364/US/P1, August 2015.

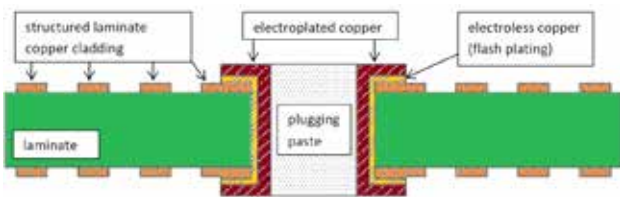


Abbildung 3: Mit dem SPE-Verfahren realisierte Durchkontaktierung (Querschnitt, schematisch)<sup>3</sup>

Für die weitere Erforschung und Verifizierung des SPE-Verfahrens müssen die Teilprozesse des Kupferausdünnens, der Fotoresistbeschichtung und der hochgenauen LDI- / DI-Belichtung ((L)DI: (Laser) Direct Imaging) optimiert werden.

Im ersten Projektjahr ließ sich auch schon zeigen, dass sich mit dem SPE-Verfahren deutlich kleinere Strukturen (Line / Space: 50  $\mu\text{m}$  / 50  $\mu\text{m}$  statt bisher 100  $\mu\text{m}$  / 100  $\mu\text{m}$ ) mit einer deutlich verringerten Toleranz in der Leiterbreite realisieren lassen (Abbildung 4).

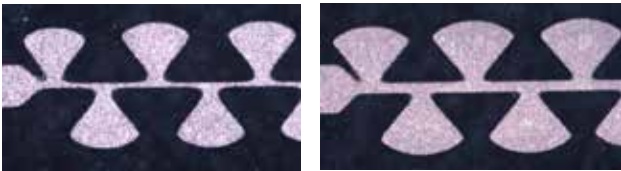


Abbildung 4: Teststruktur ohne (links) und mit SPE-Verfahren

## Erforschung des Einsatzbereichs und der Verarbeitung ultra-dünner Lamine

Im Rahmen des Forschungsprojektes soll auch die Fertigung von Dünnlaminaten bis zu einer Substratdicke von 50  $\mu\text{m}$  in einem seriennahen Fertigungsprozess erprobt werden. Hierbei soll der Einfluss der vorhandenen Fertigungsanlagen auf die Qualität der gefertigten Leiterplatten analysiert werden.

Bereits beim Fertigungsprozess Galvanik (Anbinden der Bohrungen an das Layout mittels Kupferhülse) zeigten sich erste negative Auswirkungen der mechanisch instabilen Struktur der Lamine. Es bildeten sich teils tiefe Einrisse im Substrat der Leiterplatten an den Haltepunkten der sogenannten Flexgestelle im Galvanikautomaten. Eine weitere Verarbeitung ist bereits ab diesem Zeitpunkt kritisch. Für eine problemlose Verarbeitung muss noch eine neue Gestelltechnologie entwickelt werden. Der nachfolgend stattfindende Plugging-Prozess (Verschließen der Bohrungen mit Harz zum Schutz vor nachfolgenden chemischen Prozessen) wurde als weiterer kritischer Prozess identifiziert. Für dieses Problem wurde eine alternative Fertigungsmethode gesucht und in Form des sogenannten Through-Hole-Filling-Verfahrens gefunden. Dabei werden die Vias anstatt mit einer Harzmischung

mit nachfolgendem Schleifprozess in einem galvanischen Verfahren mit Kupfer gefüllt.

## Prozesskontrolle und lokale Ätzvorbereitung

Eine verbesserte Prozesskontrolle bei der Leiterbildstrukturierung ist angestrebt durch

- eine Kontrolle des Ätzprozesses,
- eine (3D-)Messung der Ätzergebnisse,
- die Rückkopplung der Messergebnisse zur Steuerung der Prozess- und Filmparameter sowie
- die Analyse und Optimierung der Fotostrukturierungsprozesse.

Zusätzlich erweist es sich für feinstrukturierte HF-Leiterplatten (Leiterbreiten < 100  $\mu\text{m}$ ) als erforderlich, die Leiterbilddaten durch ein lokal adaptiv definiertes Ätzvormaß anzupassen.

Um beim Ätzen von Strukturen den seitlichen Angriff des Ätzmediums auf das Leiterbild zu kompensieren, wird eine Maßzugabe auf die Sollmaße in die Filmdatei eingearbeitet. Dieses resultierende Ätzvormaß ist abhängig von der zu ätzenden Kupferschichtdicke und der damit nötigen Ätzdauer. Für impedanzkontrollierte Hochfrequenzleitungen ist die genaue Einhaltung der Leitersollmaße – und damit das richtige Ätzvormaß – entscheidend. Je höher die Frequenzen, desto weniger Leiterbreitentoleranzen sind zulässig, unabhängig von Layout und Integrationsdichte der Leiterplatte.

Eine große Herausforderung des Ätzprozesses besteht darin, dass Leiterkanten in Richtung freier Flächen besonders stark abgetragen werden. Des Weiteren gelangt das Ätzmedium schlecht zwischen nahe beieinanderliegende Leiter, so dass zu wenig Kupfer entfernt wird und Leiterschlüsse entstehen können. Ein konstantes Ätzvormaß kann diese Effekte nicht kompensieren. Dies zeigte sich besonders deutlich bei Strukturen mit nahe beieinanderliegenden unterschiedlichen Strukturgrößen, wie zum Beispiel der Entflechtung eines Ball-Grid-Array mit 0,4 mm Pitch (Abbildung 5).



Abbildung 5: Ätzergebnis einer Ball-Grid-Array-Entflechtung mit konstantem Ätzvormaß, links: Layoutdaten, Mitte: Kurzschlüsse durch zu große Maßzugabe, rechts: zu schmale Leiter durch zu wenig Maßzugabe (dunkle Punkte in Grafiken sind aufnahmebedingte Fehler)

<sup>3</sup> F. X. Röhr, R. Sammer, J. Jakob, W. Bogner, R. Weigel, U. Hassel, S. Zorn: „Cost-Effective SIW Band-Pass Filters for Millimeter Wave Applications – A method to combine low tolerances and low prices on standard pcb substrates“. Eingereicht für European Microwave Conference (EuMC), Oktober 2017.



Im Projekt wird daher eine Korrektursoftware entwickelt, die anstatt bisher verwendeter fixer Korrekturwerte ein in Bezug auf lokale Nachbarleiter variables Vormaß ermöglicht (Abbildung 6). Als Datenbasis wurde das in der Leiterplattentechnik etablierte Gerber-Format gewählt, für das zunächst eine Lade- und Speichermöglichkeit sowie grundlegende Visualisierungs- und Messalgorithmen implementiert wurden. Für das variable Ätzvormaß wurden nachfolgend zwei Algorithmen für die vektoriellen Daten entwickelt. Der erste verfolgt die 2D-Konturen und generiert bei immer näher beieinanderliegenden Nachbarleitern immer weniger Strukturvergrößerung. Der zweite speist erhobene Prozessdaten, wie z. B. Kupferschichtdickenmesswerte, in den ersten Algorithmus ein und verfeinert so die Korrekturberechnungen.

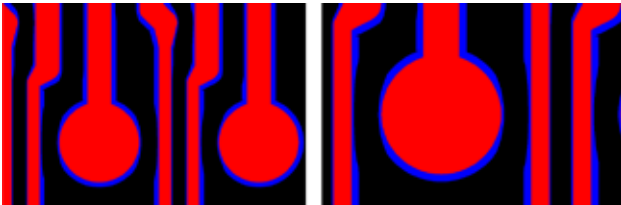


Abbildung 6: Layoutdaten einer Ball-Grid-Array-Entflechtung (rot) mit automatisch generiertem lokalem Ätzvormaß (blau)

Erste Testnutzen mit diesem neuen Korrekturan-satz zeigten bei dem kritischen Line / Space: 30  $\mu\text{m}$  / 40  $\mu\text{m}$  bereits signifikante Verbesserungen hinsichtlich der Strukturgenauigkeit.

## Industrie 4.0

Um eine Rückverfolgbarkeit der Leiterplatten und Automatisierungskonzepte umsetzen zu können, wurden zunächst der Einsatz von RFID-Chips und Möglichkeiten anderer Code-Prägungen untersucht. Aufgrund der Schwierigkeit der sich ständig verändernden Leiterplattenoberfläche, schlechter Ausleseergebnisse im Nassbereich, Einschränkung auf Mindestdicke und Art der Kupferlamine, hoher Chip-Kosten und hohem Zeitbedarf für eine Implantierung wurde von RFID-Chips abgesehen. Als Tracking-Lösung stellte sich das Aufbringen von DataMatrix-Codes (DMC) heraus.

Nach weiteren Analysen der vorhandenen Infrastruktur in der Fertigung von R&S Teisnach und der verfügbaren Lösungen am Markt wurde als ein erstes Ziel die Umsetzung eines Trackingkonzepts bis hin zum Bohrprozess festgelegt.

Dabei werden Sach- sowie Auftragsnummer in einen DMC umgesetzt und mittels Filmbelichtung am Nutzenrand der Innenlage geätzt. Dieser DMC ist nach dem Verpressen mehrerer Lagen nicht mehr

sichtbar und soll daher mit einer Röntgen-Bohrmaschine wieder ausgelesen werden. So ist es möglich, die passenden Röntgenbohrprogramme automatisch zu laden und auch Aufträge gemischt und ohne Benutzereingriff einzugeben. Beim Ausstapeln der Nutzen nach dem Röntgenbohrprozess wird der DMC durch Nadelprägung wieder außen auf den Nutzen aufgebracht. Im anschließenden Bohrprozess erfolgt das Auslesen der Nadelcodes durch ein Visionsystem. Mit dieser Information können die passenden Bohrprogramme automatisch geladen und Prozessparameter im System rückgespeichert werden. Am Nutzenrand jedes Panels wird erneut ein DMC eingebohrt, in welchem die Sach- und Auftragsnummer hinterlegt ist. Diese Informationen werden wiederum in den nachfolgenden Prozessen wie z. B. Galvanik, Belichtungsprozess etc. verwendet, um automatisiert Programme zu laden und Anlagenparameter zu übernehmen.

Im weiteren Projektverlauf werden Prozessparameter an den Maschinen erhoben, die aufgrund des DMC eindeutig zugeordnet werden können. Die Prozessparameter sollen ferner durch den Einsatz eines Manufacturing Execution System (MES) zentral gesammelt und analysiert werden, um Optimierungspotentiale identifizieren zu können.

## Informationen zum Projekt

Das Projekt NePUMuk (**N**eue digitale **P**roduktions- und **M**ikrostrukturierungstechnologien für Anwendungen bis 80 GHz) wird zusammen mit Rohde und Schwarz Teisnach durchgeführt. Es ist auf insgesamt 3 Jahre ausgelegt und zum Berichtzeitpunkt zu 30 % abgeschlossen. Das Projekt wird durch das Forschungs- und Entwicklungs-Förderprogramm „Elektronische Systeme“ des Freistaats Bayern (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie) unterstützt.

## Fördergeber



Bayerisches Staatsministerium für  
Wirtschaft und Medien, Energie  
und Technologie

## Projektpartner



ROHDE & SCHWARZ

**Franz Röhl (M.Sc.)**

Technologie Campus Teisnach  
Technologiecampus 1  
94244 Teisnach

Tel.: +49 (0)9923 8045-416  
E-Mail: franz.roehrl@th-deg.de

**Siegfried Hildebrand (Dipl.-Inf.)**

Technologie Campus Teisnach  
Technologiecampus 1  
94244 Teisnach

Tel.: +49 (0)9923 8045-419  
E-Mail: siegfried.hildebrand@th-deg.de

**Dipl.-Ing. (FH) Johannes Jakob**

Technologie Campus Teisnach  
Technologiecampus 1  
94244 Teisnach

Tel.: +49 (0)9923 8045-422  
E-Mail: johannes.jakob@th-deg.de

**Prof. Dr.-Ing. Stefan Zorn**

Technologie Campus Teisnach  
Technologiecampus 1  
94244 Teisnach

Tel.: +49 (0)9923 8571-396  
E-Mail: stefan.zorn@th-deg.de

**Prof. Dr.-Ing. Werner Bogner**

Technische Hochschule Deggendorf  
Fakultät Elektrotechnik, Medientechnik  
und Informatik  
Dieter-Görlitz-Platz 1  
94469 Deggendorf

Tel.: +49 (0)991 3615-523  
E-Mail: werner.bogner@th-deg.de



## ▶ INTERNET OF THINGS – DAS PROBLEM DER ERSTEN MEILE

Prof. Dr.-Ing. Gerald Kupris

### Abstract

Im Forschungslabor der Arbeitsgruppe „Eingebettete Systeme und drahtlose Kommunikation“ beschäftigen wir uns mit dem Internet der Dinge (Internet of Things - IoT), und zwar konkret mit dem Problem der ersten Meile: Wie kommen die Daten von den Dingen kosten- und energieeffizient ins Internet oder vom Internet zurück zu den Dingen? In den wenigsten Fällen möchte der Nutzer die ihn umgebenden Dinge per Kabel mit dem Internet verbinden, vielmehr wird eine drahtlose Anbindung per Funk bevorzugt. Daher werden in dem Forschungslabor die unterschiedlichsten Funktechnologien untersucht, ihre Stärken und Schwächen gegenübergestellt und die Technologien gezielt weiterentwickelt.

*In the research lab of the working group „Embedded Systems and Wireless Connectivity“, we deal with the Internet of Things (IoT), specifically with the problem of the first mile: How can the data be transferred cost-effectively and energy-efficiently from the things to the Internet or from the Internet back to the things? In most cases, users would not like to connect the surrounding objects to the Internet by cable; rather a wireless connection by radio is preferred. Therefore, the research laboratory investigates a wide range of radio technologies, compares their strengths and weaknesses, and works on projects based on low-power radio communication.*

### Was ist das „Internet of Things“?

Wohl kaum eine Erfindung hat unser Leben so stark verändert wie das Internet. Ursprünglich war dieses Netzwerk dazu gedacht, Computer und die davor sitzenden Menschen miteinander zu verbinden. Mittlerweile werden jedoch immer mehr kleine, intelligente Knoten über das Internet miteinander verbunden: Sensoren, Aktuatoren, Kameras und viele mehr übertragen ihre Daten mit Hilfe von Internet-Technologie. Es muss so etwa im Jahr 2010 gewesen sein, als die Anzahl der miteinander verbundenen Kleingeräte erstmals die Anzahl der über das Internet vernetzten Menschen übertroffen hat. Seitdem geht diese Entwicklung rasant weiter: Die Anzahl der über das Internet kommunizierenden Menschen steigt an, die Zahl der verbundenen Kleingeräte wächst weit schneller. In diesem Zusammenhang spricht man vom „Internet der Dinge“ oder eben „Internet of Things (IoT)“. Ermöglicht wird das durch die Fortschritte der Mikroelektronik: Immer mehr Funktionalität und Rechenleistung kann auf winzigstem Raum in den kleinsten Geräten integriert werden. Und so sind wir umgeben von kleinen, intelligenten Geräten, die ihre Daten über das Internet weitergeben oder austauschen.

Wie aber kommen die Daten von dem intelligenten Kleingerät ins Internet und wieder zurück? Genau das ist das „Problem der ersten Meile“ (oder wahlweise auch Problem der letzten Meile). Das Internet selber existiert als Netzwerk in Form von Rechenanlagen, Routern und Servern, die durch die unterschiedlichsten Technologien wie Ethernet, Glasfaser, Unterseekabel oder WLAN miteinander verbunden

sind. Wie kann da das intelligente Kleingerät eingebunden werden? Eine Verbindung per Kabel scheidet in vielen Fällen aus, denn das Kleingerät soll meistens nicht nur winzig klein sein, sondern auch mobil und damit unabhängig in der Platzierung. Also bietet sich Funk als Verbindung an, dabei muss jedoch einiges beachtet werden.

Wi-Fi oder WLAN (Wireless Local Area Network nach den Spezifikationen der IEEE 802.11-Reihe) ist eine etablierte Möglichkeit, um Internet-Daten drahtlos zu übertragen. Allerdings wurde diese Technologie zur Vernetzung von Bürogeräten und Computern entwickelt, und nicht für Kleingeräte. Es gibt also einige Probleme, insbesondere ist der Energieverbrauch von WLAN sehr hoch. Wenn die kleinen vernetzten Geräte wirklich mobil sein sollen, dann dürfen sie auch nicht per Kabel an eine Spannungsversorgung angeschlossen sein. Die Kleingeräte sind also in den meisten Fällen batteriebetrieben und die Batterien haben nur einen sehr begrenzten Energiegehalt. Mit der Energie muss also sehr sparsam umgegangen werden, und dafür ist WLAN nicht unbedingt bekannt. Außerdem ist die Reichweite begrenzt und die Einwahl ins Netzwerk kann recht lange dauern.

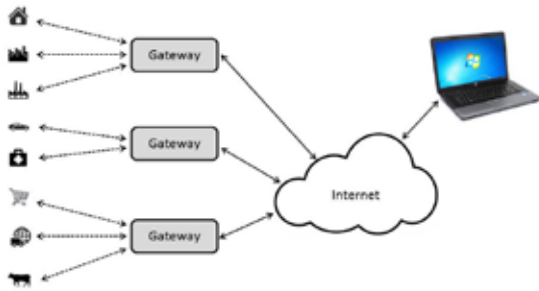


Abb. 1: Internet der Dinge mit Funkknoten

In dem Projekt „Campus IoT“ wird untersucht, wie gut oder schlecht sich WLAN tatsächlich zur Übertragung von Sensordaten eignet. Dazu wurde an der Technischen Hochschule Deggendorf ein spezielles IoT-WLAN eingerichtet, welches speziell für die Vernetzung von Kleingeräten gedacht ist. Das Netzwerk ist flächendeckend auf dem Campus Deggendorf verfügbar und existiert parallel zu den herkömmlichen Office-Netzwerken. Momentan werden die ersten Endknoten eingebunden und deren Verhalten und Besonderheiten untersucht. Im Ergebnis erhoffen wir uns Aussagen über die Verwendbarkeit von WLAN zur Vernetzung von batteriebetriebenen Kleingeräten. Im Zuge des Projekts „Campus IoT“ werden jedoch auch alternative Funkverfahren untersucht, die sich vielleicht besser für die spezifischen Aufgabenstellungen von Sensoren oder Aktuatoren eignen.

## Funk ist eine Frage der Frequenzen

Die Festlegung des Frequenzbandes einer Funkverbindung hat enorme Auswirkungen auf deren Eigenschaften wie Reichweite, Baugröße, Datenrate und andere. Allerdings darf nicht jedermann beliebig funken, die Benutzung der Funkfrequenzen ist staatlich reglementiert und speziell reservierte Frequenzbereiche gelten für unterschiedliche Anwendungen. Glücklicherweise sind auch bestimmte Frequenzen für die freie Benutzung vorgesehen: Auf diesen so genannten ISM-Frequenzen (ISM = Industrial, Scientific, Medical) darf man funken, ohne dafür eine ausgewiesene Lizenz zu besitzen. Natürlich muss man trotzdem die geltenden gesetzlichen Vorschriften hinsichtlich Sendeleistung und Störabstrahlung beachten.

Ein besonders interessantes ISM-Frequenzband befindet sich im Bereich von 2,4 bis 2,5 GHz. Dieser Bereich bietet nicht nur eine relativ große Bandbreite, sondern er ist auch weltweit fast einheitlich standardisiert, was bei anderen Frequenzbereichen nicht der Fall ist. Diese positiven Eigenschaften sind Segen und Fluch zugleich: Viele Funktechnologien benutzen das 2,4 GHz Band, wodurch es zu Überlagerungen und gegenseitigen Störungen zwischen unterschiedlichen Anwendern kommen kann. Daher spielen Fragen der Koexistenz und Störsicher-

heit eine entscheidende Rolle bei der Definition von Funkverfahren im 2,4-GHz-Band.

Eine der ersten Technologien, die speziell für die Kommunikation von kleinen Funkknoten wie Sensoren und Aktuatoren entwickelt wurde, war IEEE 802.15.4 / ZigBee [1]. In seiner populärsten Ausprägung benutzt dieses Verfahren auch das 2,4-GHz-Band, jedoch mit einer völlig anderen Kanalaufteilung als IEEE 802.11 / WLAN (siehe Abbildung 2). Durch die Verwendung unterschiedlicher Kanäle können beide Funkverfahren im gleichen Frequenzband nebeneinander existieren ohne sich gegenseitig zu stören [2].

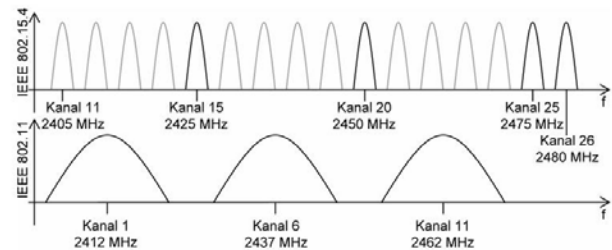


Abb. 2: Mögliche Kanalaufteilung mit drei parallelen IEEE 802.11- und vier IEEE 802.15.4-Kanälen

## Protokolle legen die Einzelheiten fest

Das verwendete Frequenzband, die genaue Kanalaufteilung, das Modulationsverfahren, der Aufbau der Datenpakete, die Verfahren zum Verbindungsaufbau und vieles mehr sind in dem Protokoll des Funkverfahrens enthalten. Bei einer großen Anzahl von Knoten spricht man von Funknetzwerken oder drahtlosen Sensornetzwerken. Mittlerweile gibt es eine Vielzahl von Funktechnologien, die alle das gleiche 2,4-GHz-Band benutzen. Das macht es immer schwieriger, ein robustes und störsicheres Protokoll zu definieren, insbesondere wenn hohe Anforderungen existieren, wie das im Industrie- oder Automobilbereich der Fall ist [3-6].

Im Rahmen des Projekts „Campus IoT“ wurde u.a. auch das Protokoll „Thread“ [7] untersucht, welches auf dem IEEE 802.15.4-Standard aufsetzt. Die Besonderheit von Thread ist, dass durchgängig das Internet Protokoll (IP) verwendet wird und dass auf allen Knoten ein IP-Stack vorhanden ist. Eine solche Vorgehensweise wird bereits seit langem kontrovers diskutiert. In den Anfangszeiten der Funksensornetze ging man davon aus, dass die Endknoten aus kleinen 8-bit Mikrocontrollern bestehen, die mit der Verarbeitung des komplizierten Internet Protokolls schlicht überfordert wären. Mittlerweile beinhalten die meisten Funkknoten einen leistungsfähigen ARM Cortex-M 32-bit Mikrocontroller, so dass das Internet-Protokoll leicht verarbeitet werden kann. Die durchgängige Verwendung von IP



bietet einige Vorteile im Thread-Netzwerk (siehe Abbildung 3): Funkknoten können als Thread-Router eingesetzt werden, so dass vermaschte Netze aufgebaut werden können. Diese sind sehr robust, besonders in einem sich ändernden Umfeld. Außerdem entfallen Gateways, die bei der Verbindung ins Internet von einem Protokoll in das andere übersetzen müssen. Stattdessen werden Border-Router verwendet, die es ermöglichen, jedes Gerät im Funknetzwerk aus dem Internet heraus anzusprechen.

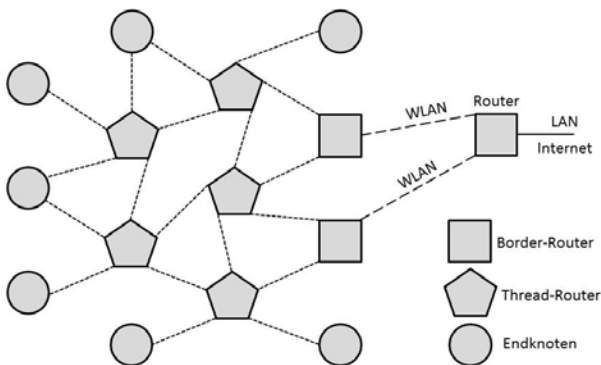


Abb. 3: Thread-Netzwerk

## Auswege aus der Frequenzüberlastung

Das populäre 2,4-GHz-Band ist mit immer mehr Funkverfahren belegt, die sich gegenseitig stören. In manchen Industrienwendungen ist die Verwendung von 2,4-GHz-Funksensoren aufgrund der Überlastung des Frequenzbereiches gar nicht mehr zulässig. Daher erscheint die Suche nach alternativen Verfahren erfolgversprechend. Eine interessante Option ist DECT ULE (Ultra Low Energy). Der DECT-Standard wurde ursprünglich für schnurlose Telefone entwickelt und bereits 1993 eingeführt. Mit ULE wurde der ursprüngliche Standard erweitert und im Hinblick auf Low Power und Reaktionszeit wesentlich leistungsfähiger gestaltet. Für DECT wird in Europa ein eigenes geschütztes Frequenzband von 1880–1900 MHz reserviert, sodass eine Überlagerung mit anderen Verfahren ausgeschlossen ist und Störungen minimiert werden. In unserer Arbeitsgruppe arbeiten wir an DECT-ULE-Knoten und untersuchen, wie sich diese Technologie zur Verwendung in drahtlosen Sensornetzwerken eignet [8].

Ein weiterer interessanter Frequenzbereich ist das 868-MHz-Band. Auch in diesem Bereich darf ohne Lizenz gefunkt werden, allerdings sind die Regelungen weltweit nicht einheitlich. Daher ist dieses Frequenzband nicht so stark ausgelastet wie das

2,4-GHz-Band. Außerdem bietet das 868-MHz-Band einige interessante Eigenschaften, u.a. ist die Durchdringungsfähigkeit der Funksignale wesentlich besser als bei 2,4 GHz. In dem Projekt „RFID Sensor“ haben wir ein drahtloses und batterieloses Sensorsystem entwickelt, bei dem der Funksensor in einem Gebäude eingebaut wird und die physikalischen Eigenschaften des Mauerwerks wie Temperatur und Feuchte durch die Mauer nach außen sendet. Hier haben wir uns für die Verwendung des 868-MHz-Bandes entschieden, nicht nur zur Übertragung der Sensordaten, sondern auch um den Sensor drahtlos durch die Mauer mit Energie zu versorgen. Dafür wurde ein spezielles HF-Energy-Harvesting-System entwickelt und optimiert [9-15].

## Zusammenfassung

Die Vernetzung von kleinen intelligenten Sensoren, Aktuatoren und anderen Systemen ist bereits allgegenwärtig und erfolgt in den meisten Fällen per Funk. In der Arbeitsgruppe „Eingebettete Systeme und drahtlose Kommunikation“ forschen wir an den dabei verwendeten Verfahren, insbesondere zum Einsatz im Heimbereich, sowie im Industrie- und Automobilbereich.

## Literatur

- [1] Kupris, Gerald; Sikora, Axel (2007): ZigBee. Datenfunk mit IEEE 802.15.4 und ZigBee. Poing: Franzis (Elektronik und Elektrotechnik Bibliothek, 4).
- [2] Kupris, Gerald (2008): Channel Agility and ZigBee / WLAN Coexistence. 2nd European ZigBee Developers' Conference 2008. München, 24.-25.06.2008.
- [3] Kupris, Gerald (2008): WPAN Technologies Based on IEEE 802.15.4: ZigBee, Wireless HART and Others. 10th Wireless Technologies Conference 2008. München, 2008.
- [4] Kupris, Gerald (2009): Special Considerations for Using IEEE 802.15.4 in Industrial Applications. Embedded World Conference 2009. Nürnberg, 03.-05.03.2009.
- [5] Kupris, Gerald; Binhack, Michael (2010): Is ZigBee Ready for Automotive Applications? 4th European ZigBee Developers' Conference 2010. München, 27.-28.04.2010.
- [6] Binhack, Michael; Kupris, Gerald (2014): IEEE 802.15.4 based Wireless Sensor Network for Automotive Test and Measurement Applications with Predictable Frequency Agility. Nets2Cars 2014 Con-

ference. Offenburg, 06.-07.05.2014.

[7] <https://threadgroup.org/>

[8] Kupris, Gerald (2016): DECT Ultra Low Energy as a Wireless Connectivity Technology. Wireless Congress 2016: Systems and Applications. München, 09.-10.11.2016.

[9] Merz, Christian; Kupris, Gerald; Niedernhuber, Maximilian (2014): Wireless and Batteryless Sensor Using RF Energy Harvesting. 34th European Telemetry and Test Conference. Nürnberg, 03.-04.06.2014.

[10] Merz, Christian; Kupris, Gerald; Niedernhuber, M. (2014): Speisung von energieautarken Sensoren durch elektromagnetische Felder. 1. Elektronik Power Management Congress. München, 02.-03.07.2014.

[11] Merz, Christian; Kupris, Gerald; Niedernhuber, Maximilian (2014): Design and Optimization of a Radio Frequency Energy Harvesting System for Energizing Low Power Devices. 19th International Conference Applied Electronics 2014. IEEE. Pilsen, Tschechische Republik, 09.-10.09.2014.

[12] Merz, Christian; Kupris, Gerald; Niedernhuber, Maximilian (2014): A Low Power Design for Radio Frequency Energy Harvesting Applications. The 2nd IDAACS Symposium Wireless Systems within the IEEE International Conferences on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems 2014: Technology and Applications. Offenburg, 11.-12.09.2014.

[13] Kupris, Gerald; Merz, Christian (2015): Improving the Efficiency of RF Energy Harvesting. In: Proceedings of Wireless Congress 2015: Systems & Applications (09.-10.11.2015, München).

[14] Merz, Christian; Kupris, Gerald (2015): Effizienzsteigerung von Energy Harvesting Schaltungen durch High-Q-Matching. In: Bavarian Journal of Applied Sciences 1 (1), S. 94-104.

[15] Merz, Christian; Kupris, Gerald (2016): High Q Impedance Matching for RF Energy Harvesting Applications. In: Proceedings of the 2016 IEEE 3rd International Symposium on Wireless Systems (IDAACS-SWS) within the IEEE International Conferences on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (26.-27.09.2016, Offenburg), S. 45-50.



### **Prof. Dr.-Ing. Gerald Kupris**

Technische Hochschule Deggendorf  
Fakultät Elektrotechnik, Medientechnik  
und Informatik  
Dieter-Görlitz-Platz 1  
94469 Deggendorf

Tel.: +49 (0)991 3615-270  
E-Mail: [gerald.kupris@th-deg.de](mailto:gerald.kupris@th-deg.de)





## DIGITALES DORF (EHEMALS eDORF)

### Förderung der Digitalisierung im ländlichen Raum in Bayern

Prof. Dr. Diane Ahrens, Rainer Bomeisl (Dipl.-Kfm. (Univ.)), Magdalena Schindler (M.Sc. (Univ.))

#### Abstract

Das Projekt „Digitales Dorf“ ist ein gemeinsames Vorhaben des Technologie Campus Grafenau mit der Fraunhofer-Gesellschaft (Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS und Fraunhofer-Institut für Experimentelles Software Engineering IESE), gefördert durch die Bayerische Staatsregierung und koordiniert durch das Bayerische Wirtschaftsministerium (StMWi).

Ziel ist es, die Lebensbedingungen im ländlichen Raum mit Hilfe der Digitalisierung zu verbessern.

In einem Wettbewerb wurden zwei Gemeinden bzw. Gemeindeverbände in Nord- und Südbayern ausgewählt. Diese entwickeln gemeinsam mit den Projektpartnern Konzepte für mehrere Handlungsfelder, wie z.B. Mobilität, Medizin, Wohnen und Pflege, um ihren individuellen Herausforderungen wirksam zu begegnen.

Der ganzheitliche Ansatz soll nachhaltig zur Erhöhung der Lebensqualität in der Modellregion beitragen, digital unterstützt werden und auf andere Gemeinden übertragbar sein.

Nach Ablauf des Wettbewerbs und umfassender Konzeption werden die Ideen sukzessive in der Modellregion umgesetzt.

*The project "Digital Village" is a joint project of Technology Campus Grafenau and the Fraunhofer Society (Fraunhofer Institute for Integrated Circuits IIS and Fraunhofer Institute for Experimental Software Engineering IESE). It is sponsored by the Bavarian State Government and coordinated by the Bavarian Ministry of Economic Affairs and Media, Energy and Technology (StMWi).*

*The project aims at improving living conditions in rural areas with the help of digitalization.*

*Two municipalities in the north and south of Bavaria have been chosen in a competition. Together with their project partners, they create concepts for several fields of action, as e.g. mobility, medicine, living and care, in order to face individual challenges.*

*The holistic approach will sustainably increase the living quality in the model regions, support it with the help of digitalization and be transferable to other municipalities.*

*At the end of the competition, the ideas will be successively implemented in the model areas on the basis of comprehensive concepts.*

#### Einleitung

Die zunehmende Verstädterung hat massive Konsequenzen für den ländlichen Raum: Der demografische Wandel, gepaart mit einer Abwanderung von jungen, gut ausgebildeten Menschen, bewirkt eine Überalterung und Schrumpfung der ländlichen Gesellschaft. Öffentliche und private Dienstleistungen sowie technische und soziale Infrastruktur werden unrentabel und dünnen aus. Entsprechend eingeschränkt sind der öffentliche Personennahverkehr, die medizinische Versorgung sowie das Angebot

an kulturellen Einrichtungen, Sport- und Freizeiteinrichtungen und Einkaufsmöglichkeiten vor Ort. Fachkräftemangel, niedrigere Löhne, ein höheres Pendleraufkommen sowie ein eingeschränktes Angebot an Betreuungs-, Ausbildungs- und Qualifizierungsmöglichkeiten sind weitere Folgen.

Ziel des Projekts „Digitales Dorf“ ist es, Potentiale aufzugreifen, die sich durch die Digitalisierung bieten. Dazu sollen Ideen in ganz Bayern entwickelt und in zwei Modelldörfern – je eines in Nord- und Südbayern – exemplarisch erprobt werden.

Das Projekt wird gefördert durch die Bayerische

Staatsregierung und koordiniert durch das Bayerische Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie (StMWi). Die Bearbeitung des Projekts erfolgt im Rahmen einer Kooperation des Fraunhofer-Instituts für Integrierte Schaltungen IIS, der Technischen Hochschule Deggendorf (Technologie Campus Grafenau) und des Fraunhofer-Instituts für Experimentelles Software Engineering IESE.

## Beschreibung des Projekts

Mit dem Modellprojekt „Digitales Dorf“ sollen wesentliche Lebensbereiche im ländlichen Raum digital unterstützt bzw. verbessert und synergetisch miteinander vernetzt werden. Das Digitale Dorf ist als anwendungsorientiertes Living Lab konzipiert und soll zeigen, wie sich die Lebensqualität durch digitale Services im ländlichen Raum steigern lässt.

Die Erkenntnisse aus dem Projekt „Digitales Dorf“ sollen die Übertragung bestehender und die Entwicklung weiterer Digitalisierungsansätze in Bayern und ganz Deutschland vorantreiben.

Die multimediale Strategie des Projekts wird durch die Technische Hochschule Deggendorf (TC Grafenau) konzipiert. Eine IKT-Plattform wird implementiert und bildet das Grundgerüst der digitalisierten Anwendungen und Dienstleistungen. Alle benötigten APPs werden entwickelt, programmiert und mit der IKT-Plattform verknüpft.

Grundsätzlich bieten sich Digitalisierungsprojekte in nachfolgenden Themenfeldern an: Medizin/Pflege/

Wohnen, Mobilität, Dienste (u. a. Handel), Bildung/Lernen, Arbeiten, Energie und Experimente (siehe Abbildung 2).



Abbildung 1: Die neun Themenfelder des Projekts

Das Projekt unterteilt sich in zwei Phasen (siehe Abbildung 3): In der zweistufigen Wettbewerbsphase (Phase I von 06/2016 – 03/2017) wurde jeweils eine Modellregion in Nord- und Südbayern ausgewählt und ein Umsetzungskonzept mit den beteiligten Gemeinden erarbeitet. In der Realisierungsphase (Phase II von 04/2017 – 12/2018) werden wesentliche Maßnahmen aus den entwickelten Konzepten in den Modellgemeinden umgesetzt.



Abbildung 2: Zeitlicher Ablauf des Projekts

Zu Projektbeginn wurden die bayerischen Regie-

rungsbezirke in Nord- und Südbayern unterteilt und



jeweils von einem Projektpartner intensiv betreut. Die Fraunhofer-Gesellschaft ist Ansprechpartner für die nordbayerischen Kommunen, der Technologie Campus Grafenau ist für die Gemeinden in Südbayern zuständig.

In einem ersten Schritt wurde anhand einer Teilnahmeerklärung geprüft, ob die Gemeinden alle Voraussetzungen des Wettbewerbs erfüllen (Stufe 1). Bewerben konnten sich ausschließlich Gemeinden oder Gemeindeverbände aus Räumen mit besonderem Handlungsbedarf (RmbH). Zum Erreichen einer kritischen Mindestmenge von potentiellen Unterstützern und Teilnehmern vor Ort mussten die Gemeinde oder der Gemeindeverbund eine Mindestgröße von 2.000 Einwohnern aufweisen, es

durfte sich aber um kein Mittel- oder Oberzentrum handeln.

Daraufhin wurden von den teilnehmenden Gemeinden auf die jeweiligen Bedürfnisse abgestimmte Projektideen und Konzepte erarbeitet. Begleitend wurden Workshops und bilaterale Gespräche zur Unterstützung angeboten. Die vollständigen Bewerbungsunterlagen mussten schließlich bis Oktober 2016 bei den Projektpartnern eingereicht werden (Stufe 2). Bayernweit haben sich knapp 13% der teilnahmeberechtigten Gemeinden zur Teilnahme am Wettbewerb beworben (siehe Abbildung 4), in Südbayern waren es sogar 21 % der teilnahmeberechtigten Gemeinden.



Abbildung 3: Resonanz zur Stufe 1 und 2 des Wettbewerbs

Anhand von Fragebögen wurden die Rahmenbedingungen in den Bergergemeinden strukturiert abgefragt, um die individuellen Herausforderungen zu identifizieren. Best Practices wurden recherchiert und analysiert, um Erfolgsaussichten von möglichen Maßnahmen aus diesen Beispielprojekten ableiten zu können.

Von einer sechsköpfigen Jury, die mit Persönlichkeiten aus Wissenschaft, Wirtschaft und Kommunalpolitik besetzt war, wurde aus allen Bewerbern eine Empfehlung für die Wahl der Gewinner erstellt. Im Rahmen einer Ministerratssitzung konnten daraufhin zwei Gemeindeverbände aus Nord- und Südbayern als Gewinner ermittelt werden.

Anschließend begann die Abstimmung der Projektpartner mit den jeweiligen Gemeinden zur Vorbereitung des Projektantrags für die Phase II und Ausarbeitung der Umsetzungskonzepte.

Von Projektbeginn an fand eine enge Abstimmung mit den Ressorts (Bayerische Staatsministerien) und mit dem StMWi als Auftraggeber statt. Am 31. Januar 2017 trafen sich die Ressorts erneut und die

Projektpartner stellten gemeinsam mit den Gewinner-Gemeinden die Projektideen vor. Im Anschluss daran wurden mögliche Beteiligungen der Ressorts an den individuellen Projektideen diskutiert. Gespräche dazu wurden bereits im Vorfeld geführt und dauern zum derzeitigen Stand noch an beziehungsweise werden weiterhin regelmäßig gesucht.

Gemeinsam mit den Gemeinden sowie weiteren Projektpartnern wurden mehrere Workshops für die Umsetzungsplanung durchgeführt. Im Dezember 2016 fanden die ersten Arbeitstreffen statt, wobei unter anderem die nächsten Schritte und Termine definiert wurden. Bei weiteren Arbeitstreffen von Januar bis März 2017 wurde stetig an der Konzeption der einzelnen Maßnahmen weitergearbeitet. Die Bezeichnung der Arbeitspakete, deren Laufzeit, Arbeitsteilung und Aufwände bei den Gemeinden und beim TC Grafenau wurden ermittelt und abgestimmt. Die Umsetzung der Maßnahmen startet ab April 2017, erste Ergebnisse der Umsetzung werden Mitte 2018 präsentiert. Nach erfolgreichem Abschluss der Realisierungsphase ist seitens der Bayerischen Staatsregierung eine weitere Förderung von Umsetzungsmaßnahmen für 2019/2020 in den

Modellregionen geplant.

## Ergebnisse

In der Wettbewerbsphase (Phase I) des Projekts wurde zunächst ein gemeinsames Verständnis des „Digitalen Dorfs“ entwickelt bevor die Priorisierung der Themenfelder für die Umsetzungsphase stattfand. Das methodische Vorgehen wurde finalisiert, die Umsetzungsunterstützung durch die Ressorts definiert. Die Projektpartner erarbeiteten eine Empfehlung für den Themenfokus. Die Ausschreibung

mit hinreichender Voreinschränkung potentieller Bewerber wurde für den Start des Wettbewerbs entwickelt und durchgeführt.

Aus dem Wettbewerb gingen die Steinwald-Allianz in Nordbayern und der Gemeindeverbund Spiegelau-Frauenau in Südbayern als Gewinner hervor. Der TC Grafenau arbeitete in Kooperation mit dem Gemeindeverbund Spiegelau-Frauenau einen Projektantrag für Südbayern aus. Die Projektidee aus Spiegelau-Frauenau sieht sieben Teilprojektideen vor, die im Zuge der Antragstellung ausgearbeitet, geplant und priorisiert wurden (siehe Abbildung 5).

Überblick Projektideen		Abgedeckte Handlungsfelder								
		Wohnen	Arbeiten	Lernen	Medizin	Pflege	Energie	Mobilität	Dienste	Sonstiges
1	Ganzheitlich am Menschen orientiertes, interdisziplinär vernetztes Medizin- und Pflegenetzwerk				x	x				
2	DorfShuttle und digitale Unterstützung des Rufbussystems							x	x	
3	Digitales Rathaus								x	
4	Nahversorgung								x	
5	Digitale Bildungs- und Lerngemeinde			x						
6	Schaffung von Modell-Wohnwelten im Bereich AAL - Ambient Assisted Living	x			x	x				
7	Digitale Arbeitswelten		x							

=Prio 1    
  =Prio 2

Abbildung 4: Geplante Maßnahmen aus der Sieger-Bewerbung Spiegelau-Frauenau mit den abgedeckten Handlungsfeldern

In der Realisierungsphase (Phase II) ist im Gemeindeverbund Spiegelau-Frauenau ein ganzheitlich am Menschen orientiertes, interdisziplinär vernetztes Telemedizinnetzwerk in ausgewählten synergetischen Anwendungsbereichen geplant. Ein Dorfshuttle mit digitaler Unterstützung des Rufbussystems wird im Rahmen eines Mobilitäts-Arbeitspaketes in Betrieb genommen. Ausgewählte kommunale Dienste werden digitalisiert, ein Barriere-arter, benutzerfreundlicher 24/7-Zugriff auf Dienstleistungen der Gemeindeverwaltungen wird ermöglicht. Bestell- und Liefermöglichkeiten für Produkte des täglichen Bedarfs werden umgesetzt. Dabei wird eine geeignete Vernetzung mit dem bestehenden Vor-Ort-Angebot in den Gemeinden realisiert. Geplant ist auch eine kommunale Schulplattform. Digitale Lehrangebote werden dabei entwickelt und umgesetzt. Ein Grobkonzept für Modell-Wohnwelten im Bereich AAL (Ambient Assisted Living) ist für den Förderzeitraum 2019/2020 geplant. Auch für die Schaffung von Tele-Arbeitsplätzen wird ein Umsetzungskonzept für den Förderzeitraum 2019/2020 entwickelt. Die Projektanträge für die Realisierungsphase (Pha-

se II), welche zum 01.04.2017 startet, wurden durch die Projektpartner eingereicht. Die Projektlaufzeit der Phase II erstreckt sich bis Ende 2018, Mitte 2018 sollen jedoch bereits erste sichtbare Ergebnisse in den priorisierten Maßnahmen erzielt und vorgestellt werden. Die Maßnahmen werden dabei auch hinsichtlich Weiterführung, Nachhaltigkeit, Übertragbarkeit und Modellhaftigkeit evaluiert. Eine öffentlichkeitswirksame Zusammenfassung der Aktivitäten rund um das Thema Digitalisierung im ländlichen Raum in Bayern wurde in Form des „Digitalen Dorf-Atlas“ erstellt. Die recherchierten Best Practices wurden aufbereitet und in einer umfassenden Datenbank abgebildet. Sie bilden die Basis des „Digitalen Dorf-Atlas“. Aber auch Erkenntnisse aus den zurückgegebenen Fragebögen der Gemeinden, zum Beispiel deren größte Herausforderungen, Rahmenbedingungen etc. dienten als Grundlage. Der Online-Atlas wird nach seiner Veröffentlichung Mitte 2017 deutschlandweit Beispielprojekte abbilden.

Zum Start des Wettbewerbs und zur Verkündung der Gewinner gaben das StMWi sowie die Projekt-





partner Pressemitteilungen heraus. Diese wurden sowohl von überregionalen als auch regionalen Medien aufgegriffen. Zum Redaktionsschluss dieses Berichts lagen den Projektpartnern rund 30 Pressebeiträge vor, in welchen über das Projekt „Digitales Dorf“ oder über die beiden Gewinner-Gemeindeverbände Steinwald-Allianz und Spiegelau-Frauenau berichtet wurde. Dabei handelt es sich überwiegend um Artikel, jedoch wurden auch Beiträge in Rundfunk und Fernsehen gesendet.

Während der bisherigen Projektlaufzeit erfolgten projektbezogene Veröffentlichungen (Artikel und Vorträge), zum Beispiel der Vortrag von Frau Prof. Dr. Diane Ahrens „Digital Village - A Bavarian Initiative“ bei der Veranstaltung „Rural Summit Netherlands“ vom 22.-23.03.2017 in Eindhoven. Ein weiterer Vortrag von Frau Ahrens mit dem Titel „Digitales Dorf - Das Zukunftsmodell für gleichwertige Lebensbedingungen im ländlichen Raum unter Nutzung von Digitalisierung und Internet“ fand im Rahmen der Veranstaltung „Wirtschafts- und Verkehrsausschuss des Deutschen Landkreistages“ am 25.4.2017 in Neuruppin statt.



## Projekträger

Bayerische Staatsregierung



## Projektpartner

Gemeindeverbund Spiegelau/Frauenau  
Fraunhofer IIS  
Fraunhofer IESE

## Ein Projekt von



### Prof. Dr. Diane Ahrens

Leitung Technologie Campus Grafenau  
Hauptstr. 3  
94481 Grafenau

Tel.: +49 (0)8552 975699-50 (Grafenau)  
Tel.: +49 (0)991 3615-150 (Deggendorf)  
E-Mail: diane.ahrens@th-deg.de



### Rainer Bomeisl (Dipl.-Kfm. (Univ.))

Technologie Campus Grafenau  
Hauptstr. 3  
94481 Grafenau

Tel.: +49 (0)8552 975699-60  
E-Mail: rainer.bomeisl@th-deg.de



### Magdalena Schindler (M.Sc. (Univ.))

Technologie Campus Grafenau  
Hauptstr. 3  
94481 Grafenau

Tel.: +49 (0)8552 975699-64  
E-Mail: magdalena.schindler@th-deg.de

## ▶ LEHRE 4.0: EFFIZIENTE VIRTUELLE WEITERBILDUNG / OPEN INNOVATION TEACHING 4.0

Monica Ciolacu (Dipl.-Ing. (Univ.)), Prof. Dr. Dr. Heribert Popp

### Abstract

Die virtuellen Teile von Lehre-4.0-Kursen weisen folgende Kennzeichen auf:

1. Der Stoff ist für verschiedene Lerntypen aufbereitet (interaktives Buch, interaktives Video).
  2. Die Lerner finden zur Motivation intelligente spielerische Elemente.
  3. Die Lerner praktizieren mobile Konnektivität, d.h. sie haben an jedem Ort Zugriff zu den Lern-Nuggets und bilden untereinander Communities of Practice.
  4. Die Kursbausteine passen sich an die Vorkenntnisse und das Lernverhalten an (Adaptivität und Personalisierung).
  5. Mit Big-Data-Methoden (Clusterverfahren, Neuronale Netze) werden die Lernenden mit Problemen gefunden und Unterstützungsprogramme eingeläutet. Dies verbessert die Verbleibquote der Studenten.
  6. Intelligente Teletutoren in Form von Chatbots beantworten einen Teil der Fragen.
  7. Automatisch ausgewertete Kompetenztests entlasten Lehrende bei der Korrekturarbeit (E-Assessments).
- Die Forschergruppe experimentiert an all diesen Funktionen zukünftiger virtueller Kurse der Generation „Lehre 4.0“.

*As educational activity is increasingly moving online and the course content is becoming available in digital format, the datasets available for analyzing learning are rapidly growing.*

*For the 4th Teaching Revolution, an active and interactive presence of the students is very important. The virtual part of the course has the following characteristics:*

1. *The material is prepared for different learning types (with interactive book and interactive video);*
  2. *The students find motivation through intelligent, playful elements;*
  3. *The students practice mobile connectivity, that is, they have access to the learning nuggets at every location and build communities of practice, for example virtual learning groups;*
  4. *The course modules adapt themselves to the previous knowledge and the learning behaviour (adaption and personalization);*
  5. *Big data methods (clustering, neural networks and deep learning) identify at-risk students and offer them support programmes and early alerts, which improves retention*
  6. *Smart Tutors in the form of chatbots intervene with advice and support;*
  7. *Automatically evaluated competence tests relieve teachers from correction work (E-Assessments);*
- The research group is currently experimenting with all these features of future virtual courses of the generation „Teaching 4.0“.*

### Einleitung : Bedarfsog und Technologiedruck für Lehre 4.0

Zurzeit ist der Begriff Industrie 4.0 in den Medien allgegenwärtig. Die Industrielle Revolution vollzog sich in 4 Stufen: Die „1. Industrielle Revolution“ eröffnete neue Möglichkeiten des Antriebs mit Dampfmaschinen. Kennzeichen der 2. Industriellen Revolution waren die Massenproduktion und das Fließband. Die 3. Industrielle Revolution basierte auf dem Einzug von Mikroelektronik und Software und bestand in einer hochgradigen Automatisierung von Abläufen. Der Begriff „Industrie 4.0“ bezeichnet die 4. Industrielle Revolution und sieht als zentrales Element eine „Vernetzung von autonomen, sich situativ selbst steuernden, sich selbst konfigurierenden, wissensbasierten, sensorgestützten und räumlich verteilten Produktionsressourcen (Produktionsmaschinen, Roboter, Förder- und Lagersysteme, Betriebsmittel) inklusive deren Planungs- und Steuerungssysteme“ [1]. Ziel ist mehr Flexibilität, d.h. die Anlagen sollen sich selbst auf geänderte Rahmenbedingungen einstellen können, und zwar sowohl in Bezug auf die Produkte als auch im Hinblick auf die Abläufe.

Die Arbeitswelt verändert sich aufgrund der 4. Industriellen Revolution enorm. Zu diesem Thema wurden im Zuge des Weltwirtschaftsforums in Davos 2016 die Personalchefs von fast 400 großen Unternehmen aus aller Welt gefragt. Das Ergebnis war: 7,1 Millionen Jobs, vor allem klassische Bürotätigkeiten, werden verschwinden,

Die Arbeitswelt verändert sich aufgrund der 4. Industriellen Revolution enorm.

Zu diesem Thema wurden im Zuge des Weltwirtschaftsforums in Davos 2016 die Personalchefs von fast 400 großen Unternehmen aus aller Welt gefragt. Das Ergebnis war: 7,1 Millionen Jobs, vor allem klassische Bürotätigkeiten, werden verschwinden,

\*Promoviert in Kooperation mit der University Politehnica of Bucharest (Betreuer: Prof. Dr. h. c. Paul Svasta, Faculty of Electrical Engineering, CETTI - Center for Electronics Technology and Interconnections Techniques).



weil die 4. Industrielle Revolution ganze Unternehmen oder bisherige Geschäftsmodelle hinwegfegen wird. Im gleichen Zeitraum werden, so die Prognose, 2,1 Millionen neue Jobs entstehen. Profitieren werden vor allem Menschen aus dem Bereich der Computerwissenschaften, der Mathematik oder der Informationstechnologie.

Der Motor der 4. Industriellen Revolution ist das Internet of Things (IoT). Hierzu zählen u.a. Cloud Services, elektronische Assistenten z.B. für das Auto, intelligente Sensoren im Smart Wearables, Roboter für routinemäßige Dienstleistungen, Drohnen für Logistikleistungen und das Leben in Smart Cities oder Smart Homes.

In der heutigen Gesellschaft erfordert dies eine neue Kompetenz der modernen Bildung: Die Nutzung digitaler Technologien ist von großer Wichtigkeit. Dies müssen Studenten und angehende Ingenieure von morgen gelernt haben.

Die traditionellen Lehrmethoden stoßen bei der Qualifizierung der Mitarbeiter für diese Anforderungen an ihre Grenzen. Neue Lern- und Ausbildungskonzepte und die Flexibilisierung der Bildung sind notwendig. Es braucht jetzt auch eine 4. Revolution in der Lehre. Es entsteht also ein richtiger Bedarfsnach Lehre 4.0.

Hinzu kommt, dass die Forschung zur Künstlichen Intelligenz in jüngster Zeit beeindruckende Entwicklungssprünge verzeichnen konnte, sodass dank Machine Learning, Deep Learning und Neuronaler Netze etliche KI-basierte Techniken in Industrie, Wirtschaft und Privatleben Einzug halten konnten, z.B. Computer schreiben von selbst den Code von Programmen, beziehungsweise lösen sie eigenständig Probleme oder sind intelligente Antwortgeber wie ALLO von Google. Es gibt also einen Technologiedruck nach Lehre 4.0.

## Beschreibung des Projekts „Lehre 4.0“

### 1. Vier Lehrrevolutionen

Untersucht man nun die Lehre in Analogie zu den vier industriellen Revolutionen, ging die 1. Lehrrevolution von der Einführung des Buchdrucks durch Gutenberg aus, da dadurch massenhaft Lehrbücher produziert werden konnten. Mitte der 60er Jahre des vorigen Jahrhunderts entstand als 2. Lehrrevolution der programmierte Unterricht mit ersten Lehrmaschinen von Skinner [2] und Crowder [3]. Beim programmierten Unterricht wird „ein Lernvorgang angestrebt, der sich an Hand eines Programms in logisch verknüpfter, lückenloser Folge von kleinsten Lernschritten und deren Kontrolle nach einem vorausberechneten Ablauf auf ein Lernziel hin vollzieht.“ [4, S. 231].

Eine hervorragende Übersicht zu den verschiedensten Lernmaschinen gibt die Bakkalaureatsarbeit mit dem Titel „Überblick zur historischen Entwicklung

von computerunterstützten Lehr- und Lernsystemen“, die von Christina Thomas an der Universität Dresden verfasst wurde und aus dem Jahre 2006 stammt [5]. Als 3. Lehrrevolution kann E-Learning angesehen werden. Unter diesem Begriff sind alle Formen von Lernen zusammengefasst, bei denen elektronische und digitale Medien für die Präsentation und Distribution von Lernmaterialien und für die Kommunikation zum Einsatz kommen. Dazu gab es ab den 70er Jahren Forschungsprojekte, in den 80er Jahren starteten Modellversuche und es gab Lernprogramme auf CDs (CBTs). E-Learning erlebte so Mitte der 90er Jahre durch den Einbezug des Internets einen starken Aufschwung (WBT). Der Autor Popp praktiziert seit 1998 E-Learning. Er startete zusammen mit zwei anderen Hochschulen mit der virtuellen SAP-Vorlesung [6] und mit der Fernsehvorlesung „Multimedia und Internet“ [7]. Seit mehr als 10 Jahren wickelt er ca. 50% seiner Lehre mit E-Learning ab.



#### Industrie

- 1.0 Dampfmaschine - 1800
- 2.0 Fließbandfertigung - 1913
- 3.0 Mikroelektronik und Computer - 1975
- 4.0 Smart Factory und Big Data – Vernetzung von autonomen, sich situativ selbst steuernden, sich selbst konfigurierenden, wissensbasierten, sensorgestützten und räumlich verteilten Produktionsressourcen inkl. Planungs- und Steuerungselemente.



#### Industrie

- 1.0 Buchdruck von Lehrbücher (Gutenberg) - 1452
- 2.0 Programmierbares Lernen und Autotutoren - 1965
- 3.0 E-Learning - 1995
- 4.0 Adaptivität an den individuellen Wissensstand, Suchroboter für bestimmte Lernthemen, Maschinelles Lernen für Erzeugung neuer Wissensinhalte, Intelligente Teletutoren, Learning Analytics zum Ergreifen des Lernverhaltens.

Abbildung 1: Vier Revolutionen in Industrie und Lehrsystemen

Lehre 4.0 ist gekennzeichnet durch virtuelle Kurse, die immer noch in Form von Blended Learning einen sehr interaktiven Präsenzteil einschließen, deren virtueller Teil aber folgende Eigenschaften

hat: Personalisierung, Gamification, CoP, Adaptivität, Learning Analytics, intelligente Teletutoren und E-Assessment. Abbildung 1 stellt Industrielle Revolutionen und Lehrrevolutionen kompakt gegenüber.

## 2. Verschiedene Lernertypen bedienen (Personalisierung)

Der Stoff ist für verschiedene Lernertypen aufbereitet, da nicht jeder/jede Lernende mit den gleichen virtuellen Materialien gleich gut umgehen kann. Auf der Grundlage der im Jahre 2006 durchgeführten Experimente mit den 6 Lernertypen „Praktiker“, „Punktweise Wissen Suchender“, „Maßgeschneidert Lernender“, „Klassischer E-Learning Studierender“, „Videolerner“ und „Chatter“ [8], empfehlen sich für einen mehr textuell Lernenden das interaktive Buch und für mehr mediengetriebenen Lernende das interaktive Video. Sie decken jeweils den ganzen Stoff ab. Die Steuerung beim interaktiven Buch ist der mit Hypertext verlinkte Text, der mit Videos und interaktiven Kontrollfragen durchsetzt ist. Beim interaktiven Video gibt es immer eine Wiederholung des Triples „kurzes Video, Test des Gesehenen und Video zum Test“. Bei den eingesetzten Videos, die eine Länge von nur 5-15 Minuten haben, ist links der Dozent zu sehen und rechts werden die Folien faktenweise weitergeblättert.

## 3. Spielerische und Virtual-Reality-Elemente zur Motivation (Gamification)

Aus den Erfahrungen der immer schwieriger werdenden Motivation der Erstsemester soll man in virtuellen Kursen der Grundlagenfächer spielerische Momente einbauen. So finden die Lerner spielerische Elemente wie Erfahrungspunkte, Highscores, Fortschrittsbalken, Ranglisten, virtuelle Güter und virtuelle Praxisaufgaben. Ein Motivationswerkzeug und auch verbesserte Anschauungstools wären Virtual-Reality-Elemente. Ein Beispiel einer Virtual-Reality-Gruppenarbeit zur Internetrecherche und EXCEL-Arbeit findet man im YouTube-Video unter

<http://www.youtube.com/watch?v=wBIGXE9rmLw> [9].

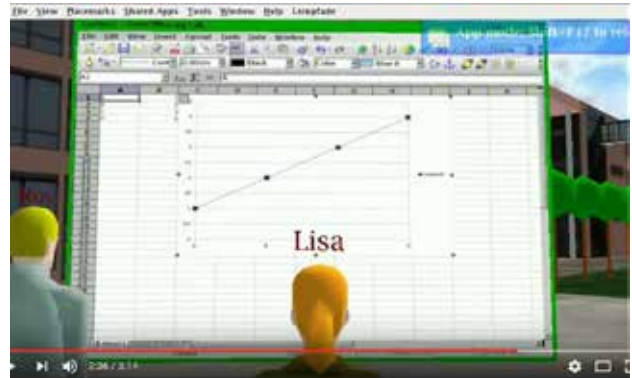


Abbildung 2: Virtuelle Gruppenarbeiten in 3-D-Welten

## 4. Die mobilen Lerner bilden untereinander Communities of Practice und ergänzen im Wissensmanagement die Lehrinhalte

Die Lerner sind vernetzt und bilden Communities of Practice, also virtuelle Lerngruppen. LMS (Learning Management Systems) bieten diese Funktion nur bedingt an, daher kann man Add-ons wie Mahara einbeziehen. In diesen Lerngruppen geben kundige Studierende ihr Wissen weiter. Ein institutionalisiertes Vorbild könnte das Wissensmanagement „von Studierenden für Studierende“ der Technischen Hochschule Deggendorf sein, bei dem von Studierenden in jedem Studiengang folgende Wissensseinheiten zur Verbesserung der Prüfungsleistungen eingepflegt wurden: „Tipps& Tricks“ zu Prüfungen (Wie sollte man sich am besten auf die Prüfung vorbereiten?) und digitale Materialien wie Mitschriften zu Vorlesungen oder Klausurlösungen [10]. Das THD Wissensmanagement ist ein informativer Wegweiser durch den Informationsdschungel in Zusammenhang mit Prüfungen. 1.100 Teilnehmer riefen pro Semester hieraus Wissen ab. Die Tabelle 1 bietet eine Statistik der Inhalte und Benutzer je Studiengang.

Bachelor-Studiengang	Anzahl Wissensseinheiten in Materialsammlung	Benutzer
Bauingenieurwesen	41 in 20 Fächern	113 von 313
BWL	245	
Elektro- und Informationstechnik , Angewandte Informatik inkl. Master	465 in 46 Fächern	450 von 497
Maschinenbau	137 in 53 Fächern	669 von 646
Mechatronik	194 in 34 Fächern	154 von 236
Medientechnik	544 in 30 Fächern	389 von 318
Ressourcen- und Umweltmanagement	108 in 37 Fächern	195 von 190
Wirtschaftsinformatik	749 in 25 Fächern	371 von 347
Wirtschaftsingenieurwesen	78 in 24 Fächern	478 von 567
VWL	88	104 von 150

Tabelle 1: Statistik zu Communities of Practice im Rahmen des Wissensmanagements an der THD





### 5. Die Kursbausteine passen sich an die Vorkenntnisse und das Lernverhalten an (Adaptivität)

Die Anpassung geschieht am Anfang durch einen Einstiegstest mit Kurskonfigurator oder permanent mit empfohlenen Kursnuggets, entweder zum Vorbereiten oder Nachbereiten der aktuellen Lehreinheit [11].

Beim Einstiegstest mit Kurskonfigurator ist jedes Kurskapitel mit zwei bis drei Fragen im Einstiegstest vertreten, den das Programm automatisch auswertet und eine prozentuale Einschätzung des vorhandenen Wissens in dem jeweiligen Kapitel entwickelt (siehe Abb. 3). Daraus generiert es eine Empfehlung, welche Kapitel für den einzelnen Studierenden aufgrund des vorhandenen Basiswissens überflüssig sind bzw. welche Kapitel aufgrund von Wissenslücken studiert werden sollten. Aus diesen Ergebnissen konfiguriert das Programm dynamisch eine individuelle Kursoberfläche. Realisiert wurde der Einstiegstest in Moodle mit Java Skript-Teilen und die Kurskonfiguration mit einem speziellen Template [12].

Eine andere Form der Adaptivität ist, wenn bei interaktiven Kontrollfragen wie in Abb. 4 das Programm einen Fehler feststellt und auf eine Zusatzlehreinheit verlinkt um Kenntnisse erwerben zu lassen, damit dieser Fehler nicht mehr gemacht wird.

#### 3.6 Nichtlineare Funktionen

Testaufgabe 1: -

nicht bearbeitet => Kapitel wird eingeblendet

#### 3.7 Eigenschaften von Funktionen

Testaufgabe 1: -

nicht bearbeitet => Kapitel wird eingeblendet

#### 4.2 Differentiation

Testaufgabe 1: 100 %

insgesamt 100% => Kapitel wird ausgeblendet

#### 4.4 Anwendung der Differentialrechnung

Testaufgabe 1: -

nicht bearbeitet => Kapitel wird eingeblendet

Abbildung 3: Adaptivität der Kurskapitel: Auszug aus einem Einstiegstest

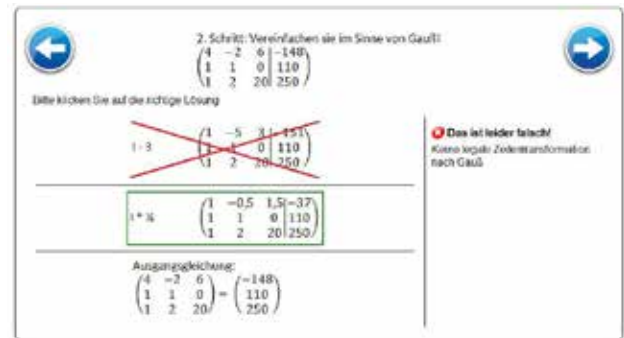


Abbildung 4: Teletutor zur Verlinkung auf notwendige Lehrmaterialien, da Lücken festgestellt wurden

### 6. Learning-Analytics-Methoden finden Lerner mit Problemen und läuten Unterstützungsprogramme ein

Aus den Weblogs des LMS Moodle wird die Nutzungsintensität anhand der Anzahl der Ressourcenaufufe (Klicks im Kurs und Klicks auf die Testfragen) untersucht, so dass jeder Studierende in einem Diagramm mit der horizontalen Achse Klickhäufigkeit auf die Kursressourcen und der vertikalen Achse Klickhäufigkeit auf Kontrollfragen dargestellt werden kann (siehe Abb. 5).

Ein Clusterprogramm findet dann Häufungen, so wie hier bei den 67 Studierenden der OTH Amberg-Weiden des SS16 in Mathematik folgende drei Cluster (siehe Abb. 5):

Cluster 1 „wenig aktiv“ (rot, links)

Cluster 2 „mittelaktiv“ (blau, Mitte)

Cluster 3 „sehr aktiv“ (grün, rechts)

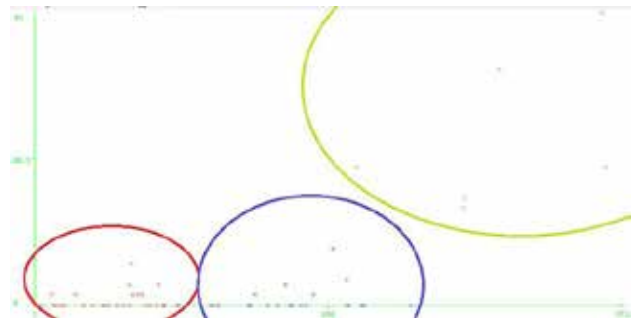


Abbildung 5: Anhand von Clusterverfahren, einer Methode der Learning Analytics, können Lerner mit Problemen (Vertreter des roten (linken) Clusters) identifiziert werden

	Ø Kontrollfragenklicks	Ø Gesamtklicks	Anzahl Studenten	Klausurteilnahme	Ø Note	Std. abw. Note
Cluster 1	0,7	46,6	39 (58%)	77%	4,08	0,86
Cluster 2	1,14	166,6	21 (31%)	100%	3,53	0,77
Cluster 3	28,1	304,4	7 (11%)	100%	3,04	0,72

Tabelle 2: Clusterergebnisse OTH Amberg-Weiden SS16 mit 67 Studierenden und den Cluster-Durchschnittsnoten

Ermittelt man die Klausurnotendurchschnitte, sind sie mit 4,1 in Cluster 1 (links), 3,5 im Cluster 2

(Mitte) und 3,0 im Cluster 3 (rechts) systematisch unterschiedlich (siehe Tabelle 2).

In den nächsten Semestern - in der Arbeitsphase - wird bei jedem Studierenden am Ende jedes Monats nachgeschaut, in welcher Klasse („erfolgreich“ und „gefährdet“) er mit seinem aktuellen Klickverhalten liegen würde. Dieses Verfahren zeigte in vier Studiengängen eine durchschnittliche Prognosegenauigkeit von 65%-74% (siehe Tab. 3). Nun sind die gefährdeten Studierenden lokalisiert und können „mit psychologischen E-Mails“ besser motiviert werden.

### 7. Intelligente Teletutoren in Form von Chatbots beantworten einen Teil der Fragen

Ein sehr gutes Beispiel eines „klugen“ Frage-Antwort-Systems im Bereich Mathematik ist WolframAlpha.com. Die Suchmaschine findet nicht nur Informationen, sondern versucht sie schon gleich aufzubereiten. Es können Fragen eingetippt werden, bei denen direkte Antworten gefiltert und dank der Software Mathematica berechnet und abgeleitet werden.

Wir verwenden zum Programmieren von Chatbots ALICE (<http://www.alicebot.org>). Mit ALICE wurde die Sprache AIML geschaffen, mit deren Hilfe es möglich ist, verhältnismäßig einfach Wissensbasen für Chatbots zu entwickeln bzw. aufzubauen. AIML hat den Vorteil, dass es auf XML basiert und von daher relativ leicht erlernbar ist. Das Bot-Programm O „versteht“ AIML mittels Pattern Matching. Program O ist ein AIML Interpreter, der in PHP programmiert ist und zur Speicherung der Wissensbasis (vorüberlegte Frage in verschiedenen Varianten, auch mit wild characters, mit der möglichen Antwort darauf)

eine MySQL-Datenbank verwendet.

Im Folgenden sieht man einen Auszug aus einem Dialog über Logik:

„Bot: Hallo herzlich willkommen! Du kannst dich mit mir unterhalten, indem du das Eingabefeld nutzt!

Student: Kannst du mir sagen, was eine Implikation ist?

Bot: Bei der Implikation....

Student: Hast du auch ein Beispiel dazu parat?

Bot: Nehmen wir z.B.....

Student: Was ist dann aber eigentlich der Unterschied zwischen Implikation und Äquivalenz?

Bot: Der Unterschied....

Student: Ok, danke!

Bot: Kein Thema.:)

Student: Tschüss!

Bot: Bis später.“

Dieser Bot wird jetzt durch den Einbau einer Ontologie (Begriffsnetze mit Ober- Unterbeziehung, Synonymbeziehung usw.) intelligent gemacht.

### 8. Entlastung der Dozenten bei der Korrekturarbeit durch automatisch ausgewertete Kompetenztests

In der Abbildung 6 sieht man eine Testfrage durch Auswahlboxen und in Abbildung 7 sieht man einen Auszug der Ergebnisse der von Moodle automatisch ausgewerteten Klausuren. Seit 4 Jahren werden so an der TH Deggendorf nicht curriculare Mathematikklausuren abgewickelt.

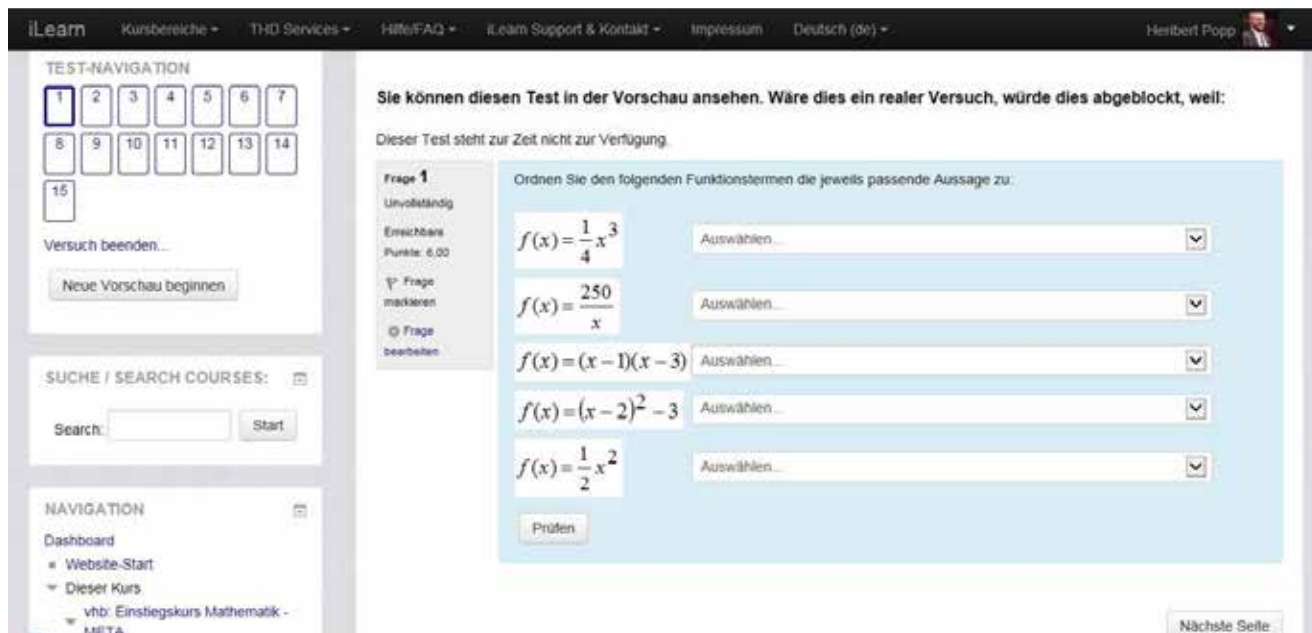


Abbildung 6: Moodle E -Assessment Beispiel



Vorname	E-Mail-Adresse	Status	am	Beendet	Zeit	Bewertung/90,00	/6,00	/6,00	/6,00	/6,00	/6,00	/6,00
<input type="checkbox"/>	Versuch erneut ansehen	Beendet	8. Dezember 2016 17:30	8. Dezember 2016 18:20	50 Minuten 5 Sekunden	71,80	✓ 6,00	✓ 6,00	✓ 3,00	✗ 0,00	✓ 6,00	✓ 6,00
<input type="checkbox"/>	Versuch erneut ansehen	Beendet	8. Dezember 2016 17:30	8. Dezember 2016 19:00	1 Stunde 29 Minuten	50,10	✓ 6,00	✓ 6,00	✓ 6,00	✓ 6,00	✓ 6,00	✓ 3,00
<input type="checkbox"/>	Versuch erneut ansehen	Beendet	8. Dezember 2016 17:30	8. Dezember 2016 18:41	1 Stunde 11 Minuten	50,50	✗ 0,00	✓ 6,00	✓ 3,00	✓ 2,00	✓ 5,00	✓ 3,00
<input type="checkbox"/>	Versuch erneut ansehen	Beendet	8. Dezember 2016 17:30	8. Dezember 2016 18:42	1 Stunde 11 Minuten	50,10	✓ 3,00	✓ 6,00	✓ 4,50	✓ 4,00	✓ 6,00	✓ 4,00
<input type="checkbox"/>	Versuch erneut ansehen	Beendet	8. Dezember 2016 17:30	8. Dezember 2016 18:48	1 Stunde 17 Minuten	77,50	✓ 6,00	✓ 6,00	✓ 4,50	✓ 6,00	✓ 6,00	✓ 4,00

Abbildung 7: Moodle Testauswertung

## Ergebnisse

Lehre 4.0 entlastet die Lehrenden (siehe E-Assessment, oder Fragen beantwortende Chatbots) und individualisiert zielorientiert den elektronischen Lernprozess, damit die Dropout-Rate sinkt. Da empirische Untersuchungen einen Notenvorteil bei Blended Learning gegenüber der reinen virtuellen Lehre ergeben haben, sollen in Lehre 4.0 virtuelle

Kurse immer noch in Form von Blended Learning einen sehr interaktiven Präsenzteil einschließen. Durch Lehre 4.0 will man die Nichtvorbereitungsquote senken, die zurzeit bei 16-30% liegt. Durch Lehre 4.0 sollen die Studierenden jederzeit zur Motivation eine gute Notenprognose erhalten, die beim Einsatz aktueller Techniken noch einen Fehler von 23-35% hat (siehe Tabelle 3).

Ergebnisse der Prognosen Okt-Dez	Prognose richtig	Prognose falsch
Deggendorf BWL (120 TN) (BL)	65,3%	34,7%
Deggendorf WI (60 TN) (BL)	74,5%	25,5%
Amberg-Weiden BWL (120 TN)	70,2%	29,8%
Rosenheim BWL (25 TN)	77,0%	23,0%

Tabelle 3: Ergebnisse Bestehensprognose WS 2015/16

## Literatur

[1] Liggesmeyer, Peter (2014): Die Vorstandsperspektive: Industrie 4.0. In: Informatik-Spektrum 37 (4), S. 284–285.

[2] Skinner, Burrhus Frederic (1958): Teaching Machines. In: Science (New Series) 128 (3330 (Oct 24 1858)), S. 969–977.

[3] Crowder, Norman Allison (1960): Automatic Tutoring by Intrinsic Programming. In: Arthur Allen Lumsdaine und Robert Glaser (Hg.): Teaching Machines and Programmed Learning: a source book. Washington, D.C.: National Education Association, S. 286–298.

[4] Heinrichs, Heribert (Hg.) (1971): Lexikon der audio-visuellen Bildungsmittel. München: Kösel.

[5] Thomas, Christina (2006): Überblick zur historischen Entwicklung von computerunterstützten Lehr- und Lernsystemen. Bakkalaureatsarbeit im Studiengang Medieninformatik. Technische Universität Dresden. Fakultät Informatik (AG Didaktik/Lehrerbildung und Institut Software- und Multimedia-technik). Online verfügbar unter <https://tu-dresden.de/gsw/ew/ibbd/bt/ressourcen/dateien/lehre/ba.pdf?lang=de>.

[6] Hennevogl, Wolfgang; Popp, Heribert; Renninger, Wolfgang (1999): Neue Lehrformen in der SAP-Ausbildung. In: Herbert Kopp und Werner Michl (Hg.): Meile - Neue Medien in der Lehre: Lernsystem-Entwicklung an Fachhochschulen - Erfahrungen

gen und Ergebnisse. Neuwied: Hermann Luchterhand Verlag, S. 62–69.

[7] Popp, Heribert (1999): Erfahrungen beim Einsatz von Internet, Fernsehen und CBT in der Betriebswirtschaft. In: Herbert Kopp und Werner Michl (Hg.): MeiLe - Neue Medien in der Lehre: Lernsystem-Entwicklung an Fachhochschulen - Erfahrungen und Ergebnisse. Neuwied: Hermann Luchterhand Verlag, S. 168–178.

[8] Popp, Heribert (2006): E-Learning-System bedient die verschiedenen Lernertypen eines betriebswirtschaftlichen Fachbereichs: Didaktik, Realisierungstechnik und Evaluation. In: Eva Seiler Schiedt, Siglinde Kälin und Christian Sengstags (Hg.): E-Learning - alltagstaugliche Innovation? Münster, New York, München, Berlin: Waxmann (Medien in der Wissenschaft, Bd. 38), S. 141–151.

[9] Mijic, Mario; Reitmaier, Martina; Popp, Heribert (2009): Kooperatives Lernen in 3-D-Welten in Kopplung mit einem LMS. In: Nicolas Apostolopoulos, Harriet Hoffmann, Veronika Mansmann und Andreas Schwill (Hg.): E-Learning 2009. Lernen im digitalen Zeitalter. Münster, New York, München, Berlin: Waxmann (Medien in der Wissenschaft, Bd. 51), S. 291–301.

[10] Popp, Heribert; Ciolacu, Monica (2015): Technische Hochschule Deggendorf – Projekt: V-, W- und A-MINT-Coach. In: Bayerisches Staatsminis-

terium für Bildung und Kultus, Wissenschaft und Kunst (Hg.): Erfolgreicher MINT-Abschluss an bayerischen Hochschulen. Bilanz der Hochschulprojekte, S. 72–81. Online verfügbar unter [https://www.km.bayern.de/download/13359\\_stmbw\\_abschlussbericht\\_best\\_mint.pdf](https://www.km.bayern.de/download/13359_stmbw_abschlussbericht_best_mint.pdf).

[11] Ciolacu, Monica; Beer, R. (2016): Adaptive User Interface for Higher Education Based on Web Technology. Research and Innovation in Industry 4.0. In: Proceedings of IEEE 22nd International Symposium for Design and Technology in Electronic Packaging (SIITME) 2016 (Oradea, Romania, October 20-23 2016), S. 300–303.

[12] Popp, Heribert; Beer, Rick (2014): Evaluation virtueller Mathematik-Kurse. Lernszenarienvergleich und Learning Analytics. In: Jutta Pauschenwein (Hg.): Evaluierung offener Lernszenarien. Tagungsband zum 13. E-Learning-Tag der FH Joanneum am 17.9.2014. Graz: FH Joanneum, S. 98–108.

## Projekträger

Bayerisches Staatsministerium für  
Bildung und Kultus, Wissenschaft und Kunst



BAYERN DIGITAL



### Monica Ciolacu (Dipl.-Ing.)

Technische Hochschule Deggendorf  
Fakultät Angewandte Wirtschaftswissenschaften  
(School of Management)  
Dieter-Görlitz-Platz 1  
94469 Deggendorf

Tel.: +49 (0)991 3615-111  
E-Mail: [monica.ciolacu@th-deg.de](mailto:monica.ciolacu@th-deg.de)



### Prof. Dr. Dr. Heribert Popp

Technische Hochschule Deggendorf  
Fakultät Angewandte Wirtschaftswissenschaften  
(School of Management)  
Dieter-Görlitz-Platz 1  
94469 Deggendorf

Tel.: +49 (0)991 3615-110  
E-Mail: [heribert.popp@th-deg.de](mailto:heribert.popp@th-deg.de)





## ▶ MEHRWERT DURCH 3D-SCANS?

### **Eine vergleichende Studie zweier Köpfe von originalen und nachgegossenen Bronzeplastiken des Augsburger Augustusbrunnens**

Benedikt Krieger (M.Eng.), Prof. Joerg Maxzin

#### **Abstract**

In einer Reihe von Experimenten im 3D-Labor der Technischen Hochschule Deggendorf, die im Kern im Rahmen einer Masterarbeit stattfanden, wurde modernste 3D-Scantechnologie genutzt, um die Köpfe der männlichen Brunnenfiguren des Augsburger Augustusbrunnens zu digitalisieren. Da es sich am Brunnen in Augsburg heute um Nachgüsse handelt, wurden auch die Originalfiguren gescannt, die sich zurzeit im Landesamt für Denkmalpflege in München befinden. Die Ergebnisse der 3D-Scans waren nicht nur ein erster Schritt zur digitalen Archivierung der beeindruckenden bildhauerischen Arbeit Hubert Gerhards, sondern dienten zugleich als Grundlage zur Erstellung eines Vergleichs zwischen den Originalen und den Kopien. Dabei entstanden in der Studie im 3D-Druck und im Bronzeguss auch einige plastische Modelle.

*In a series of experiments in the 3D lab at Deggendorf Institute of Technology, which were performed within the framework of a master thesis, the latest 3D scanning technology was used to digitize the heads of the male figures of the Augsburg Augustus fountain. Since the sculptures at the fountain in Augsburg are now re-casts, the original figures, which currently are in the Bavarian State Office for the Preservation of Monuments in Munich, were also scanned. The results of the 3D scans not only were a first step towards the digital archiving of the impressive sculptural work of Hubert Gerhard, but also served as the basis for comparing the originals with the copies. The study also produced some models using 3D printing and bronze casting.*

#### **Der Augustusbrunnen**

Der prachtvolle Brunnen am Rathausplatz in Augsburg wurde in den Jahren 1588 bis 1594 nach den Modellen des niederländischen Bildhauers Hubert Gerhard erstellt. Neben der Augustus-Figur, welche sich auf einem Sockel in der Mitte der Anlage befindet, ist das Bauwerk an seinen vier äußeren Ecken mit weiteren Plastiken geschmückt. Diese Gottheiten repräsentieren die Flüsse Augsburgs und somit die Lage der Stadt (Abb. 1).

In den Jahrhunderten seit sie erschaffen wurden, waren die Bronzen dauerhaft den Witterungsbedingungen ausgesetzt und mussten so immer wieder restauriert werden, damit die widrigen Umwelteinflüsse sie nicht zerstörten. Um die Figuren zu schützen, hat man sie mittlerweile endgültig durch Nachgüsse ersetzt (Abb. 2).



Abbildung 1: Original des Lechs im Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege in München.



Abbildung 2: Nachguss des Lechs am Augustusbrunnen in Augsburg.

### Der 3D-Scan

Die Digitalisierung der Figuren erfolgte mit dem Artec® Spider® 3D-Scanner des 3D-Labors, welcher eine sehr genaue Abtastung der Geometrie ermöglicht. Durch die vielen feinen Verzierungen und Hinterschneidungen war es allerdings an einigen Stellen schwierig, die Oberflächenstruktur lückenlos zu erfassen. Beim Scantermin in Augsburg, an dem die Arbeit im Freien stattfand, waren zudem die Witterungsbedingungen eine große Herausforderung. Zwar war das Wetter stabil, jedoch brachten die kühlen Temperaturen und wechselnde Lichtverhältnisse das technische Equipment an seine Leistungsgrenze. Der Scan der Originalfiguren hingegen fand in den Werkstätten des Landesamtes für Denkmalpflege in München statt, wo die Witterung keine Rolle spielte. Jede Figur war hier auf einem eigenen fahrbaren Holzpodest aufgestellt, was zudem – anders als am Brunnen – eine uneingeschränkte Erreichbarkeit der Figurenköpfe ermöglichte.

### Auswertung und Nachbearbeitung für perfekte Digitalisate

Die gewonnenen Daten der Scans mussten im Anschluss in der zum Scanner gehörenden Software weiterverarbeitet werden. Nach der Digitalisierung bestanden die Scanprojekte der Figuren aus einzelnen Teilbereichen, welche noch durch eine raue Struktur und störende Artefakte geprägt waren. In mehreren, sehr zeitaufwendigen Arbeitsschritten wurden die Einzelscans schließlich den Anforderungen entsprechend nachgearbeitet, um diese anschließend aufeinander ausrichten zu können. Sobald die Einzelteile zu einem fertigen 3D-Modell fusioniert waren, ließ sich auch die vom Scanner zusätzlich aufgenommene Texturinformation auf die Oberfläche der Figuren projizieren. So entstanden originalgetreue virtuelle Abformungen der Flusgötter.

Mit weiteren 3D-Bearbeitungsprogrammen konnten im Anschluss unvollständig gescannte Partien gefüllt und nachgeformt werden. Als Vorlage dafür dienten zahlreiche Fotos, welche neben den Scanarbeiten in Augsburg und München aufgenommen wurden. Auch die in diesen Bereichen fehlende Textur wurde dabei ergänzt.

### Der Soll-Ist-Vergleich

Um darzustellen, in welchem Ausmaß der Nachguss von der Originalfigur abweicht, sollte ein Modell erstellt werden, das die Abweichung farblich codiert anzeigt. Hierfür wurde ein relevanter Bereich beider Versionen der Gesichter definiert und vom restlichen Kopf herausgeschnitten. Die dabei entstandenen Gesichtsschalen von Original- und Nachgussmodell wurden schließlich übereinandergelegt, um so in einer speziellen Software den Abweichungsgrad berechnen und darstellen lassen zu können (Abb. 3).

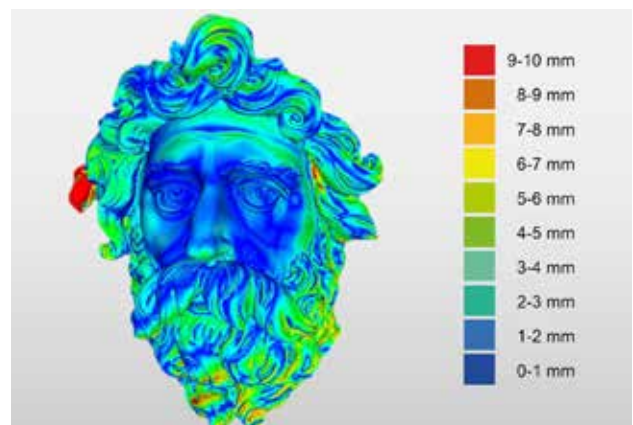


Abbildung 3: Soll-Ist-Vergleich von Original und Nachguss in der Software MeshLab®.

Die Herausforderung bestand darin, diese Farbdarstellung in eine verarbeitbare Texturinformation umzuwandeln, sodass ein druckbares Soll-Ist-Modell erzeugt werden konnte. Nach einigen Tests und unterschiedlichen Herangehensweisen konnte das Vorhaben schließlich verwirklicht und ein originalgetreues Abbild mit der farbigen Abweichungsdarstellung im 3D-Drucker hergestellt werden (Abb. 4).



Abbildung 4: Farbiger 3D-Druck der verglichenen Brunnbach-Masken im Originalmaßstab.

### Ein innovativer Bronzeguss

Nachdem das letzte gesetzte Ziel der Studie mit dem farbigen 3D-Druck erreicht war, begann im 3D-Labor ein weiteres Experiment. Es stand die Frage im Raum, ob sich von den digitalisierten Masken der Brunnenfiguren durch den Einsatz von additiven Fertigungstechniken Bronzegüsse herstellen ließen. Das virtuelle Brunnbach-Gesicht wurde zu diesem Zweck auf fünfzig Prozent seiner ursprünglichen Größe herunterskaliert. In Kooperation mit der auf 3D-Drucktechnologien spezialisierten Firma Materialise® in Belgien konnte das Modell im neu entwickelten Tetrashell®-Verfahren aus einem ausbrennbaren Stereolithographie-Harz aufgebaut werden. Das so erzeugte verkleinerte Positiv wurde von der Kunstgießerei Strassacker in Süßen – die auch bereits die heute am Augustusbrunnen aufgestellten Nachgüsse gefertigt hatte – im Ausschmelzverfahren erfolgreich in Bronze gegossen. Damit konnte ein alternativer Weg zur traditionellen Abformung aufgezeigt werden, um Kopien von plastischen Kulturdenkmälern herzustellen.

### Fazit

Als deutlicher Mehrwert stand am Ende der vergleichenden Studie fest, dass der 3D-Scan im Gegensatz zu herkömmlichen Abformungsverfahren absolut berührungsfrei stattfinden kann und somit ohne jegliche Einwirkung auf die vermessenen Kulturgüter verläuft. Darüber hinaus lassen sich aus den 3D-Daten genaue und originalgetreue Gussformen erstellen. Die heutigen 3D-Drucktechnologien bieten hierfür zahlreiche Optionen, auch in sehr großen Dimensionen und mit geringem Nachbearbeitungsbedarf. Möchte man dabei den beim Gussprozess entstehenden Materialschwund vermeiden, kann der jeweilige Faktor im Vorfeld mit einberechnet und das 3D-Modell entsprechend vergrößert werden, was bisher nie möglich war.

3D-Geometrie ist zudem nahezu uneingeschränkt bearbeitbar. Nicht selten sind sehr alte, wertvolle Kulturgüter von Zerstörung durch Alterung des Materials, Witterung oder auch Kriege beeinträchtigt. Sind noch Quellen vorhanden, die darüber Auskunft geben, wie ein Objekt im ursprünglichen Zustand ausgesehen hat, können fehlende Bereiche rekonstruiert und mit Scanergebnissen auf vielfältige Weise kombiniert werden.

Ob mit Originaltextur oder mit neuen Materialien belegt, lässt sich ein 3D-Modell für eine Vielzahl unterschiedlicher Visualisierungszwecke verwenden (Abb. 5).



Abbildung 5: 3D-Rendering des texturierten Lech-Modells.



Der Anwendbarkeit sind in diesem Bereich keine Grenzen gesetzt, sei es zur Simulation und Darstellung von wissenschaftlichen Vorgängen oder zur Einbindung in geschichtliche Dokumentationen.

## Kooperationspartner

Stadt Augsburg, Hochbauamt

Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege,  
Metallrestaurierung

Materialise GmbH

Kunstgießerei Ernst Strassacker GmbH & Co. KG



### Prof. Joerg Maxzin

Technische Hochschule Deggendorf  
Leiter des 3D-Labors  
Fakultät Elektrotechnik, Medientechnik  
und Informatik  
Dieter-Görlitz-Platz 1  
94469 Deggendorf

Tel.: +49 (0)991 3615-382  
E-Mail: joerg.maxzin@th-deg.de



### Benedikt Krieger (M.Eng.)

Bayerwaldstr. 7  
Saulburg  
94344 Wiesenfelden

Tel.: +49 (0)9428 6929  
E-Mail: info@b-k-fotografie.de



## ▶ DIE DIGITALISIERTE FLUCHT NACH ÄGYPTEN

### Studie zum romanischen Steintympanon im Stadtmuseum Deggendorf

Daniela Heuberger (B.Eng.), Prof. Joerg Maxzin

#### Abstract

Das Giebelfeld aus einem Vorgängerbau der Stadtpfarrkirche Mariä Himmelfahrt zählt zu den bedeutsamsten Kunststücken der Deggendorfer Stadtgeschichte. Ursprünglich thronte das einzigartige steinerne Tympanon aus dem 13. Jahrhundert im Spitzbogenfeld des Westportals der Kirche. In seiner bewegten Geschichte verlor es durch den Ausbau der Kirche diesen Platz und büßte darüber hinaus viel von seiner Form und seinen Details ein. Vor allem der Verlust des Kopfes der Josefs-Figur und der Arme der Maria und des Christusknaben haben das Werk entstellt. In Kooperation mit dem Stadtmuseum Deggendorf begann im März 2016 im 3D-Labor der Technischen Hochschule Deggendorf unter Leitung von Prof. Joerg Maxzin die Digitalisierung und Rekonstruktion des Steinreliefs. Den Auftakt dazu bildete die Bachelorarbeit von Daniela Heuberger, in der die wesentlichen Grundlagen erarbeitet wurden. Im Anschluss setzte das Labor die Studien fort und entwickelte virtuelle Ergänzungen des monumentalen Steinbildnisses und des dazugehörigen Portals.

*The tympanum from a predecessor building of the Deggendorf's parish church of Mariä Himmelfahrt is one of the most important pieces of art in the town's history. Originally, the unique 13th century stone tympanum was located in the pointed arch of the church's western portal. In its turbulent history, it got displaced when the church building was expanded, losing much of its form and details. Above all, the work was disfigured by the loss of the head of the figure of Josef and of Mary's and the Christ Child's arms. Under the direction of Prof. Joerg Maxzin and in cooperation with the Stadtmuseum Deggendorf, the digitalization and reconstruction of the stone relief was started in the 3D lab of Deggendorf Institute of Technology in March 2016. Activities began with Daniela Heuberger's bachelor thesis, in which the basic principles were elaborated. The lab continued the studies and developed virtual additions to the monumental stone tympanum and its surrounding portal.*

#### Zur Ikonographie

Das Tympanon von 1,88 Meter Breite, bestehend aus zwei horizontal übereinanderstehenden Kalksteinblöcken, trägt auf seiner Vorderseite ein Relief. Dargestellt ist die Flucht von Maria, Josef und dem Jesuskind aus Ägypten. Die Gottesmutter thront mit dem Christus-Knaben auf ihrem Schoß auf einem Esel, der von Josef geführt wird. Unter ihr kniet ein Knecht, der ihre Füße stützt. Es gibt für diese Darstellung aus romanischer Zeit keine überlieferten Quellen. Nach heutigem Kenntnisstand ist das Bildnis in dieser Form einzigartig und macht das Giebelfeld kunsthistorisch zu einem besonderen Kleinod. Seit 2002 steht der Stein im Stadtmuseum Deggendorf, aufgebaut in zwei Meter Höhe auf einem Stahlkonstrukt, das ein Kirchenportal andeuten soll (Abb. 1).



Abbildung 1: Das Tympanon in der Ausstellung im Stadtmuseum Deggendorf.

#### Die Digitalisierung

Um eine dreidimensionale virtuelle Kopie zu erhalten, galt es im ersten Schritt, das Tympanon vor Ort im Stadtmuseum möglichst vollständig mit dem handgeführten Artec® Eva® 3D-Scanner des 3D-Labors zu digitalisieren. Die Scanarbeit mit der mobilen Ausrüstung begann auf einem Baugerüst, das dafür vor dem Steinblock aufgebaut wurde

(Abb. 2). Stück für Stück wurde das Giebelfeld in mehreren Teilabschnitten eingescannt, denn wegen der Größe des Objekts war ein kompletter Scandurchgang nicht durchführbar. Die Führung des Handscanners musste im Hinblick auf Schnelligkeit und Abstand jedem Teilstück angepasst werden. Bei Hinterschnitten wurde besonders langsam und in verschiedenen Winkeln gescannt, damit möglichst viele Informationen der Objektoberfläche erfasst wurden. Unter- und Überschneidungen durch die Figuren und das Rundbogenfries mussten mit großer Sorgfalt eingescannt werden, um eine lückenlose virtuelle Kopie zu erhalten. Eine Herausforderung bildeten nicht nur die Abmessungen, auch das Stahlgerüst, auf dem das Tympanon aufgebaut und befestigt ist, erschwerte die Arbeit. Die Unter- und Rückseite des Steins wurden teilweise von Stahlträgern verdeckt. Somit war es nicht möglich, die darunterliegende Oberfläche einzuscannen, da der 3D-Scanner nur das, was im sichtbaren Bereich lag, erfassen konnte. Die dadurch entstandenen Löcher wurden in der späteren Bearbeitung in Anlehnung an die umgebenden Flächen per 3D-Modellierung geschlossen. Die Vermessungskampagne im Stadtmuseum, bei der das komplette Giebelfeld eingescannt wurde, war innerhalb einer Woche abgeschlossen.



Abbildung 2: Der Scanvorgang mit dem handgeführten Artec® Eva® 3D-Scanner.

## Die Datenaufbereitung

Die am Tympanon gewonnenen Daten mussten anschließend im 3D-Labor aufwendig ausgewertet und bearbeitet werden. Insgesamt umfasste das Datenvolumen der gesamten Scans ganze 42 Gigabyte. Wegen der großen Menge an Daten wurden sie zunächst in drei Projekte – die Vorder-, Rück- und Unterseite – aufgeteilt, die im weiteren Verlauf aber wieder zusammengeführt werden konnten. Anfänglich bestanden diese Scans aus Punktwolken, in denen die Objektinformationen als einzelne Messwerte im Raum erfasst waren (Abb. 3). Sobald diese bereinigt und aufbereitet waren, konnten für

die drei Teile des Tympanons separate 3D-Geometrien erstellt und in der weiteren Verarbeitung schließlich zu einem Objekt verbunden werden. Die Löcher, die durch die Stahlträger entstanden waren, konnten in der Software Geomagic® Studio® mit vorhandenen Teilstücken aufgefüllt werden, die aus einer Kopie des virtualisierten Giebelfelds ausgeschnitten wurden. Die Schnittstellen wurden in dem 3D-Programm Pixologic® ZBrush® überblendet und mit der entsprechenden Steinstruktur versehen. Am Ende des Prozesses stand ein vollständiges und nahtloses 3D-Objekt, eine digitale Kopie des originalen Tympanons aus dem Stadtmuseum Deggendorf.

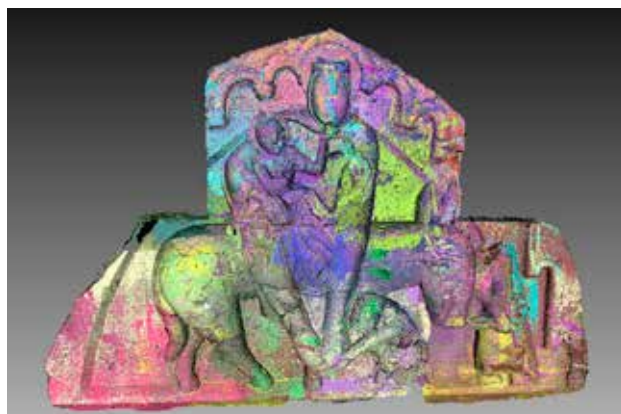


Abbildung 3: Die Punktwolke aus allen Teilschans des digitalisierten Steinbildnisses.

## Die Rekonstruktion des Steinvolumens

Nachdem das Tympanon in vielen und langwierigen Arbeitsprozessen seinen, dem originalen Zustand entsprechenden Zustand in digitaler Form erreicht hatte, war der wissenschaftliche Teil des Projekts abgeschlossen und es ging weiter mit der kreativen Arbeit, der Rekonstruktion. Im Austausch mit Archäologen und Kunsthistorikern wurde zunächst ein Konzept für eine Annäherung an den ursprünglichen Zustand des Giebelfelds erarbeitet. Als Erstes sollte das verloren gegangene Volumen des Steins ergänzt werden. Hierfür wurden im virtuellen Raum aus einer Kopie des Objekts Teilstücke der Seitenkanten ausgeschnitten und solange neu angeordnet, bis sich die erwünschte Erweiterung des Tympanons ergab. Mit duplizierten Elementen des Rundbogenfrieses wurde die neu generierte Form schließlich ausgefüllt. Wichtig war es hierbei, die Rundbögen passend weiterzuführen, damit die Anschlussstellen zueinanderpassten und ein relativ gleichmäßiges Bogenfeld entstand. Danach ging es an die digitale Retusche. In Geomagic® Studio® wurden die Teilkopien an das originale Giebelfeld angefügt, in Pixologic® ZBrush® wurden ihre Schnittstellen geglättet und die Oberflächenstruktur des Steins nachempfunden.



## Die Ergänzung der Figuren

Nach der Fertigstellung des Volumens konnte es an den schwierigeren Teil der Rekonstruktion gehen: die figürlichen Elemente. Die nur noch diffus zu erkennenden Gesichtsausdrücke von Maria, dem Jesuskind und dem knienden Knecht sollten als erstes wiederbelebt werden. Um die von Beschädigungen stark verunklärten Gesichter wieder zu rekonstruieren, wurden im 3D-Programm immer wieder neue Variationen von Ergänzungen durchgespielt. Die noch vorhandenen Gesichtszüge wurden dazu zuerst verstärkt, um darauf aufbauend die Gestaltung der Gesichter wieder zum Vorschein zu bringen. Dabei wurde versucht, im Stil romanischer Kunst und getreu der Handschrift des Steinbildhauers zu arbeiten. Die jeweils plausibelsten Lösungen der verschiedenen Rekonstruktionsversuche wurden schließlich realisiert und ausgearbeitet. Auf diese Weise erhielten drei von vier Figuren des Tympanons ihr Antlitz zurück, zumindest in einer plausiblen Anmutung.

Der nächste Schritt umfasste die Rekonstruktion der verloren gegangenen Hände. Diese Elemente waren ursprünglich separat gearbeitet und mit Dübeln an den Steinblock angefügt worden. Marias linke Hand und die Rechte des Jesuskindes waren nicht mehr vorhanden und wegen fehlender Quellen existierten keine gesicherten Erkenntnisse, wie die Handgesten anfänglich gestaltet waren. Als Referenz und Orientierung dienten daher Abbildungen ähnlicher Figuren aus der Buchmalerei jener Zeit oder andere romanische Steinkunstwerke aus der Region, etwa aus Kloster Windberg. Dabei galt es, neben der anatomischen Plausibilität insbesondere auch die religiöse Bedeutung der Gesten zu beachten. In der Software Autodesk® 3ds Max® wurden die fehlenden Teilstücke zunächst in geringer Auflösung als sogenannte „Low-Poly-Modelle“ erstellt und mittels eines innenliegenden virtuellen Knochensystems in verschiedene Haltungen gebracht. Die noch vorhandenen Oberarme am Tympanon gaben dabei die Richtung der Unterarme vor und so konnten die möglichen Posen auf einige wenige eingeschränkt werden. Als plausibelste Darstellung wurde schließlich eine Variante umgesetzt, bei der Maria eine Weltkugel in der Hand hält. Dazu erhielt die Gottesmutter eine entsprechende präsentierende Armhaltung. Der neue Arm des Jesuskindes deutet in einer sanften Geste auf die Kugel. Als alle Gebärden überzeugend gestaltet waren, wurden die Modelle in höherer Auflösung ausgearbeitet, an das Tympanon angepasst und endgültig angefügt.

Den spekulativsten Teil der Arbeit und gleichzeitig die größte Herausforderung bildete die Nachbildung des freistehenden Kopfes des Josef, der vollständig verloren gegangen war. Weder die Haltung, die Blickrichtung, noch die Gestaltung waren be-

kannt. Die Ergänzung sollte sich harmonisch in das Gesamtbild einfügen und helfen, dem Tympanon seinen ursprünglichen Rhythmus aus Formen zurückzugeben. Nach diversen Studien fiel die Entscheidung für eine Darstellung mit einem Bart. Wichtig war es dabei, die eigenwillige gedrungene Körperhaltung der Figuren auch beim Josef nachzuvollziehen. Konkret hieß das, einen Kopf mit möglichst neutralem Blick zu gestalten, der auf einem sehr kurzen, breiten und massiven Hals aufsaß. Als Referenz diente vor allem der Knecht zu Marias Füßen, mit seinem charakteristischen mondartig-runden Gesicht. Wie schon bei der Ergänzung der Arme wurde für den Kopf in Autodesk® 3ds Max® zunächst ein Grundkörper angelegt. Viele Varianten wurden modelliert und wieder verworfen bis eine überzeugende Lösung gefunden war und der rekonstruierte Josefs-Kopf an das Tympanon-Modell angefügt werden konnte.

## Das Portal

Mit einer Visualisierung des Portals des romanischen Vorgängerbaus der Stadtpfarrkirche wurde das Projekt abgeschlossen. Das rekonstruierte Tympanon sollte auf seinen ursprünglichen Kontext im ehemaligen Bauwerk bezogen werden, um eine Vorstellung des architektonischen Zusammenhangs zu geben. Als Vorlage für diese Darstellung dienten Fotos der im Jahr 1982 in der heutigen Kirche Mariä Himmelfahrt erfolgten archäologischen Ausgrabungen, bei denen Mauerreste der einstigen romanischen Anlage gefunden wurden. Der freigelegte Grundriss ließ es zu, Rückschlüsse auf die Größe und den Aufbau des Kirchenportals zu ziehen. Eine zweidimensionale Zeichnung – angefertigt vom damaligen Kreisarchäologen der Stadt Deggendorf – gab bereits einen ersten Eindruck. Diese Skizze sollte räumlich aufbereitet und mit dem virtuell ergänzten Tympanon kombiniert werden. Die Toranlage wurde dazu in der 3D-Software Autodesk® 3ds Max® aus Grundkörpern aufgebaut, die mit Hilfe des Grundrisses der Kirche zu einem kompletten Kircheneingang zusammengefügt werden konnten. Die bei den Ausgrabungen gefundenen Säulenbasen lieferten dabei eine wichtige Referenz für die Gestaltung. So entstand ein einfaches 3D-Modell eines viersäuligen Portals, in dessen spitzbogigem Zentrum das ergänzte Giebelfeld thront. Abschließend wurden im 3D-Programm eine virtuelle Kameraperspektive festgelegt und die gewünschte schematische 3D-Simulation errechnet (Abb. 4).

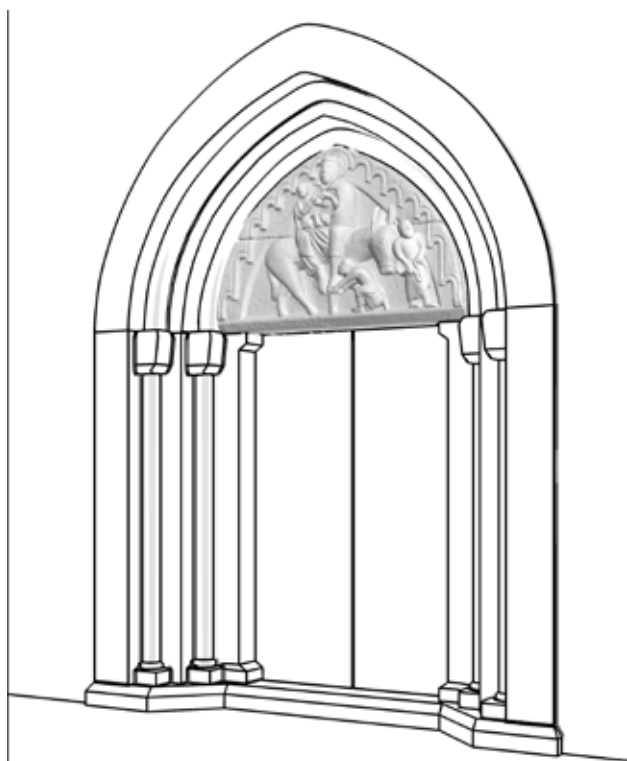


Abbildung 4: Eine 3D-Simulation der Portalsimulation mit dem ergänzten Giebelfeld.

## Fazit

Schritt für Schritt wurde versucht, sich einer möglichen ursprünglichen Darstellung des Tympanons anzunähern. Die im 3D-Labor entstandene Gestaltung kann aufgrund fehlender Quellen nicht den Anspruch erheben, den einstigen Formen tatsächlich zu entsprechen. Aber sie liefert eine plausible und anschauliche Anmutung, durch die der Betrachter eine Vorstellung davon erhält, wie es einst hätte sein können. Die aktuellen 3D-Techniken machten es nicht nur möglich, eine Anmutung von längst Vergangenen zu geben, sondern auch den aktuellen Erhaltungszustand des Tympanons virtuell zu bewahren. In Form des Digitalisats ist es nun langfristig für die Nachwelt archiviert. Darüber hinaus

erschließen die beiden entstandenen 3D-Modelle des Giebelfelds im heutigen Zustand (Abb. 5) und in der Variante mit den rekonstruierten Ergänzungen (Abb. 6) eine große Bandbreite museumsdidaktischer Anwendungen. So sind neben filmisch aufbereiteten Animationen auch im 3D-Drucker hergestellte plastische Anschauungsmodelle denkbar, die die Ausstellung im Museum bereichern könnten. Blickt man in die Zukunft, so erscheint sogar die Rekonstruktion der gesamten romanischen Kirchenanlage als ein reizvolles Folgeprojekt.



Abbildung 5: Das 3D-Modell des Tympanons im heutigen Zustand.



Abbildung 6: Das 3D-Modell mit allen rekonstruierten Ergänzungen.

## Kooperationspartner

Stadt Deggendorf, Stadtmuseum



**Prof. Joerg Maxzin**

Technische Hochschule Deggendorf  
Leiter des 3D-Labors  
Fakultät Elektrotechnik, Medientechnik  
und Informatik  
Dieter-Görlitz-Platz 1  
94469 Deggendorf

Tel.: +49 (0)991 3615-382  
E-Mail: joerg.maxzin@th-deg.de

**Daniela Heuberger (B.Eng.)**

Technische Hochschule Deggendorf  
Dieter-Görlitz-Platz 2  
94469 Deggendorf

E-Mail: daniela.heuberger@stud.th-deg.de

## ▶ DIGITALISIERUNG VON PARTIZIPATIONSPROZESSEN – PUBinPLAN

Prof. Dr. Roland Zink, Stefan Küspert\* (Geogr.), Anna Marquardt (M.A.), Sebastian Schröck (B.Eng.)

### Abstract

Eine wirksame Bürgerbeteiligung gilt heute als wesentlicher Baustein um gesellschaftliche Friktionen bei der Raum- und Regionalplanung und insbesondere bei infrastrukturellen Großprojekten zu vermeiden. Die Form der Partizipation ist jedoch oftmals umstritten und unterliegt aufgrund der Digitalisierung von Kommunikationsweisen aktuell einem starken Wandel. PUBinPLAN greift diese gesellschaftliche und wirtschaftliche Relevanz auf und erforscht und entwickelt eine digitale Anwendung, damit Planungsprozesse transparenter und interaktiver werden. Um diesem Anspruch gerecht zu werden, kombiniert PUBinPLAN Methoden des Public Participation GIS mit Crowdsourcing und Augmented Reality. Umgesetzt als Browserlösung (HTML5, CSS, JavaScript) entsteht eine sowohl für den Desktop- als auch für den mobilen Einsatz geeignete Anwendung. Erste Ergebnisse zeigen, dass durch PUBinPLAN das Interesse bei Bürger/-innen und speziell bei Jugendlichen geweckt werden kann, sich an räumlichen Planungsprozessen aktiv zu beteiligen.

*An effective participation of citizens is regarded as an essential aspect for avoiding social friction in spatial and regional planning and, in particular, in major infrastructural projects. However, the form of participation is often controversial and is currently undergoing a significant change due to the digitization of communication. PUBinPLAN takes this social and economic relevance as an occasion for researching and developing a digital application so that planning processes become more transparent and interactive. To meet this challenge, PUBinPLAN combines the methods of Public Participation GIS, Crowdsourcing and Augmented Reality. As a browser solution (HTML5, CSS, JavaScript), an application is created for both desktop and mobile use. First results show that PUBinPLAN can increase the interest of citizens, especially of young people, to participate in spatial planning processes.*

### Einleitung

Gesellschaftliche Konflikte bei zahlreichen infrastrukturellen Großprojekten der vergangenen Jahre zeigen, dass die Beteiligung von Bürgern/innen an regionalen Planungsprozessen zu einer zentralen Herausforderung geworden ist. Bürger/-innen wollen an der Gestaltung ihres Lebensumfeldes mitwirken und ihre Anliegen artikulieren. Durch die Digitalisierung unserer Gesellschaft finden derartige Diskussionen oftmals in sozialen Netzwerken oder Online-Foren statt und drücken sich durch die steigende Zahl an Online-Petitionen aus. Durch die enorme Reichweite und Geschwindigkeit der digitalen Kommunikation breitet sich der Diskurs meist sehr schnell aus. Dadurch geht der regionale Bezug von Raumplanung verloren und gleichzeitig überschreiten die Diskussionen oftmals ihr produktives Maß und können durch einzelne, zumeist anonymisierte Beiträge scheitern (Fake News, Hasskommentare usw.). Gelingt es daher nicht, neue Wege einer themenbezogenen, aber dennoch transparenten und wirksamen Bürgerbeteiligung zu installieren, besteht stets die Gefahr, aufwendige Vor- und Detailplanungen umsonst durchgeführt zu haben. Deshalb sollte es ein wesentliches Anliegen dieser neuen Strategien sein, die Bürger/-innen mit ihrer hohen Regional- und Raumkompetenz frühzeitig in

die Planungen mit einzubeziehen und nicht erst im Nachgang darüber urteilen zu lassen.

Das Vorhaben PUBinPLAN verfolgt als Ansatz den Planungsprozess zum Bürger zu bringen. Der Bürger soll intrinsisch motiviert sein, sich daran zu beteiligen, und die Möglichkeit erhalten, sich über konkrete räumliche Auswirkungen zu informieren. Innovative, interaktive und internetbasierte Kommunikationsformen können hierzu einen hohen Beitrag leisten, zeigen sich doch viele Bürger/-innen gegenüber diesen Formen heute sehr aufgeschlossen. Der Beitrag gibt einen Einblick in das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderte Projekt und zeigt sowohl das Innovationspotenzial als auch die Vorgehensweise und erste Ergebnisse auf.

### Beschreibung des Projekts

Ziel von PUBinPLAN ist es, eine interaktive WebGIS- und mobile Applikation auf Grundlage von Konzepten zu Public Participation Geographic Information Systems (PPGIS) samt passender Partizipationsprozesse zu entwickeln. Sowohl für die technologische Entwicklungsarbeit als auch für die Erforschung zur Anwendung der Technologie in räumlichen Planungsvorhaben sind zwei Aspekte zentral, nämlich

\*Promoviert in Kooperation mit der Universität Passau (Betreuer: Prof. Dr. Ernst Struck, Philosophische Fakultät/Fachbereich Geographie).



(1) Crowdsourcing und (2) Augmented Reality (AR). Crowdsourcing setzt sich aus den Begriffen Crowd und Outsourcing zusammen und bezeichnet eine Auslagerung von Aufgaben, die bisher intern und von einer einzelnen Person bearbeitet wurden, an eine Vielzahl von externen Nutzern oder Interessenten. Im geographischen Kontext spricht man von Volunteered Geographic Information (VGI), also freiwillig gesammelten Geoinformationen. VGI

greift dabei die Möglichkeiten des Web 2.0 auf und ermöglicht es Freiwilligen, raumrelevante Informationen über das Web zur Verfügung zu stellen. Das wohl bekannteste Projekt hierzu ist die Erstellung der freien, nutzergenerierten Weltkarte OpenStreet-Map (OSM). Die PUBinPLAN-Crowdsourcing-Anwendung ist ebenfalls kartenbasiert und wird über ein interaktives WebGIS umgesetzt (siehe Abb. 1).

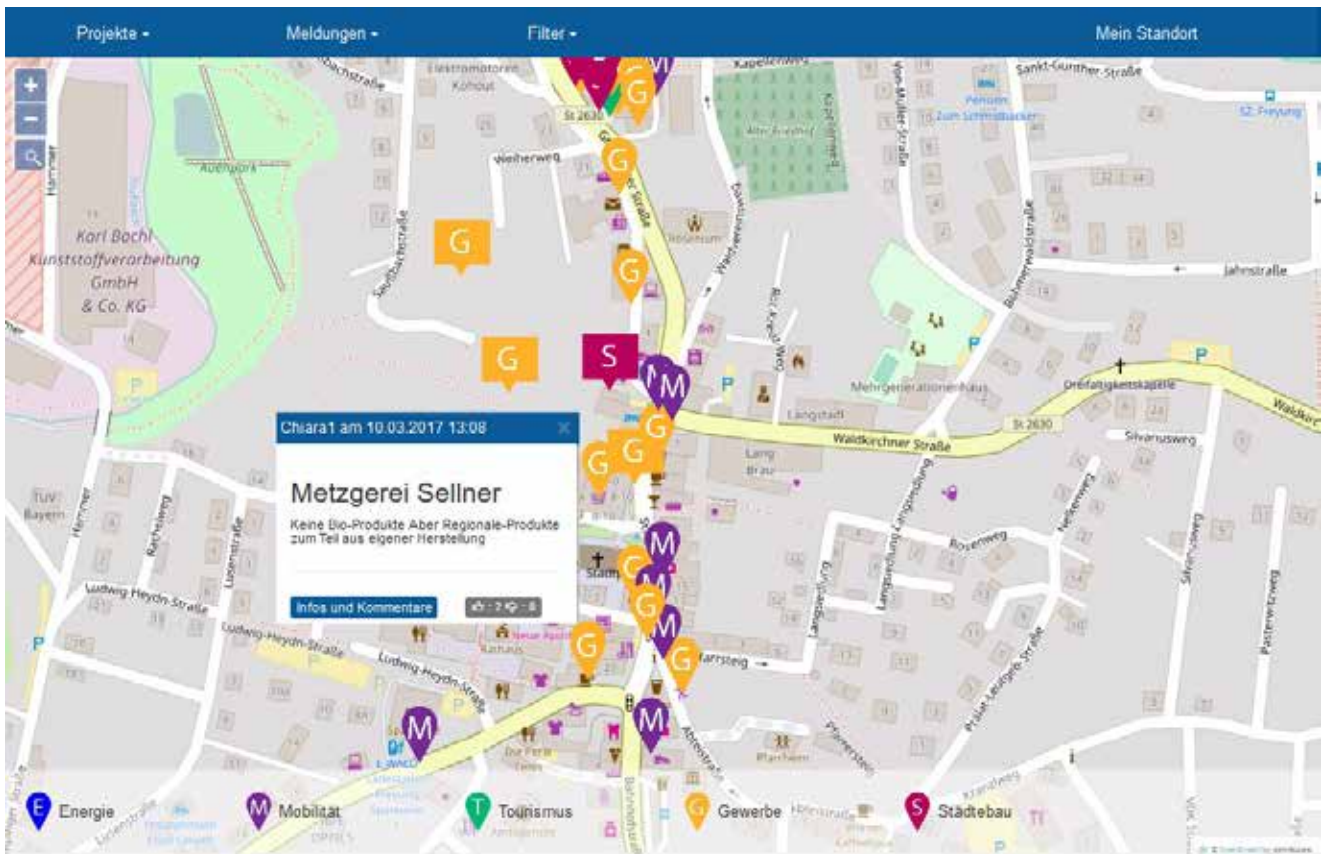


Abbildung 1: Interaktives WebGIS von PUBinPLAN für Crowdsourcing

Darin können Bürger/-innen ihre Interessen, Wertvorstellungen und Ideen zum Planungsprozess geobasiert verorten und gemeinsam diskutieren. Neben der textbasierten Kommentierung bietet PUBinPLAN seinen Nutzern die Funktion, selbsterstellte oder frei zugängliche 3D Modelle (CAD) lagerichtig hinzuzufügen. Merkt ein Bürger z. B. eine fehlende Parkbank an, kann er zusätzlich einen Gestaltungsvorschlag durch das 3D-Modell zur Diskussion stellen. Technologisch basiert die Crowdsourcing-Anwendung auf HTML5, CSS und JavaScript.

Als zweiter Baustein bezeichnet AR eine innovative Technologie, die eine Verknüpfung zwischen realen und virtuellen Räumen herstellt und in der Visualisierung von Zusatzinformationen zu einer aktuellen Ansicht bzw. Blickrichtung eingesetzt wird. AR-Funktionen konzentrieren sich bisher auf spezielle Anwendungen (z. B. im medizinischen Bereich),

breiten sich darüber hinaus aber zunehmend auch in die Alltagswelt aus. Neue Ansätze arbeiten mit speziellen Brillen, um die Anwenderfreundlichkeit und die Praxistauglichkeit zu erhöhen. Damit öffnen sich neue Anwendungsfelder, weshalb auch erste Versuche existieren, die Technologie zur bürgernahen Präsentation von raumplanerischen Fragestellungen und der Geovisualisierung von Umweltveränderungen zu nutzen. Gerade in der Architektur, Bauwirtschaft und Landschaftsplanung wird dadurch ein echter Mehrwert erzeugt, da Bürger/-innen im Vorfeld eine bildliche Vorstellung von den Proportionen und dem Ausmaß z. B. einer Infrastrukturmaßnahme erhalten. Dementsprechend ist die AR-App von PUBinPLAN als Feedback-Funktion sowohl für Planer als auch Bürger/-innen gedacht. Für die Visualisierung werden die vom Nutzer oder Architekten hochgeladenen 3D-Modelle verwendet (siehe Abb. 2). Das mobile Entwicklungsframework

ist Apache Cordova, die AR-Funktionalität wird über Wikitude SDK implementiert. Ergebnis ist eine Web- bzw. hybride Smartphone-Applikation.



Abbildung 2: Smartphone-Screenshot der AR-Applikation von PUBinPLAN

PUBinPLAN kombiniert damit die Interessen der Bürger/-innen vor Ort mit der Planung eines Ingenieurbüros, Planers oder Bauherren und visualisiert das Ergebnis in anschaulicher Weise. Die Anwendung zeigt auf, welche landschaftlichen, kultur-landschaftlichen und städtebaulichen Veränderungen sich durch die individuellen aber auch kollektiven Vorstellungen ergeben. Wertvolle Informationen, wie z. B. die individuellen Einstellungen und Raumwahrnehmung, die einem (externen) Planer zu meist nicht zugänglich sind, bereichern und verfestigen so den Planungsprozess. Durch den Einbezug der Alltagsexpertise der Bürger/-innen über PUBinPLAN kann der Planungsprozess qualifiziert, die Akzeptanz erhöht und eine Demokratisierung erreicht werden.

## Ergebnisse

PUBinPLAN lässt sich in vielen Bereichen der räumlichen Planung einsetzen und wurde vor allem für die Themenfelder „Energie“, „Mobilität“, „Gewerbe/Handel“ und „Städtebau“ entwickelt. Erste Ergebnisse wurden durch Usability-Tests und Anwendungsfälle gesammelt, so auch im Rahmen einer Kartierung in der Stadt Freyung. Hierbei war es Zielsetzung, die Klimafreundlichkeit des Innenstadtbereichs durch externe Besucher, in diesem Fall Schüler/-innen, zu erheben und mit Hilfe der interaktiven WebGIS-Karte zu verorten. Der thematische Schwerpunkt der Erhebung lag dabei auf Klimafreundlichkeit sowohl im Mobilitätssektor als auch im Einzelhandel. Die Methodik der Ortsbegehung wurde von drei Schülergruppen angewendet, um regionale, saisonale oder Fair-Trade-Produkte des Einzel- und des Lebensmittelhandels zu identifizieren und das Mobilitätsangebot Freyungs zu eruieren (z. B. Verfügbarkeit von Ladesäulen, ÖPNV-Anbindung, Parkplätze für Elektroautos, etc.).

Innerhalb des zweistündigen Funktionstests wurden 25 Meldungen und weitere Kommentierungen auf der PUBinPLAN-Projektseite abgegeben. Die gesammelten Meldungen zeigen, dass insbesondere die Gastronomie hohen Wert auf regionale Produkte legt und auch in den Supermärkten Bio-, oder Fair-Trade-Produkte im Sortiment vorhanden sind. Im Bereich der Mobilität kartierten die „Ortsbegeher“ wichtige Infrastrukturen und dokumentierten neuralgische Orte, die in der Stadt Freyung selbst seit Längerem diskutiert werden. Exemplarisch sei hier auf die stark frequentierte Straße durch die Ortsmitte verwiesen. Der Anwendungstest zeigt zum einen die Funktionsfähigkeit der Applikation und belegt zum anderen auch die Chancen von Crowdsourcing. In der unmittelbar nach dem Test durchgeführten gemeinsamen Diskussion und Aufbereitung der Ergebnisse zeigte sich sehr deutlich, dass bei den Schülern/-innen über PUBinPLAN die Motivation geweckt werden konnte, sich mit dem Thema der räumlichen Planung aktiv zu beschäftigen.

## Anmerkungen

„PUBinPLAN: public in spatial planning supported by information and communication technology“ ist vom BMBF im Rahmen des Programms FHProfUnt gefördert (FKZ 03FH027PX4). Wissenschaftliche Partner sind die Universität Passau, Fach Geographie und die Universität Bayreuth, Abteilung Stadt- und Regionalentwicklung. Praxispartner sind KlimaKom eG, hausfreunde – Architekten GbR, Landschaft+Plan sowie das Amt für Ländliche Entwicklung Niederbayern.





## Fördergeber



## Ein Projekt von



Technologie Campus  
Freyung

## Projektpartner



### Prof. Dr. Roland Zink

Technische Hochschule Deggendorf  
Fakultät Elektrotechnik, Medientechnik  
und Informatik  
Dieter-Görlitz-Platz 1  
94469 Deggendorf

Tel.: +49 (0)991 3615-586 (Deggendorf)  
Tel.: +49 (0)8551 91764-25 (TC Freyung)  
E-Mail: roland.zink@th-deg.de



### Stefan Küspert (Geogr.)

Technologie Campus Freyung  
Grafenauer Str. 22  
94078 Freyung

Tel.: +49 (0)8551 91764-29  
E-Mail: stefan.kuespert@th-deg.de

**Anna Marquardt (M.A.)**

Technologie Campus Freyung  
Grafenauer Str. 22  
94078 Freyung

Tel.: +49 (0)8551 91764-26  
E-Mail: [anna.marquardt@th-deg.de](mailto:anna.marquardt@th-deg.de)

**Sebastian Schröck (B.Eng.)**

Technologie Campus Freyung  
Grafenauer Str. 22  
94078 Freyung

Tel.: +49 (0)8551 91764-30  
E-Mail: [sebastian.schroeck@th-deg.de](mailto:sebastian.schroeck@th-deg.de)



## ▶ REAKTIONEN NICHT-TRADITIONELL STUDIERENDER AUF INNOVATIVE WEITERBILDUNGSANGEBOTE

### Eine Evaluationsstudie in der berufsbegleitenden Weiterbildung

Dr. Andreas Gegenfurtner (Dipl.-Päd. (Univ.)), Dr. Martina Reitmaier-Krebs (M.A.), Dr. Karina Fisch (Dipl.-Päd. (Univ.)), Christine Bomke (M.A.), Andreas Oswald (FAE), Christine Resch (Dipl.-Bw. (FH)), Nina Schwab (B.A.), Lina Spagert (B.A.), Gabriele Weng (M.A.), Alexander Zitt (Dipl.-Ing. MT), Wolfgang Stern

#### Abstract

Wie reagieren Teilnehmende in berufsbegleitenden Weiterbildungen auf neue, innovative Angebote? Diese Frage ist Gegenstand einer Studie im Rahmen des BMBF-geförderten Forschungsprojekts DEG-DLM (Deggendorfer Distance Learning Modell). Eine Stichprobe von 64 Teilnehmenden wurde mittels quantitativer Fragebogenerhebung post-hoc nach ihren Reaktionen auf die besuchten Weiterbildungsangebote befragt. Die Ergebnisse geben Hinweise auf die Weiterentwicklung didaktischer Lehr-Lern-Formate für zukünftige Kohorten nicht-traditionell Studierender in den berufsbegleitenden Weiterbildungen der Technischen Hochschule Deggendorf.

*How do participants of off-the-job training programs react on new and innovative training formats? This question is addressed in a study that is part of the BMBF-funded research project DEG-DLM (Deggendorfer Distance Learning Modell). A sample of 64 participants completed a quantitative survey examining their post-hoc reactions about the training programs they attended. The results tend to indicate how didactical scenarios in learning and instruction can be further developed for non-traditional student cohorts in off-the-job training programs offered at Technische Hochschule Deggendorf.*

#### Einleitung

Forschergruppen weltweit investieren beträchtliche Ressourcen, um innovative Formate für berufsbegleitende Weiterbildungsangebote zu entwickeln (Baldwin, Ford & Blume, 2017; Fisch & Reitmaier, 2015; Gegenfurtner, 2011; Quesada-Pallarès & Gegenfurtner, 2015). Die Herausforderung dabei ist, das didaktische Konzept an die besonderen Herausforderungen nicht-traditionell Studierender zielgruppenspezifisch anzupassen (Coenen, Fisch, Oswald, Reitmaier & Seifert, 2015; Schuetze & Slowey, 2002; Testers, Gegenfurtner, & Brand-Gruwel, 2015). Nicht-traditionell Studierende besitzen einige Charakteristika, die sie von grundständig Studierenden unterscheiden (Gegenfurtner & Vauras, 2012; Marshall, Nolan & Newton, 2016; Philips & Philips, 2016). Nach einer Klassifikation von Wolter und Geffers (2013) sind dies zum Beispiel:

- Alter: Die Studierenden sind zu Studienbeginn mindestens 25 Jahre alt
- Teilnahme: Personen einer spezifischen, an der Hochschule unterrepräsentierten Gruppe wie z.B. mit Migrationshintergrund
- Lebenslauf: Personen mit eher unkonventionellem Bildungsweg wie beispielsweise die Aufnahme eines Studiums nach einer Ausbildung

und längerer beruflicher Praxis oder nach einer Familienphase

Gerade für nicht-traditionell Studierende sind berufsbegleitende Angebote interessant, um Beruf und Familie mit dem Studium vereinbaren zu können. Berufsbegleitende Studienangebote an Hochschulen sind Weiterbildungen oder Studiengänge, die Teilnehmende besuchen, während sie einer regulären Beschäftigung nachgehen (Arnold & Pätzold, 2011). Die Lernaktivitäten finden oft an Urlaubstagen oder nach Feierabend statt. Für die Teilnehmenden ergeben sich durch das Studium bzw. die Weiterbildung zusätzliche Anforderungen, die mit beruflichen oder familiären Pflichten konfliktieren können (Marshall et al., 2016; Stoessel, Ihme, Barbarino, Fisseler, & Stürmer, 2015;) und zu einer geringeren Beschäftigung mit den Lerninhalten oder sogar zu einem Kursabbruch bzw. Drop Out führen können (Schmidt, 2011). Durch den Abbruch des Studiums bzw. der Weiterbildungsmaßnahme ergeben sich nicht nur für die Teilnehmenden negative Folgewirkungen in Form geringeren Wissens bzw. fehlender Qualifikation (Arnold & Pätzold, 2011). Auch die Arbeitgeber bzw. die Anbieter von Weiterbildungsangeboten sehen sich durch den Abbruch der Kursteilnahme mit organisatorischen und monetären Defiziten konfrontiert (Philips & Philips, 2016).

Für diese Zielgruppe entwickelt das Projekt DEG-DLM (Deggendorfer Distance Learning Modell zur Stärkung der Region Niederbayern und der Förderung der akademischen Weiterbildung in ländlich strukturierten Gebieten) verschiedene Weiterbildungsangebote. Das Konzept des Projekts ist exemplarisch in Abbildung 1 dargestellt. Konkret wurden drei Weiterbildungsangebote entwickelt: ein Bachelor-Studiengang in Kindheitspädagogik, ein Zertifikatsangebot zu Technischer Betriebswirtschaft und ein Brückenkurs in Mathematik. Diese Angebote wurden unter dem Dach des LernCenter-Konzepts entwickelt. Das LernCenter-Konzept bietet den Teilnehmenden zeitliche und räumliche Flexibilität, sowie Freiraum für individuelles Lernen nach eigenem Lerntempo. Daneben bietet die Wei-

terbildung aber auch in wohnortnahen Präsenzveranstaltungen bzw. videobasierten Webkonferenzen den direkten, persönlichen Austausch für soziales Lernen durch die Interaktion der Teilnehmenden untereinander und zwischen Lehrenden und Teilnehmenden. Die Kombination aus Präsenzlehre an der Weiterbildungsstätte mit ubiquitären, computerunterstützten Lernformen scheint geeignet, zeitliche und räumliche Flexibilität mit direktem, sozialem Austausch zu verknüpfen und so berufliche, familiäre und weiterbildungsspezifische Anforderungen gleichermaßen zu berücksichtigen (Coenen et al., 2015; Fisch & Reitmaier, 2016; Gegenfurtner, Fisch, & Reitmaier-Krebs, 2017; Gegenfurtner et al., 2013; Zitt & Oswald, 2017).



Abbildung 1. Das Deggendorfer Distance Learning Modell, kurz DEG-DLM.

Aus Sicht der Evaluationsforschung ist besonders die Frage interessant, wie die Teilnehmenden auf diese entwickelten innovativen Angebote für berufs begleitende Weiterbildung reagieren. Diese Reaktionen können Aufschluss darüber geben, wie die Angebote qualitativ weiterentwickelt und für kommende Kohorten optimiert werden können. Ziel dieser Evaluationsstudie war daher, zu untersuchen, wie nicht-traditionell Studierende auf drei neu entwickelte, berufs begleitende Weiterbildungsangebote reagieren. Diese Reaktionen beinhalten neben Zufriedenheit und empfundener Schwierigkeit auch den Workload und die Transfermotivation der Teilnehmenden. Eine detaillierte Auflistung der Skalen bietet der folgende Absatz.

## Methoden

An der Studie nahmen insgesamt 64 Personen teil (darunter 9 Personen des Brückenkurses Mathematik, 23 Personen des Bachelorstudiengangs Kindheitspädagogik und 32 Personen des Zertifikats Technische Betriebswirtschaft). Alle Teilnehmenden nahmen freiwillig an den Weiterbildungen teil, was die Transferleistung unterstützen kann (Gegenfurtner et al., 2016).

Um die Studie zu kontextualisieren, sind an dieser Stelle mehr Informationen zu DEG-DLM zielführend. Das Projekt DEG-DLM an der Technischen Hochschule Deggendorf wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen des Programms „Aufstieg durch Bildung – Offene Hochschulen“ gefördert. Ziel von DEG-DLM ist dabei die Entwicklung, Erprobung und Evaluation eines innovativen Distance-Learning-Modells, welches die Vorteile digitaler Lernformen und erfolgreicher didaktischer Konzepte im Rahmen des LernCenter-Konzepts kombiniert. Ein zentraler Baustein der didaktischen Konzepte ist die MultiGrade-MultiLevel - Methode (MGML; Girg et al., 2012). An zwei Standorten der Hochschule wurden LernCenter aufgebaut, in Deggendorf und in Grafenau, die es Weiterbildungsinteressierten erlauben, heimatnah Vorlesungen zu besuchen und trotzdem in einer Lehrveranstaltungssituation zu studieren, die die verschiedenen Komponenten einer akademischen Ausbildung beinhalten.

Die Teilnehmenden füllten dabei einen Fragebogen aus, der die Reaktionen auf das Weiterbildungsangebot anhand der folgenden Kriterien erfasste: (1) Zufriedenheit mit der Weiterbildung, (2) Schwierigkeit der Inhalte, (3) Nützlichkeit der Inhalte für den



Beruf, (4) Wissenszuwachs, (5) subjektiv empfundener Workload und (6) die Motivation, das Gelernte im Beruf anzuwenden. Zusätzlich wurden der (7) objektive Workload und (8) die demographischen Faktoren erhoben. Die Auswertungen sind derzeit noch nicht abgeschlossen und beinhalten explorative Faktoranalysen und multivariate Regressionen.

## Implikationen

Die Ergebnisse haben zweierlei Implikationen. Die wissenschaftlichen Implikationen konzentrieren sich dabei insbesondere auf die in der Evaluationsforschung noch unterrepräsentierte Zielgruppe nicht-traditionell Studierender (Marshall et al., 2016; Gegenfurtner et al., 2010; Schuetze & Slowey, 2002). Konkret ist für die Weiterbildungs-forschung interessant, in welchem Ausmaß die Reaktionsdimensionen Zufriedenheit, Schwierigkeit, Nützlichkeit, Wissenszuwachs und Workload die empfundene Transfermotivation unabhängig von der Dauer der Weiterbildung (Laine & Gegenfurtner, 2013) oder des situationalen Interesses (Knogler et al., 2015) präzisieren.

Die praktischen Implikationen fokussieren dabei auf die Anwendung der Forschungsergebnisse für die Weiterentwicklung berufsbegleitender Weiterbildungen (Baldwin et al., 2017; Philips & Philips, 2016; Schuetze & Slowey, 2002; Siewiorek & Gegenfurtner, 2010). Die Studie ist daher insbesondere relevant in Bezug auf die Frage, inwieweit die bestehenden didaktischen Formate im Bachelorstudiengang Kindheitspädagogik, im Zertifikatsangebot Technische Betriebswirtschaft und im Brückenkurs Mathematik verändert und zielgruppenspezifisch für zukünftige Teilnehmerkohorten an der Technischen Hochschule Deggendorf optimiert werden können (Coenen et al., 2015; Fisch & Reitmaier, 2016).

## Literatur

Arnold, R. & Pätzold, H. (2011). Weiterbildung und Beruf. In R. Tippelt & A. von Hippel (Hrsg.), *Handbuch Erwachsenenbildung / Weiterbildung* (S. 653-664). Berlin: Springer.

Baldwin, T. T., Ford, J. K., & Blume, B. A. (2017). The state of transfer of training research: Moving toward more consumer-centric inquiry. *Human Resource Development Quarterly*, 28, 17-28.

Coenen, A., Fisch, K., Oswald, A., Reitmaier, M. & Seifert, I. (2015). Ist- und Bedarfsanalyse im Rahmen des Projekts DEG-DLM. Deggendorf: Technische Hochschule Deggendorf.

Fisch, K. & Reitmaier, M. (2016). Flexibles Lernen. Didaktisches Konzept im Projekt DEG-DLM. Deggendorf: Technische Hochschule Deggendorf.

Gegenfurtner, A. (2011). Motivation and transfer in professional training: A meta-analysis of the moderating effects of knowledge type, instruction, and assessment conditions. *Educational Research Review*, 6, 153-168.

Gegenfurtner, A., Fisch, K., & Reitmaier-Krebs, M. (2017, März). Disziplinäre Fachkultur als Einflussgröße auf die studentische Akzeptanz von E-Learning-Angeboten an Hochschulen. Vortrag auf der 12. Jahrestagung der Gesellschaft für Hochschul-forschung, Hannover.

Gegenfurtner, A., Könings, K. D., Kosmajac, N., & Gebhardt, M. (2016). Voluntary or mandatory training participation as a moderator in the relationship between goal orientations and transfer of training. *International Journal of Training and Development*, 20, 290-301.

Gegenfurtner, A., & Vauras, M. (2012). Age-related differences in the relation between motivation to learn and transfer of training in adult continuing education. *Contemporary Educational Psychology*, 37, 33-46.

Gegenfurtner, A., Vauras, M., Gruber, H., & Festner, D. (2010). Motivation to transfer revisited. In K. Gomez, L. Lyons, & J. Radinsky (Eds.), *Learning in the disciplines: ICLS2010 proceedings* (Vol. 1, pp. 452-459). Chicago, IL: International Society of the Learning Sciences.

Gegenfurtner, A., Veermans, K., & Vauras, M. (2013). Effects of computer support, collaboration, and time lag on performance self-efficacy and transfer of training: A longitudinal meta-analysis. *Educational Research Review*, 8, 75-89.

Girg, R., Lichtinger, U. & Müller, T. (2012). Lernen mit Lernleitern. Unterrichten mit der MultiGrade-MultiLevel-Methodology (MGML). Immenhausen: Prolog.

Knogler, M., Harackiewicz, J. M., Gegenfurtner, A., & Lewalter, D. (2015). How situational is situational interest? Investigating the longitudinal structure of situational interest. *Contemporary Educational Psychology*, 43, 39-50.

Laine, E., & Gegenfurtner, A. (2013). Stability or change? Effects of training length and time lag on achievement goal orientations and transfer of training. *International Journal of Educational Research*, 61, 71-79.

Marshall, C. A., Nolan, S. J. & Newton, D. P. (2016). Widening participation, higher education and non-traditional students. New York: Springer.

Phillips, J. J. & Phillips, P. P. (2016). Handbook of training evaluation and measurement methods (4. Auflage). London: Routledge.

Quesada-Pallarès, C., & Gegenfurtner, A. (2015). Toward a unified model of motivation for training transfer: A phase perspective. Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, 18, 107-121.

Schmidt, B. (2011). Dropout in der Erwachsenenbildung. Zeitschrift für Pädagogik, 57, 203-213.

Schuetze, H. G. & Slowey, M. (2002). Participation and exclusion: A comparative analysis of non-traditional students and lifelong learners in higher education. Higher Education, 44, 309-327.

Siewiorek, A., & Gegenfurtner, A. (2010). Leading to win: The influence of leadership style on team performance during a computer game training. In K. Gomez, L. Lyons, & J. Radinsky (Eds.), Learning in the disciplines: ICLS2010 proceedings (Vol. 1, pp. 524-531). Chicago, IL: International Society of the Learning Sciences.

Stoessel, K., Ihme, T. A., Barbarino, M.-L., Fisseler, B., & Stürmer, S. (2015). Sociodemographic diversity and distance education: Who drops out from academic programs and why? Research in Higher Education, 56, 228-246.

Testers, L., Gegenfurtner, A., & Brand-Gruwel, S. (2015). Motivation to transfer learning to multiple contexts. In L. Das, S. Brand-Gruwel, K. Kok, & J.

Walhout (Eds.), The school library rocks: living it, learning it, loving it (pp. 473-487). Heerlen: IASL.

Wolter, A. & Geffers, J. (2013). Zielgruppen lebenslangen Lernens an Hochschulen - Ausgewählte empirische Befunde. Thematischer Bericht der wissenschaftlichen Begleitung des Bund-Länder-Wettbewerbs „Aufstieg durch Bildung: offene Hochschulen“. Zugriff am 07.12.2014. Verfügbar unter [http://www.offene-hochschulen.de/download/2013-11-18\\_OH\\_Thematischer%20Bericht\\_Zielgruppen-lebenslangen-Lernens\\_Formatiert.pdf](http://www.offene-hochschulen.de/download/2013-11-18_OH_Thematischer%20Bericht_Zielgruppen-lebenslangen-Lernens_Formatiert.pdf)

Zitt, A., & Oswald, A. (2016). Technik-Konzept. Deggendorf: Technische Hochschule Deggendorf.

## Fördergeber



## Ein Projekt von



## Dr. Andreas Gegenfurtner (Dipl.-Päd. (Univ.))

Technische Hochschule Deggendorf  
Institut für Qualität und Weiterbildung (IQW)  
Dieter-Görlitz-Platz 2  
94469 Deggendorf

Tel.: +49 (0)991 3615-725  
E-Mail: [andreas.gegenfurtner@th-deg.de](mailto:andreas.gegenfurtner@th-deg.de)





### **Dr. Martina Reitmaier-Krebs (M.A.)**

Technische Hochschule Deggendorf  
Institut für Qualität und Weiterbildung (IQW)  
Dieter-Görlitz-Platz 2  
94469 Deggendorf

Tel.: +49 (0)991 3615-631  
E-Mail: [martina.reitmaier-krebs@th-deg.de](mailto:martina.reitmaier-krebs@th-deg.de)



### **Dr. Karina Fisch (Dipl.-Päd. (Univ.))**

Technische Hochschule Deggendorf  
Institut für Qualität und Weiterbildung (IQW)  
Dieter-Görlitz-Platz 2  
94469 Deggendorf

Tel.: +49 (0)991 3615-424  
E-Mail: [karina.fisch@th-deg.de](mailto:karina.fisch@th-deg.de)



### **Christine Bomke (M.A.)**

Technische Hochschule Deggendorf  
Institut für Qualität und Weiterbildung (IQW)  
Dieter-Görlitz-Platz 2  
94469 Deggendorf

Tel.: +49 (0)991 3615-619  
E-Mail: [christine.bomke@th-deg.de](mailto:christine.bomke@th-deg.de)



### **Andreas Oswald (FAE)**

Technische Hochschule Deggendorf  
Institut für Qualität und Weiterbildung (IQW)  
Dieter-Görlitz-Platz 2  
94469 Deggendorf

Tel.: +49 (0)991 3615-686  
E-Mail: [andreas.oswald@th-deg.de](mailto:andreas.oswald@th-deg.de)



### **Christine Resch (Dipl.-Bw. (FH))**

Technische Hochschule Deggendorf  
Institut für Qualität und Weiterbildung (IQW)  
Dieter-Görlitz-Platz 2  
94469 Deggendorf

Tel.: +49 (0)991 3615-423  
E-Mail: [christine.resch@th-deg.de](mailto:christine.resch@th-deg.de)



### **Nina Schwab (B.A.)**

Technische Hochschule Deggendorf  
Institut für Qualität und Weiterbildung (IQW)  
Dieter-Görlitz-Platz 2  
94469 Deggendorf

Tel.: +49 (0)991 3615-595  
E-Mail: nina.schwab@th-deg.de



### **Lina Spagert (B.A.)**

Technische Hochschule Deggendorf  
Institut für Qualität und Weiterbildung (IQW)  
Dieter-Görlitz-Platz 2  
94469 Deggendorf

Tel.: +49 (0)991 3615-424  
E-Mail: lina.spagert@th-deg.de



### **Gabriele Weng (M.A.)**

Technische Hochschule Deggendorf  
Institut für Qualität und Weiterbildung (IQW)  
Dieter-Görlitz-Platz 2  
94469 Deggendorf

Tel.: +49 (0)991 3615-769  
E-Mail: gabriele.weng@th-deg.de



### **Alexander Zitt (Dipl.-Ing. MT)**

Technische Hochschule Deggendorf  
Institut für Qualität und Weiterbildung (IQW)  
Dieter-Görlitz-Platz 2  
94469 Deggendorf

Tel.: +49 (0)991 3615-175  
E-Mail: alexander.zitt@th-deg.de



### **Wolfgang Stern**

Technische Hochschule Deggendorf  
Leitung Institut für Qualität und Weiterbildung (IQW)  
Dieter-Görlitz-Platz 2  
94469 Deggendorf

Tel.: +49 (0)991 3615-149  
E-Mail: wolfgang.stern@th-deg.de







## INNOVATIVE ARBEITSWELT

### ▶ ENTWICKLUNG UND ERPROBUNG EINES BIO-PSYCHO-SOZIALEN ANALYSEINSTRUMENTES ZUR IDENTIFIZIERUNG VON BELASTUNGEN IM HANDWERK

Prof. Dr. phil. Stephan Gronwald, Prof. Dr. med. Dieter Melchart

#### **Abstract**

Das Handwerk steht in einem kontinuierlichen Optimierungs- und Verbesserungsprozess, um dem wettbewerblichen Druck standhalten zu können. Die rechtlichen Anforderungen und Auflagen an die Betriebe werden immer höher und damit auch die Belastungen für die Mitarbeiter. Der Unternehmenserfolg hängt sehr stark von der Organisation, der Zusammenarbeit, der körperlichen und geistigen Leistungsfähigkeit, aber auch der Motivation und Leistungsbereitschaft der Mitarbeiter ab.

Die Handwerkskammer für München und Oberbayern hat den Auftrag erteilt, ein umfassendes Analysetool für die Ist-Situation und den Verbesserungsprozess im Handwerk zu entwickeln, das zum einen die rechtlichen Anforderungen an das Arbeitsschutzgesetz erfüllt, darüber hinaus aber gezielte Ansatz- und Hinweise auf Seiten der Organisation, Kommunikation und Interaktion herausarbeitet, um Fluktuation, Unzufriedenheit, Fehler und Überlastungen, vor allem psychische, zu verhindern.

Das entwickelte Instrument wurde in der Erprobung von Mitarbeitern und Verantwortlichen im Handwerk akzeptiert und lieferte jeweils einen umfassenden Überblick über notwendige Veränderungsprozesse.

*The crafts are subjected to a continuous improvement and optimization process in order to resist the enormous competitive pressure. As legal requirements and provisions constantly increase, employees in craft enterprises are facing more and more burdens. A company's success strongly depends on the organization, the collaboration, the physical and mental performance, but also on the employees' motivation and compliance.*

*The Chamber of Trade and Crafts for Munich and Upper Bavaria has commissioned the development of a comprehensive tool for analyzing the current situation and the improvement process in the crafts. This analysis tool shall meet the requirements of the German Occupational Health and Safety Act and furthermore identify gaps in organization, communication and interaction. The main goal is to prevent fluctuation, dissatisfaction,*

failures as well as physical and mental overloads.

While being tested, the developed analysis tool was well accepted by both employees and leadership. The respective results offer a sound basis for beginning a continuous improvement process.

## Modellsicht und Ableitungen

Die Modellsicht muss gleichzeitig die Zielsetzungen und Ansatzpunkte der unterschiedlichen Interessensgruppen abbilden. So kann von Seiten des Unternehmens nicht in das persönliche Verhalten der Mitarbeiter eingegriffen werden, das verhindert das Grundgesetz mit dem Recht auf Freiwilligkeit [1]. Es müssen aber darüber hinaus Möglichkeiten geschaffen werden, die Hauptprobleme in einem Betrieb, die mit den Mitarbeitern in Verbindung stehen, beeinflussen zu können, wie z.B. Fehlzeiten, Fluktuation, Unfälle, innere Kündigung, Fehler. Diese Ansatzpunkte liefert das Arbeitsschutzgesetz in Form der Regelungsgegenstände [2] der Gefährdungsbeurteilung psychischer Belastungen. Der Name „psychische Belastungen“ ist irreführend und verhindert oftmals den Blick auf Handlungsmöglichkeiten, die jeder Unternehmer selbst ergreifen kann, um belastende Situationen zu erkennen und abzustellen.

Das Modellbild zum Sozialkapital nach Badura (2008) [3], das wiederum einen sehr früh erkannten Zusammenhang der Arbeitspsychologen Hackman und Oldham (1975) [4] aufgreift, wurde im Rahmen der Arbeiten von Melchart und Gronwald (2016) [5] um entscheidende Komponenten (Frühindikatoren) erweitert.



Abbildung 1: Treiber-Indikatoren-Modell, modifiziert nach Gronwald/Melchart

## Integration wissenschaftlicher Modelle

Nachstehend werden die wesentlichen wissenschaftlichen Modelle, die für die Entwicklung der Frühindikatoren Grundlage waren, nach ihrer

Ersterscheinung aufgelistet:

- Konzept der **Kontrollüberzeugungen** Rotter, Julian B. (1966) [6]: Modell der **Arbeitscharakteristika**, Hackman, Richard; Oldham, Greg R. (1975) [4].
- Konzept der **Selbstwirksamkeit** Bandura, Albert; (1977) [7].
- Konzept der **Salutogenese** Antonovsky, Aaron (1979) [8].
- **Demand-Control-Model**, Karasek, Robert A. (1979) [9].
- Effort-Reward-Imbalance. Modell der **Gratifikationskrisen**, Siegrist, Johannes (1996) [10].
- Konzept der **Anforderungen und Belastungen**, Oesterreich, Rainer (1999) [11].
- 4PX-Faktorenmodell der **Persönlichkeitseigenschaften** Becker, Peter; Kupsch, Melanie (2002) [12].
- **Risiko-Schutzfaktoren-Modell**, Melchart, Dieter (2003) [13].
- **Systemisches Anforderungen-Ressourcen-Modell (SAR)**, Becker, Peter (2006) [14].
- **Treiber-Indikatoren-Modell**, Badura, Bernhard et al. (2008) [3].

## Das Analyseinstrument

Das umfassende Analyseinstrument bildet die momentane Situation in einem Unternehmen, bei den Mitarbeitern und auch in deren Umfeld sehr deutlich ab. Zudem liefert dieses Frageinstrument interdisziplinäre Anknüpfungspunkte zu Arbeitsschutz, Arbeitsmedizin, Personalentwicklung, Mitbestimmung, Betrieblichem Eingliederungsmanagement und Sozialen Diensten. Es ermöglicht so die gemeinsame Diskussion und die Einbindung unterschiedlicher Sichtweisen.  
Bereiche: 22, Items: 186



Indikatoren	Zuordnung Kontextfaktoren
<b>Soziodemographische Faktoren</b>	
Alter	Struktur
Geschlecht	Struktur
Arbeitsbereich	Struktur
Beschäftigungsgrad	Struktur
Betriebszugehörigkeit	Struktur
AU-Tag im letzten Jahr	Struktur
<b>Körperliche Werte</b>	
Body Mass Index	Körper und Psyche
Bauchumfang	Körper und Psyche
Erhöhter Blutzucker	Körper und Psyche
Erhöhte Blutfette	Körper und Psyche
Herzinfarkt	Körper und Psyche
<b>Risikofaktoren</b>	
Diabetes	Körper und Psyche
Raucher	Körper und Psyche
Präburnout	Körper und Psyche
Entmutigung	Körper und Psyche
Erschöpfung	Körper und Psyche
Motivationsverlust	Körper und Psyche
Psychovegetativer Stabilitätstest - Schlaf	Körper und Psyche
<b>Stressoren und Belastungen</b>	
Arbeit, körperliche Anforderungen	Körper und Psyche
Arbeit allgemein	Anerkennung, Wertschätzung, Arbeit
Zuhause, im Alltag	Soziale Beziehungen
<b>Lebenszufriedenheit</b>	
Familie/ Kinder	Soziale Beziehungen
Partner/ Sexualität	Soziale Beziehungen
Freunde/ Bekannte	Soziale Beziehungen
Freizeit/ Hobbies	Wissen, Werte, Ziele
Wohnsituation	Wissen, Werte, Ziele
Gesundheit	Wissen, Werte, Ziele
Beruf	Anerkennung, Wertschätzung, Arbeit
Einkommen	Anerkennung, Wertschätzung, Arbeit
<b>Selbstwirksamkeit, Optimismus, Pessimismus</b>	
Optimismus	Wissen, Werte, Ziele
Pessimismus	Wissen, Werte, Ziele
Selbstwirksamkeit	Wissen, Werte, Ziele
<b>SOC - Gesundheitskompetenz</b>	
Verstehbarkeit	Wissen, Werte, Ziele
Handhabbarkeit	Wissen, Werte, Ziele
Bedeutbarkeit	Wissen, Werte, Ziele
<b>Präsentismus</b>	
Relativer Präsentismus	Anerkennung, Wertschätzung, Arbeit
Relativer Absentismus	Soziale Beziehungen
<b>Drei-Ebenen-Stresstest</b>	
Kognitiv-emotionale Ebene	Körper und Psyche
Vegetative Ebene	Körper und Psyche
Motorische Ebene	Körper und Psyche
<b>Beeinträchtigung der Arbeitsleistung</b>	
Beeinträchtigung der Arbeit ja/nein	Körper und Psyche
<b>Arbeitsfähigkeit</b>	
Derzeitige Arbeitsfähigkeit	Wissen, Werte, Ziele
Derzeitige Arbeitsfähigkeit auf körperliche Anforderungen	Wissen, Werte, Ziele
Derzeitige Arbeitsfähigkeit auf psychische Anforderungen	Wissen, Werte, Ziele
Derzeitige Arbeitsfähigkeit auch in den nächsten zwei Jahren	Wissen, Werte, Ziele
<b>Gesundheitsverhalten</b>	
Bewegung	Wissen, Werte, Ziele
Gemüse/ Obst	Wissen, Werte, Ziele
Fleisch	Wissen, Werte, Ziele
<b>Arbeit</b>	
Betriebsklima	Soziale Beziehungen
Führung	Soziale Beziehungen
Interne Organisation/ Kommunikation	Anerkennung, Wertschätzung, Arbeit
Allgemeine Arbeitszufriedenheit	Anerkennung, Wertschätzung, Arbeit

Motivation, Verbundenheit	
Motivation	Wissen, Werte, Ziele
Verbundenheit/ Identifikation	Wissen, Werte, Ziele
Stellenwert von Gesundheit im Unternehmen	Wissen, Werte, Ziele
Stellenwert älterer Arbeitnehmer im Unternehmen	Wissen, Werte, Ziele

Abbildung 2: Indikatoren und Zuordnung zu Kontexten

## Differenzierung und Besonderheiten

Die GDA-Merkmalbereiche [15] stellen die Grundlage des Instruments dar. Damit sind die Anforderungen der Gefährdungsbeurteilung für psychische Belastungen erfüllt: Arbeitsaufgabe/ Arbeitsinhalt, Arbeitsorganisation, Soziale Beziehungen, Arbeitsumgebung.

Für die Entwicklung eines gestaltungsorientierten Prozesses ist es wichtig, viele Parameter kritisch zu hinterfragen oder zu verifizieren. Im Folgenden sind entscheidende Ergänzungen oder Veränderungen des Analyseinstruments für das Handwerk beschrieben:

**Lebenszufriedenheit:** Die WHO fordert in ihrer Definition Gesundheit als Zustand des vollkommenen körperlichen, seelischen und sozialen Wohlbefindens und nicht die bloße Abwesenheit von Krankheit oder Gebrechen. Wissenschaftlich kann das Wohlbefinden eines Menschen am besten über die Beurteilung seiner Zufriedenheit abgebildet werden. Im Analyseinstrument umfasst die Dimension Lebenszufriedenheit weitere Unterbereiche wie Wohnsituation, Beruf, Einkommen, Partner, Familie/ Kinder, Gesundheit, Freizeit/Hobbies, Freunde/Bekannte.

Durch diese Differenzierung ist es möglich, Ergebnisse aus anderen Fragebereichen zu verifizieren, z.B. die Frage nach dem Einkommen oder der finanziellen Sicherheit. Vielfach besteht eine Unzufriedenheit im Bereich der Arbeit mit der Entlohnung, im Bereich der Lebenszufriedenheit findet man oftmals aber eine ausgeglichene Situation, was darauf hindeutet, dass diese Tatsache keine intensive Belastung darstellt.

Zudem zeigt eine Differenzierung der Bereiche die Priorisierung der Mitarbeiter in ihrem Leben sehr gut auf, was unter Umständen bei Entscheidungen oder Veränderungen eine wichtige Erkenntnis darstellen kann.

**Risikofaktoren:** Fehlzeiten werden immer häufiger durch die chronischen Erkrankungen ausgelöst und hier handelt es sich dann oftmals um Langzeiterkrankungen, die sowohl dem Betrieb enormen Schaden zufügen, aber auch für den Mitarbeiter hohe Einbußen an Lebensqualität mit sich bringen. Aus wissenschaftlichen Langzeitstudien weiß man, dass sich eine Entwicklung von chronischen Erkrankungen bereits 7-10 Jahre vorher feststellen lässt und da-

mit ist auch eine frühzeitige Intervention möglich. Es werden die Risikofaktoren Stoffwechsel-erkrankungen wie Diabetes und Übergewicht, Rauchen, Burnout/Psychische Störungen, aber auch Ernährungs- und Bewegungsverhalten abgefragt. Damit werden zwei wichtige Interventions-strategien verfolgt. Zum einen kann der Mitarbeiter einen persönlichen Hinweis auf seine gesundheitlichen Risiken bekommen, um selbst Interventionen einzuleiten. Oder es können auch bei einer größeren Zahl von betroffenen Mitarbeitern von Seiten des Unternehmens in Zusammenarbeit mit Kostenträgern, wie z.B. Rentenversicherungen oder auch Berufsgenossenschaften gezielte Präventions- und Interventionsmaßnahmen eingeleitet werden. Diese Verbindung zwischen der betrieblichen Gefährdungsanalyse und einem individuellen Frühwarnsystem wurde bislang in keinem wissenschaftlichen Instrument eingesetzt. Zudem werden beim Risikofaktor Burnout Vertiefungen erhoben, um bessere Rückschlüsse ziehen zu können: aus einer Erschöpfung, einer Entmutigung oder einem Motivationsverlust.

**Beeinträchtigung der Arbeitsfähigkeit:** Viele Instrumente bilden Schmerzen und Beschwerden ab, jedoch kann dies ohne eine weitere Differenzierung oftmals zu falschen Folgerungen führen. Rückenbeschwerden zum Beispiel werden in Befragungen häufig angegeben und nicht zuletzt in den Statistiken der Krankenkassen sind die Rückenbeschwerden das Problem Nr. 1 in der Bundesrepublik. Hinterfragt man jedoch in den Analysen diese Tatsache, indem man die Auswirkungen auf die Arbeit beurteilen lässt, dann relativiert sich in vielen Fällen das Ergebnis. Das bedeutet, dass zwar Rückenbeschwerden spürbar oder vorhanden sind, diese aber keine Auswirkungen auf die Arbeit haben. Jedoch sieht man bei dieser Verifizierung, dass gerade die Belastungen im psychischen Bereich vermehrte Auswirkungen auf die Arbeit zeigen. Dieses Befragungsdetail unterstützt den Unternehmer, wichtige Bereiche und Ansatzpunkte zu erkennen, um Maßnahmen einleiten oder entwickeln zu können.

**Präsentismus:** Neben den bereits enorm hohen Kosten für die Fehlzeiten (Absentismus), die auf ein Unternehmen zukommen, sind die Kosten für Mitarbeiter, die krank, belastet oder nicht im Vollbesitz ihrer Kräfte an den Arbeitsplatz kommen um ein Vielfaches höher, nicht zuletzt durch die Überlastung anderer Mitarbeiter, Fehler, Produktions- und Zeitausfälle, sowie auch mögliche Unfälle. Durch eine weitere Untergruppierung im Präsentismus, dem relativen Präsentismus-Score, können zudem versteckte Rivalitätssituationen oder aber auch Defizite im Bereich des Wissens aufgedeckt werden. Stressebenen: In vielen Befragungen wird das Thema Stress nicht ausreichend differenziert, weder wodurch er entsteht oder aus welchen Lebens-

bereichen er resultiert, aber noch weniger wie er hauptsächlich verarbeitet wird, das heißt auf welcher Ebene, kognitiv-emotional (Beispiel: Kopfschmerzen, Vergesslichkeit, Nervosität), vegetativ (Beispiel: Herzbeschwerden, Verdauungsprobleme, Schlaflosigkeit) oder motorisch (Rückenbeschwerden, Verspannungen, körperliche Erschöpfung). Auch dieser Parameter lässt in der Folge effektiver sinnvolle Interventions-strategien und Maßnahmen ableiten.

**Schlaf:** Schlaf bzw. Schlafmangel stellt mittlerweile bereits einen eigenständigen Risikofaktor dar. Da vom gesunden Schlaf viele private und berufliche Lebensumstände abhängen, wird in der Analyse diesem Bereich in Form eines psychovegetativen Stabilitätstests ein eigenständiger Bereich eingeräumt.

**Pessimismus:** Chronischer Stress führt neurophysiologisch zu einer Aktivierung von Hirnarealen, die ungünstige Aufmerksamkeits- und Bewertungsprozesse, negative Emotionen und unpassende Verhaltensweisen [16] auslösen. Diese negativen Gedankenspiralen lassen sich bereits frühzeitig in Testverfahren abbilden, wenn es unter Umständen noch gar nicht zu Störungen in Abläufen, Verhalten oder Reaktionen gekommen ist. Dieser Parameter stellt ein wichtiges Frühwarnsystem dar.

**Unternehmenswerte:** Im Konzept des „Healthy Workplace“ der WHO [17] aus dem Jahr 2010 stellen die Werte (values and ethics) in einem Unternehmen die zentrale Größe dar, von der aus sich eine Kultur der Gesundheit und Leistung entwickeln kann. Es werden folgende Parameter erhoben:

- Motivation
- Verbundenheit/ Identifikation mit dem Unternehmen
- Stellenwert von Gesundheit im Unternehmen
- Stellenwert älterer Mitarbeiter im Unternehmen

**Gesundheitskompetenz:** Ein weiteres großes Ziel der WHO ist die langfristige Verbesserung der Gesundheitskompetenz [18]. In Bezug auf Folge-maßnahmen der Gesundheitsförderung können wesentliche Erkenntnisse abgeleitet werden. Dieser Parameter steht auch in enger Verbindung mit dem Bewegungs- und Ernährungsverhalten, das ebenfalls abgefragt wird.

## Verknüpfung mit Kontextfaktoren des Lebens und der Gesundheit

Die Vielfalt der Indikatoren orientiert sich am Leitbild der WHO – Bio-Psycho-Soziales Modell. Wesentliche Größen des Bio-Psycho-Sozialen Modells lassen sich – zur Vereinfachung der Darstellung –





vier Kontextfaktoren zuordnen. Diese weitere Differenzierung wird vorgenommen, um im Rahmen späterer Prozessschritte eine bessere Zuordnung von Interventionen und Maßnahmen der Personal- und Organisationsentwicklung vornehmen zu können.

- Körper und Psyche
- Anerkennung, Wertschätzung, Arbeit
- Soziale Beziehungen
- Wissen, Werte, Ziele

Für die weitere Bearbeitung und Darstellung der Ergebnisse wurde eine korrespondierende 4-Felder-Matrix entwickelt. Die wichtigsten Ergebnisse können so auf einer Seite dargestellt werden.



Abbildung 3: Analyseergebnis als 4-Felder-Matrix (Beispiel)

### Erprobung der Analyse im Handwerk

Zur Erprobung des Instruments wurden aus den verschiedensten Bereich des Handwerks Arbeitsgruppen befragt und analysiert. Die zufällige Auswahl bedingte auch, dass die Gruppen sehr unterschiedlich in Bezug auf die Größe waren. Diese erwies sich als gute Erfahrung in Bezug auf die Aussagekraft von Analysen mit kleinen Fallzahlen.

	Analyse Arbeitsgruppe	Anzahl Mitarbeiter	Prozent	Kumulative Prozente
	G1	15	9,32	
	G2	12	7,45	16,77
	G3	9	5,59	22,36
	G4	8	4,97	27,33
	G5	12	7,45	34,78
	G6	10	6,21	40,99
<b>Gültig</b>	G7	5	3,11	44,10
	G8	10	6,21	50,31
	G9	11	6,83	57,14
	G10	13	8,07	65,22
	G11	10	6,21	71,43
	G12	32	19,88	91,30
	G13	4	2,48	93,79
	G14	10	6,21	100,00
<b>Gesamt</b>		<b>161</b>	<b>100,00</b>	

Abbildung 4: Pilotgruppen im Handwerk

Aus den Pilotanalysen konnte eindeutig herausgearbeitet werden, wo Schwerpunkte in den Interventionen und Handlungsansätzen im Handwerk liegen müssen. Aufgrund der geringen Anzahl und der Größe der analysierten Pilotbetriebe fehlt die absolute statistische Relevanz, jedoch lassen sich Tendenzen ableiten, die sowohl wissenschaftlich als auch in der praktischen Umsetzung zeitnahe Beachtung finden müssen.

### Ergebnisse aus Pilotanalysen

#### Hohe psychische Belastungen im Handwerk.

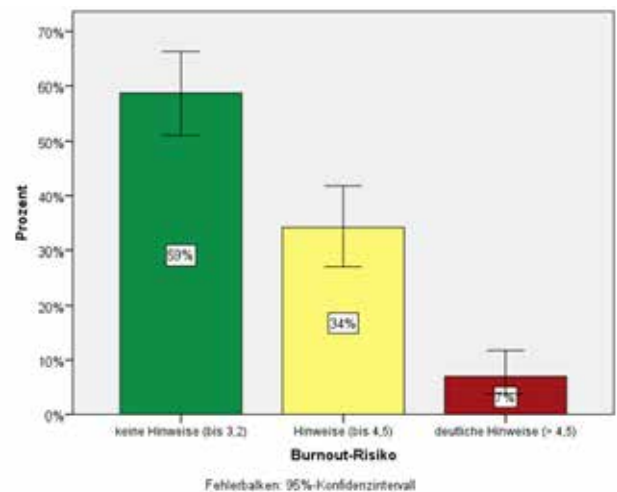


Abbildung 5: Analyseergebnisse – Burnout Risiko

Die nachweislich hohen psychischen Belastungen finden im Handwerk noch wenig Beachtung. Im Fokus stehen meist die körperlichen bzw. muskulären Beschwerden. Diese sind mit ca. 34% der Mitarbeiter durchaus beachtenswert, sind aber auch unter dem Aspekt einer möglichen Verbindung zu psychi-

schen Überforderungen zu hinterfragen. Dies wird durch die Tatsache unterstrichen, dass bei Fragen nach den körperlichen Anstrengungen und gleichbleibenden Körperhaltungen nur ca. 10-12% der Mitarbeiter hier Beanspruchungen angeben.

Die Werte für das Burnout-Risiko (Tedium-Measure [19]) ergeben bei 34% der Mitarbeiter Hinweise auf ein Burnout-Risiko, bei weiteren 7% fallen diese deutlich aus. Im Zusammenhang mit der psychischen Belastung steht vor allem die Erschöpfung der Mitarbeiter im Fokus.

Interessant in diesem Zusammenhang ist die ähnlich hohe Zahl im Bereich der pessimistischen Einstellung, auch hier bemerken ca. 35% der Mitarbeiter diese gedankliche Negativspirale an sich. Es bedarf weiterer wissenschaftlicher Abklärung, inwieweit dieser Parameter ein tatsächlicher Frühindikator für beginnende ungünstige Veränderungen im Betrieb darstellt.

### Hohe Verbindungen zu organisatorischen Themen, sozialen Konflikten und Führungskompetenzen

Bei den Belastungen aus der Arbeit fallen viele organisatorische Themen auf, welche die Mitarbeiter für sich wahrnehmen. Ohne eine direkte Ableitung zu den psychischen Belastungen machen zu können, sollten diese Themen jedoch vorrangig bearbeitet werden.

Geben Sie bei jeder der folgenden Belastungen an, ob Sie in den vergangenen 12 Monaten davon betroffen waren	1 immer	2 öfter	3 manchmal	4 nie
Arbeit, allgemein	%	%	%	%
Hoher Zeitdruck	22,4%	46,6%	27,3%	3,7%
Häufige, ungeplante Unterbrechungen bei der Arbeit	9,9%	39,8%	40,4%	9,9%
Häufige Wiederholung gleicher Tätigkeiten	5,6%	39,1%	43,5%	11,8%
Starke Konzentration auf die Arbeit während längerer Zeit	19,0%	51,8%	29,2%	6,2%
Emotionale Beanspruchung	3,7%	26,7%	51,6%	18,0%

Abbildung 6: Analyseergebnisse – Belastungen aus der Arbeit

Zudem zeichnen sich im Durchschnitt aller Analysen zwischenmenschliche Themen wie Konflikte, Spannungen zwischen Kollegen, mangelndes Vertrauen bei über 30% der Mitarbeiter ab. Es muss geklärt werden, ob es hier eine Verbindung zu den organisationalen Themen gibt und diese als Ansatzpunkt zur Bearbeitung genutzt werden können. Die Mitarbeiter empfinden die interne Organisation oft als umständlich und sehen notwendige Verbesserungen, zudem mangelt es oft an der Abstimmung zwischen verschiedenen Arbeitsbereichen. Diese Angaben wurden wieder von mehr als 30% der befragten Mitarbeiter gemacht.

Bei der Bewertung der Führungskräfte fällt vor allem auf, dass die Mitarbeiter sich eine intensivere Auseinandersetzung und mehr Zeit wünschen.

### Massive Schlafstörungen

Eine sehr deutliche Verbindung zu den psychischen Belastungen kann im Bereich der Schlafqualität hergestellt werden. So wiesen ca. 52% der Mitarbeiter erhöhte Schlafprobleme, 17% sogar kritische Schlafprobleme auf. Diese Werte korrelieren sehr stark mit dem subjektiven Gefühl der Erschöpfung. Gerade in dem Wissen, wie wichtig der Schlaf für die Regeneration, aber auch für die Innovation und Kreativität ist, ist die Aufdeckung und Bearbeitung der belastenden Themen im Unternehmen eine vorrangige Aufgabe. Diese Ergebnisse werden gestützt durch den aktuellen Gesundheitsbericht der DAK 2017 [20].

### Rauchen, Bluthochdruck und Diabetes-Risiko sind wichtige Präventionsthemen

Gemessen an der Statistik der BRD - in Deutschland rauchen insgesamt 29,7 Prozent Frauen und Männer ab 18 Jahren [21] – bewegt sich der Anteil der Raucher mit ca. 31% aller Mitarbeiter knapp über dem bundesdeutschen Durchschnitt. Jedoch sollte gerade im Hinblick auf die Anforderungen und Belastungen gezielt darauf hingearbeitet werden, diese Quote zu verringern.

Über Bluthochdruck klagen ca. 22% der Mitarbeiter, wobei weitere 7% angeben, es nicht zu wissen. Dies würde der Größenordnung entsprechen, die durch die Hochdruckliga [22] publiziert wird. Der Bluthochdruck gilt als Ausdruck von Belastungen, aber ebenso als eigenständiges Risiko für eingeschränkte kognitive Leistungsfähigkeit [23] und damit für den Anstieg von Fehler- und Unfallhäufigkeit.

### Sehr hohe Motivation und sehr hohe Verbundenheit zum Handwerk/Betrieb

Das Handwerk liefert eindrucksvolle Zahlen, was die Motivation und die Verbundenheit mit dem Betrieb/Handwerk angeht. Gute bis sehr gute Werte bei 94% der Mitarbeiter für die Motivation und 84% für die Verbundenheit stellen für die Betriebe eine unschätzbare Grundlage des Vertrauens und der Sicherheit dar.

Diese Werte werden durch die Einschätzung der eigenen Arbeitsfähigkeit heute und in der Zukunft - 93 % der Mitarbeiter (gut bis sehr gut) und 82% (Arbeitsleistung sicher bis sehr sicher) - annähernd erreicht.

Abgerundet wird diese motivationale Komponente und Beurteilung der Arbeitsfähigkeit durch die Einschätzung der Selbstwirksamkeit: ca. 89% der Mitarbeiter sind hier von ihren Fähigkeiten überzeugt. Diese hohen Werte müssen als Aufforderung und Verpflichtung gesehen werden, dass günstige Rahmen- und Organisationsbedingungen geschaffen werden, die es dem Handwerker ermöglichen, sein Können, seine Motivation und seine Kreativität auszuspielen.



### **Detaillierte Betrachtung der Arbeitseinheiten und sozialen Beziehungen**

Bei den Analysen wurde in der Vorbereitung besonders darauf geachtet, dass es zur Beurteilung von Gruppen und Abteilungen kam, die tatsächlich in täglicher Beziehung zueinander stehen. Nicht zuletzt fordert das Arbeitsschutzgesetz im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung die Betrachtung und Bewertung der sozialen Beziehungen und so wurde, auch wenn es relativ kleine Gruppengrößen zur Folge hatte, versucht, diese Funktionseinheiten abzubilden.

Wichtigste Erkenntnis aus dieser Vorarbeit ist, dass viele Themen eines Betriebes nur einen Bereich betreffen und nicht entdeckt werden würden, wenn eine betriebliche Gesamtbewertung stattgefunden hätte.

Aber: Gesundheits- und Risikowerte sollen und müssen für den Gesamtbetrieb dargestellt werden, um hier eventuelle Rückschlüsse auf einzelne Personen zu verhindern.

### **Einbettung der Analyse in Qualitäts- und Organisationsabläufe**

Die Veränderungsprozesse sind als kontinuierlicher Zyklus zu verstehen, der keine rasche und einmalige Umsetzung von Ergebnissen fordert, sondern vielmehr eine feste Etablierung in den Organisations- und Kommunikationsablauf des Handwerksbetriebes darstellen muss. Hier ist die Forderung aus dem Arbeitsschutzgesetz §3 „Pflichten des Arbeitgebers“ zu beachten, der im Wesentlichen einen Qualitätskreis der kontinuierlichen Verbesserung fordert mit Plan-Do-Check-Act.

### **Schlussfolgerung**

Das entwickelte Analyseverfahren gibt deutlichen Aufschluss über die zukünftig wichtigen Themengebiete zum Erhalt der Arbeitsfähigkeit im Handwerk. Es müssen die Verbindungen und Überleitungen zu den Interventionsmöglichkeiten, die sich auf Basis des Sozialgesetzbuches ergeben, wie z.B. die Präventionsprogramme der Rentenversicherungen und der Berufs-genossenschaften noch deutlich verbessert werden. Nicht zuletzt muss es eine Forderung der Handwerkskammern sein, die Maßnahmen der Träger noch besser an die Bedarfe des Handwerks anzupassen.

Es ist absehbar, dass der Beratungsbedarf zum Thema Arbeitsfähigkeit für die kleinen und mittelständischen Betriebe höher wird, deshalb müssen Unterstützungsmöglichkeiten wie sie z.B. das Förderprogramm „UnternehmensWert Mensch“ [24] zur Verfügung stellen, mit den Anforderungen und Bedarfen des Handwerks verknüpft werden.

### **Verweise und Literatur**

[1] BGB §630d,e: Information und Einwilligung.

[2] Geschäftsstelle der Nationalen Arbeitsschutzkonferenz (2012): Gemeinsame Deutsche Arbeitsschutzstrategie. Leitlinie Beratung und Überwachung bei psychischer Belastung am Arbeitsplatz. Nationale Arbeitsschutzkonferenz. Online verfügbar unter [http://www.gda-portal.de/de/pdf/Leitlinie-Psych-Belastung.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](http://www.gda-portal.de/de/pdf/Leitlinie-Psych-Belastung.pdf?__blob=publicationFile).

[3] Badura, Bernhard; Greiner, Wolfgang; Rixgens, Petra; Ueberle, Max; Behr, Martina; Ehresmann, Cona (2008): Sozialkapital. Grundlagen von Gesundheit und Unternehmenserfolg. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag. Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-69957-6>.

[4] Hackman, Richard; Oldham, Greg R. (1975): Development of the Job Diagnostic Survey. In: Journal of Applied Psychology 60 (2), S. 159–170. Online verfügbar unter <http://gbv.ebib.com/patron/FullRecord.aspx?p=4096949>.

[5] Melchart, Dieter; Gronwald, Stephan (2016): Gesundheitsförderung für kleine Unternehmen. Fakten und Praxistipps aus der Lebensstilforschung. 1. Auflage. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden (Essentials). Online verfügbar unter <http://gbv.ebib.com/patron/FullRecord.aspx?p=4096949>.

[6] Rotter, Julian B. (1966): Generalized Expectancies for Internal versus External Control of Reinforcement. In: Psychological Monographs 80 (1), S. 1–28.

[7] Bandura, Albert (1977): Self-Efficacy: Toward a Unifying Theory of Behavioral Change. In: Psychological Review 84 (2), S. 191–215.

[8] Antonovsky, Aaron (1979): Health, Stress, and Coping. New perspectives on mental and physical well-being. San Francisco: Jossey-Bass.

[9] Karasek, Robert A. (1979): Job Demands, Job Decision Latitude, and Mental Strain: Implications for Job Redesign. In: Science Quarterly 24 (2), S. 285–308.

[10] Siegrist, Johannes (1996): Adverse Health Effects of High-Effort/Low-Reward Conditions. In: Journal of Occupational Health Psychology 1 (1), S. 27–41.

[11] Oesterreich, Rainer (1999): Konzepte zu Arbeitsbedingungen und Gesundheit - Fünf Erklärungsmodelle im Vergleich. In: Rainer Oesterreich und Walter Volpert (Hg.): Psychologie gesundheitsgerechter Arbeitsbedingungen. Konzepte, Ergebnis-

se und Werkzeuge zur Arbeitsgestaltung. Bern: H. Huber (Schriften zur Arbeitspsychologie, Nr. 59), S. 141–215.

[12] Becker, Peter; Kupsch, Melanie (2002): The Four-Plus-X Factor Model For The Description of Normal and Disordered Personality as an Alternative to the Five-Factor-Model: A Test of Two Models. In: Trierer Psychologische Berichte 29 (6).

[13] Melchart, Dieter (2003): Theoretische Modelle von Salutogenese und Pathogenese – Gesundheit zwischen Wissenschaft und Kunst. Verbundprojekt „Hochschulen für Gesundheit“. Magdeburg: Hochschule Magdeburg-Stendal (März 2003). Online verfügbar unter [http://www.system2teach.de/hfg/re\\_ressources/2683/SalutogenesePathogenese.pdf](http://www.system2teach.de/hfg/re_ressources/2683/SalutogenesePathogenese.pdf).

[14] Becker, Peter (2006): Gesundheit durch Bedürfnisbefriedigung. Göttingen, Bern, Wien, Toronto, Seattle, Oxford, Prag: Hogrefe.

[15] Gemeinsame Deutsche Arbeitsschutzstrategie (Leitung des GDA-Arbeitsprogramms Psyche) (2016): Arbeitsschutz in der Praxis. Empfehlungen zur Umsetzung der Gefährdungsbeurteilung psychischer Belastung. 2. erweiterte Auflage: Bundesministerium für Arbeit und Soziales, Berlin. Online verfügbar unter [http://www.gda-psyche.de/SharedDocs/Publikationen/DE/broschuere-empfehlung-gefaehrdungsbeurteilung.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=11](http://www.gda-psyche.de/SharedDocs/Publikationen/DE/broschuere-empfehlung-gefaehrdungsbeurteilung.pdf?__blob=publicationFile&v=11).

[16] Berking, Matthias (2015): Training emotionaler Kompetenzen. 3., vollständig überarbeitete Auflage. Berlin, Heidelberg: Springer (Psychotherapie: Praxis). Online verfügbar unter [http://ebooks.cian-do.com/book/index.cfm/bok\\_id/1868410](http://ebooks.cian-do.com/book/index.cfm/bok_id/1868410).

[17] Burton, Joan (2010): WHO Healthy Workplace Framework and Model: Background Document and Supporting Literature and Practices. Online verfügbar unter [http://www.who.int/occupational\\_health/healthy\\_workplace\\_framework.pdf](http://www.who.int/occupational_health/healthy_workplace_framework.pdf).

[18] Kickbusch, Ilona; Pelikan, Jürgen; Haslbeck, Jörg; Apfel, Franklin; Tsouros, Agis D. (2016): Gesundheitskompetenz - Die Fakten: Careum Stiftung, Schweiz.

[19] Pines, Ayala; Aronson, Eliot; Kafry, Ditsa: Tedium Measure. dt. Überdruss-Skala (1993).

[20] DAK Gesundheit (2017): Müdes Deutschland: Schlafstörungen steigen deutlich an. DAK-Gesundheitsreport 2017: 80 Prozent der Erwerbstätigen schlafen schlecht. Online verfügbar unter <https://www.dak.de/dak/bundes-themen/muedes-deutschland-schlafstoerungen-steigen-deutlich-an-1885310.html>.

[21] Bundesministerium für Gesundheit (2016): Rauchen. Online verfügbar unter <http://www.bmg.bund.de/glossar-begriffe/r/rauchen.html>.

[22] Deutsche Hochdruckliga e.V. DHL®; Deutsche Gesellschaft für Hypertonie und Prävention (2017): Bluthochdruck in Zahlen. Online verfügbar unter <https://www.hochdruckliga.de/bluthochdruck-in-zahlen-presse.html>.

[23] Bundesministerium für Bildung und Forschung (2017): Studie aus Münster: Hoher Blutdruck verringert geistige Leistungsfähigkeit. Online verfügbar unter <http://www.gesundheitsforschung-bmbf.de/de/1981.php>.

[24] unternehmensWert: Mensch (2017): Initiative Neue Qualität der Arbeit. Online verfügbar unter <http://www.unternehmens-wert-mensch.de/startseite/>.

## Projektpartner



**Handwerkskammer  
für München und Oberbayern**





**Prof. Dr. phil. Stephan Gronwald**

Technische Hochschule Deggendorf  
Institut für Angewandte Gesundheitswissenschaften  
Land-Au 27  
94469 Deggendorf

Tel.: +49 (0)991 3615-190  
E-Mail: [stephan.gronwald@th-deg.de](mailto:stephan.gronwald@th-deg.de)

**Prof. Dr. med. Dieter Melchart**

Kompetenzzentrum für Komplementärmedizin und  
Naturheilkunde (KoKoNat) - Klinikum rechts der Isar  
Technische Universität München  
Kaiserstr. 9  
80801 München

Tel.: +49 (0)89 726697-0  
E-Mail: [kokonat@mri.tum.de](mailto:kokonat@mri.tum.de)

## ▶ MINTerAKTIV – MIT ERFOLG ZUM MINT-ABSCHLUSS IN BAYERN

Andrea Stelzl (Dipl.-Chem. (Univ.)), Angelika Hable (Dipl.-Biol. (Univ.)),  
Tanja Augustin (Dipl.-Ing.), Helmut Dullinger (B.Eng.)

### Abstract

MINT steht für die Bereiche Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik. Trotz vielfältiger Aufklärungsarbeit und zahlreicher MINT-Angebote für junge Leute trauen sich noch immer wenige zu, technisch-naturwissenschaftliche Fachrichtungen einzuschlagen. Um Berührungängste abzubauen und auf Berufsbilder und Unternehmen der Region hinzuweisen, schafft die Technische Hochschule Deggendorf (THD) im Rahmen von MINTerAKTIV weitere Angebote. Angefangen mit Projekten für Kinder und Jugendliche wie der Kinderuni, Technik-Schulbesuchen, dem Frühstudium und TastING für Oberstufenschüler bis hin zu Orientierungsangeboten zur Studienentscheidung reicht die Palette bis zur Begleitung von MINT-Studierenden in den ersten Semestern, um Schwierigkeiten frühzeitig zu entdecken und helfend unterstützen zu können. Ebenfalls in den Fokus genommen werden Eltern und Lehrer als wichtige Impulsgeber und Multiplikatoren. Außerdem wird eine engere Zusammenarbeit mit Unternehmen der Region angestrebt.

*MINT (STEM) stands for mathematics, informatics, natural sciences and technology (science, technology, engineering and mathematics). Despite a wide variety of efforts to throw light on the areas and many MINT (STEM) offers for young people, numerous people still do not dare to go down a technical-scientific path. To reduce fears and inform about careers at regional businesses, the Deggendorf Institute of Technology's MINT (STEM) programme creates further offers. These range from children and youth projects, such as the Kinderuni (children's university), technic-oriented school visits, the Frühstudium (early studies) and TastING for sixth form (senior high) students to orientation offers for soon-to-be students. Accompanying MINT (STEM) students during the first semesters to detect any problems early on and offer support is part of the programme. Parents and teachers are considered important initiators and multipliers and are involved in the programmes. Another aim is a closer cooperation with regional businesses.*

### Projektbeschreibung

Die Technische Hochschule Deggendorf hat erfolgreich am Vorgängerprojekt „Erfolgreicher MINT-Abschluss an bayerischen Hochschulen“ und am „Nationalen Pakt für Frauen in MINT-Berufen“ teilgenommen. Innerhalb der Förderperioden konnten sehr vielversprechende Projekte gestartet und größtenteils auch verstetigt werden. Aufgrund dieser sehr positiven Erfahrungen bewarb sich die THD beim Bayerischen Staatsministerium für Bildung und Kultus, Wissenschaft und Kunst um Fördermittel für das neue Projekt „MINTerAKTIV“.

Neben der Fortführung etablierter Maßnahmen und der Implementierung neuer Projekte stehen nun die **Vernetzung mit regionalen Partnern** wie Schulen, Wirtschaftsvertretern, Kammern und Initiativen bzw. Vereinen, z. B. „Technik für Kinder e. V.“ (TfK), „Arbeitskreis Schule - Wirtschaft“ oder Regionalmanagement und Wirtschaftsförderung im Vordergrund. Dazu wurde ein neues Ressort an der THD gegründet, das die MINT-Initiativen bündelt und sowohl am Campus nach innen, aber auch besonders nach außen die Aktivitäten in diesem Bereich sichtbar macht, aktiv die Zielgruppen informiert und als **zentrale Anlaufstelle** gezielt Netzwerkaktivitäten betreibt. Es wird die Etablierung einer MINT-Regi-

on Deggendorf angestrebt. (Für die „MINT-Region Deggendorf +“ gab es inzwischen den Zuschlag vom Bayerischen Staatsministerium für Bildung und Kultus, Wissenschaft und Kunst als eine von acht geplanten bayerischen MINT-Regionen. Das „Plus“ steht für den Zusammenschluss der Landkreise Deggendorf, Regen, Freyung-Grafenau und Rottal-Inn.)

Um die Anfängerzahlen und die Studienerfolgsquote im MINT-Bereich zu erhöhen wird die THD verstärkt an zwei Punkten ansetzen: **Ausweitung und Vertiefung des MINT-Netzwerks**, das in erster Linie Schüler sowie einflussreiche Multiplikatoren wie Eltern und Lehrer erreicht (Phase vor der Wahl der Studienrichtung bzw. Ausbildung) und **Unterstützung in der Studieneingangsphase bzw. den ersten Semestern**.

Zum einen sollen durch die **verstärkte Zusammenarbeit** mit Schulen, Unternehmen, Kammern etc. die Zukunftschancen der MINT-Fächer in der Region aufgezeigt und sichtbarer gemacht werden. Neben den Schülern sind hier die Eltern eine wichtige Zielgruppe, denn vielen ist nicht bewusst, welche Wirtschaftskraft gerade in diesem Bereich in



(Nieder-) Bayern existiert und welche positiven Zukunftsperspektiven gerade die MINT-Studiengänge eröffnen. Geplant sind unter anderem Unternehmensbesuche, die Vorstellung von Berufsbildern sowie Besuche des THD-MINT-Teams bei Elternabenden an Schulen.

Zum anderen soll das **Interesse von Schülern für die MINT-Fächer** geweckt werden. Dazu werden z. B. Lehrerfortbildungen und auch Technik-Schulbesuche angeboten. Im Hinblick auf die zunehmende Bedeutung der Digitalisierung (Big Data, Industrie 4.0, „Internet der Dinge“) wird der Bereich Informatik und Programmiersprachen besonders im Fokus stehen. Konzepte werden gemeinsam mit den Vereinen „Technik für Kinder e. V.“ und „Initiative Junge Forscherinnen und Forscher e. V.“ (IJF) erarbeitet. Für Jugendliche interessante Themen wie App-Programmierung spielen dabei eine wichtige Rolle.

Von Bedeutung ist auch, die Studieninhalte transparent darzustellen. Ein Baustein ist „**TastING**“, das vom MINT-Ressort neu konzipierte Projekt aller technischen Fakultäten. Dabei können Schüler zwei Tage lang intensiv die Studiengänge der jeweiligen Fakultät kennenlernen und praxisnah in den Laboren arbeiten.

Mit Hilfe von **Studieneingangstests** werden Eignung und Neigung der Schüler überprüft und eine realistische Einschätzung ihrer Fähigkeiten widerspiegelt. Hier werden die online self assessments (OSA) der Technischen Hochschule Nürnberg übernommen. Darüber hinaus können eventuell vorhandene Wissenslücken noch vor Studienbeginn erkannt und z. B. in Vorbereitungskursen rechtzeitig geschlossen werden. Durch die Einführung des **Frühstudiums** an der THD und speziell durch das innovative Konzept der **Wissenschaftlich-Technischen Oberstufe** soll es gelingen, besonders leistungsstarke Schüler zu fördern und für ein Studium zu begeistern. Dieses erfolgreiche Projekt soll um die virtuelle Lehre ergänzt werden. Schüler, die am Frühstudium oder der Wissenschaftlich-Technischen Oberstufe teilgenommen haben, wissen sehr genau, welche Studieninhalte sie in den MINT-Fächern erwarten, ein Studienabbruch ist damit eher unwahrscheinlich.



Abbildung 1: Frühstudium WS 16/17

Während der **Studieneingangsphase** werden die bestehenden Angebote wie Brückenkurse und Tutorien um weitere Elemente erweitert: z. B. die intensivere Einbeziehung von Onlinekursen der Virtuellen Hochschule Bayern (speziell Informatik und Ingenieurmathematik), ein MINT-Café für eine offene Mathematiksprechstunde und als Begegnungsort für Tutoren sowie ein Konzept zur Früherkennung gefährdeter Studierender. Hierzu sind die Ergebnisse des THD Vorgängerprojekts V-, W-, A-MINT-Coach, aber auch die der anderen bayerischen Hochschulen und Universitäten sehr hilfreich.

Die THD hat sich in den letzten 20 Jahren einen sehr guten Ruf im technischen Bereich aufgebaut. 3.200 Studierende sind in Ingenieurstudiengängen eingeschrieben, das sind ca. 2/3 aller Studierenden. Sechs Technologiecampus befassen sich mit technischer Forschung und Entwicklung; zum großen Teil in Kooperation mit Unternehmen. Die THD ist somit sehr gut in der Region verankert und deshalb ein guter Multiplikator für MINT. Sie vermeidet durch eine Vielzahl an Maßnahmen wie Vorkursen, Tutorien oder das Förderprojekt DegTrepE (Bund-Länder-Projekt für bessere Studienbedingungen und mehr Qualität in der Lehre) den Studienabbruch, beteiligt sich aber auch an der Initiative der ostbayerischen Hochschulen, deren Ziel es ist, Studienalternativen aufzuzeigen. Zusammen mit Industrie- und Handelskammer und Handwerkskammer Niederbayern/Oberpfalz wird an der Durchlässigkeit des Bildungssystems gearbeitet. Wichtiger Punkt der Zielvereinbarungen der THD ist die Erhöhung der Studienerfolgsquote. Das Projekt MINTerAKTIV wird hier einen wichtigen Beitrag leisten und nahtlos an frühere Projekte anschließen.

Alle geplanten Aktivitäten werden vom THD-MINT-Team in Zusammenarbeit mit den Fakultäten durchgeführt. Wissenschaftlich begleitet werden die Mitarbeiter von den Professoren Dr. Dr. Heribert Popp (Fakultät Angewandte Wirtschaftswissenschaften) für die virtuelle Lehre, Prof. Dr. Michael Moritz (Dekan der Fakultät Naturwissenschaften und Wirtschaftsingenieurwesen) im Bereich Mathematik und

Prof. Dr.-Ing. Udo Garmann (Prodekan der Fakultät Elektrotechnik, Medientechnik und Informatik) in der Informatik. Aufgrund regelmäßig stattfindender Bionik-Schulbesuche existieren bereits sehr enge Beziehungen zur Forschungsgruppe Bionik unter der Leitung von Prof. Dr. rer. nat. Martin Aust und zum Technologicampus Freyung, wo intensive Bionik-Forschung betrieben wird. In den letzten beiden Jahren wurden vor allem zu den Lehrern der naturwissenschaftlichen Fächer der umliegenden Schulen intensive Kontakte aufgebaut.

**Nach Ablauf der Projektförderdauer sollen die bestehenden und neuen Maßnahmen in das Gesamtkonzept der THD bzw. der Region eingearbeitet sein, Kontakte zu allen wesentlichen MINT-Akteuren der Region geknüpft und deren Angebote verzahnt sein. Die Angebote und Maßnahmen werden auf einer öffentlich zugänglichen Plattform hinterlegt.**

## Maßnahmen

### 1. Vernetzung bzw. Angebote vor der Studien- bzw. Berufswahl

Regionale Kooperationen spielen die entscheidende Rolle beim Aufbau und der Vermarktung der MINT-Region. Schulen sind hier genauso wichtig wie Unternehmen als potenzielle Arbeitgeber. Der in der Region sehr erfolgreiche Verein „Technik für Kinder e. V.“ macht an Schulen und Technikhäusern Technik erlebbar. Viele der Tutoren sind Studierende der THD. Technik für Kinder hat bereits seine Zusage für eine noch engere Kooperation gegeben. Die THD ist in Südostbayern Stützpunkt der Würzburger „Initiative Junge Forscherinnen und Forscher e. V.“. Zusammen mit dem THD-MINT-Team wurden Experimente an Schulen durchgeführt. Außerdem ist die THD Mitglied im „Arbeitskreis Schule - Wirtschaft“ und steht in intensivem Austausch mit dem Regionalmanagement und der Wirtschaftsförderung von Stadt und Landkreis Deggendorf. Nicht zuletzt durch die jahrelangen Aktivitäten des Career Service der THD bestehen intensive Beziehungen zu regionalen Unternehmen. Die THD wird von vielen als Motor für technische Innovationen in der Region gesehen und ist somit ein guter Initiator für ein MINT-Netzwerk.

Um die MINT-Affinität junger Menschen frühzeitig zu entwickeln, setzt die THD mit verschiedenen Programmen bereits bei Schulkindern an. Die zunehmende Digitalisierung im Blick, wurde ein **neuer Schulbesuch** zum Thema **Informatik** konzipiert.



Abbildung 2: Schulbesuchsteam Bionik SS17

Im Wintersemester 2016/17 erstmals angeboten wurde das Programm „**TastING**“ – nach dem Vorbild des „Probestudiums Physik“ der LMU München. Weiterhin sollen als wichtige Multiplikatoren und Informationsgeber verstärkt die Lehrkräfte und Eltern erreicht werden. Hierfür hat die THD erstmals in diesem Semester eine **Elternsprechstunde** eingeführt, bei der sich interessierte Eltern über das Studienangebot der THD informieren können. Außerdem unterstützt das MINT-Ressort der THD Schulen im Rahmen von **Elternabenden** bei der Information über MINT-Berufsbilder und MINT-Berufschancen in der Region. Vor allem Realschüler sollen davon vor ihrer Zweigwahl profitieren. Häufig finden sie den Weg über die FOS/BOS zu einem MINT-Beruf und/oder MINT-Studium an die THD. Dieses Angebot soll ausgebaut werden, um mehr Personen zu erreichen.



Abbildung 3: TastING Round Table

Um gezielt Lehrkräfte zu informieren, sollen regelmäßig **Lehrerfortbildungen** stattfinden, z. B. zu den Themen Bionik, MINT-Studiengänge an der THD und OLED. Sie sollen Fachwissen vermitteln und über Studienvoraussetzungen im technischen Bereich informieren.





Abbildung 4: Lehrerfortbildung Bionik 2016  
Abbildung 5: Lehrerfortbildung Bionik 2016 - Wasserbaulabor

Durch **Unternehmensbesuche** wird eine Zusammenarbeit mit regionalen Unternehmen angestrebt. Die Betriebe können den interessierten Schülern hautnah MINT-Berufe aufzeigen und damit die Chancen in der Region verdeutlichen. Das komplette MINT-Angebot der Region soll schließlich über eine Online-Plattform dargestellt und der Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden. Damit werden der MINT-Gedanke in die Breite getragen und möglichst viele Menschen erreicht.

## 2. Studienentscheidungsphase

Zur Unterstützung junger Menschen, die sich in der Entscheidungsphase für ein Studium befinden, bietet die THD das sogenannte **Schnupperstudium** an. Dieses findet dreimal im Jahr statt und bietet allgemeine Informationen zur Hochschule sowie spezielle Informationen zu den einzelnen Studiengängen. Die Fakultäten bieten beim Schnupperstudium Vorlesungen, Laborführungen und Gesprächsrunden an.

Neu etabliert wurde das Angebot **„student for a day“**. Hierbei dürfen einzelne Schüler für einen Tag in ihrem Wunschstudiengang mit einem erfahrenen Studierenden (meist „Schülerpaten“) einen Studientag verbringen. Dieses Angebot wird bereits gut angenommen.

Als weiteren wichtigen Baustein neben diesen beiden Angeboten der THD werden künftig **online self assessments** (OSAs) für bestimmte Studiengänge eingeführt. Dafür wird die THD das Knowhow der

TH Nürnberg nutzen, die diese OSAs entwickelt hat. Über die OSAs kann der künftige Student seine Fähigkeiten und Neigungen in Bezug auf einen bestimmten Studiengang überprüfen und damit bei seiner Entscheidung unterstützt werden. Mögliche Wissenslücken werden rechtzeitig erkannt und können noch vor Studienbeginn geschlossen werden. So sollen nicht nur die Orientierung erleichtert, sondern auch die Abbrecherzahlen gesenkt werden.

## 3. Studienbeginn und -begleitung

Wurde die Leidenschaft für MINT entdeckt (Punkt 1) und die Entscheidung für einen bestimmten Studiengang (Punkt 2) getroffen, gilt es nun, den Studierenden an der THD zu unterstützen. Zum einen sollen die Studierenden befähigt werden, den Übergang vom Schulwissen zum Studium zu meistern. Dafür bietet die THD **Vorbereitungskurse** an, in denen z. B. Mathematik- und Physikkenntnisse gefestigt und ausgebaut werden.

Im Vorgängerprojekt der THD „V-, W-, A-MINT-Coach“ wurden verschiedene **Online-Kurse** entwickelt, um den Lernstoff zu bearbeiten. Diese sollen fortgeführt werden. Ebenfalls in diesem Projekt entstanden ist das **Wissensmanagement** „Von Studierenden für Studierende“, bei dem den Studierenden ein Online-Portal zur Verfügung steht, in das Mitschriften und Skripte bzw. Erfahrungswissen eingestellt werden. Aufbauend auf dem Leistungsmonitoring aus diesem Projekt sollen als neue Maßnahme **gefährdete Studierende** identifiziert und noch besser unterstützt werden. Das MINT-Monitoring der Hochschule Coburg wird als Best-Practice-Modell für die Ausarbeitung herangezogen und die Learning Analytics-Ergebnisse des „V-, W-, A-MINT-Coach“-Projekts weiterentwickelt. Mit Zustimmung des Studierenden kann Noteneinsicht genommen und die Notenentwicklung verfolgt werden. Wird eine Gefährdung aufgrund mangelnder Leistungen erkannt, greift die Hochschule informierend und unterstützend ein und weist z. B. auf die offene Mathematik-Sprechstunde der THD hin, stellt studentische Tutoren zur Seite, empfiehlt Online-Kurse oder organisiert Gespräche mit den Fachstudienberatern. Außerdem kann hier in letzter Konsequenz das geschaffene Beratungsangebot (im Verbund der ostbayerischen Hochschulen) den gefährdeten Studierenden helfen, neue Perspektiven für sich zu finden (Studiengangswechsel oder -abbruch).

## Meilensteine/Projektplanung

In der nachfolgenden Grafik sind die bestehenden Angebote, die weitergeführt und ausgeweitet werden sollen, grün dargestellt. Die rot markierten Bereiche sind Maßnahmen, die im Rahmen von MINTerAKTIV geplant, eingeführt und umgesetzt werden.

MINTerAKTIV: Meilensteine, Projektplan

1. Vernetzung bzw. Angebote vor der Studien- bzw. Berufswahl	2016			2017									2018									2019														
	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep
Kinderuni	Themenplanung, Akquise von Dozenten, Vermarktung des Programms bei der Zielgruppe																																			
Schulbesuche Bionik	Kontakt zu Schulen, inhaltliche Planung, Akquise von Tutoren, Durchführung, Evaluierung, Pressearbeit																																			
Frühstudium	Kontakt zu Schulen, Frühstudenten, Fakultäten, Erstellen des Semesterprogramms, Auftakt und Abschlussveranstaltungen																																			
Wissenschaftlich-Technische Oberstufe	Kontakt zu Schulen, Schülern, Fakultäten, Kursplanung																																			
Elternsprechstunde	Sprechstunde			Sprechstunde			Sprechstunde			Sprechstunde			Sprechstunde			Sprechstunde			Sprechstunde			Sprechstunde			Sprechstunde			Sprechstunde			Sprechstunde			Sprechstunde		
virtuelle Lehre für SchülerInnen	Identifizierung geeigneter Online-Kurse aus THD- und vhb-Angebot									Angebot der Kurse im Frühstudium, Probelauf über zwei Semester									Evaluation der Probelaufe, Nachbesserung, weitere Durchgänge																	
Schulbesuche Informatik	inhaltliche Entwicklung, Einarbeitung und Auswahl von Tutoren									Kontakt zu Schulen, Marketing, Planung u. Durchführung Probelaufe									Evaluation der ersten Schulbesuche, Nachbesserung, Organisation weiterer Schulbesuche, laufende Pressearbeit, Kontakt zu Schulen																	
TASTING	Planung, Durchführg. u. Evaluation erster Testdurchgang			Planung, Durchführg., Evaluation zweiter Durchgang			Planung, Durchführg., Evaluation dritter Durchgang			vierter Durchgang			Planung, Durchführg. u. Evaluation erster Testdurchgang			Planung, Durchführg., Evaluation zweiter Durchgang			Planung, Durchführg., Evaluation dritter Durchgang			vierter Durchgang			Planung, Durchführg. u. Evaluation erster Testdurchgang			Planung, Durchführg., Evaluation zweiter Durchgang			Planung, Durchführg., Evaluation dritter Durchgang			vierter Durchgang		
Elternabende an Schulen	Kontakt mit Schulen, inhaltliche Planung			Durchführung mit zwei ausgewählten Schulen			Kontakt zu Schulen, weitere Elternabende nach Bedarf, Pressearbeit																													
Lehrerfortbildungen	Planung u. Durchführung 1. (Bionik) u. 2. (Mathe) LFB			Evaluation			Planung und Durchführung weiterer LFB (Mathe, Physik, Informatik, Techniken der IT-gestützten Lehre)																													
Unternehmensbesuche	Akquise geeigneter Firmen, Konzeption des Angebotes			erstmalige Durchführung mit drei ausgewählten Firmen			Evaluation der Testdurchgänge, Pressearbeit - Bekanntmachung an Schulen, Akquise weiterer Firmen, regelmäßige Durchführung von Unternehmensbesuchen																													
MINT-Plattform Deggendorf	Konzept / Erstellung Website, Sammlung der Angebote / des Inhalts																		Plattform geht online, Marketingaktivitäten																	
MINT-Netzwerk Deggendorf	Verstärkter Kontakt zu MINT-Partnern (UF, TFK, LehrerInnen, Unternehmen, ...) im Sinne der MINT-Region									Einbindung, Ausbau o. g. Projekte									regelmäßiger aktiver Kontakt unter den Partnern, Durchführung gemeinsamer Projekte, Präsentation aller MINT Angebote der Region auf MINT-Plattform																	

2. Studienentscheidungsphase	2016			2017									2018									2019														
	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep
Schnupperstudium	Kontakt zu Schulen, Studieninteressierten, Fakultäten, Marketing, inhaltliche Planung, Durchführung, Evaluierung, Pressearbeit																																			
student for a day	laufende Vermittlung von Schülern und Studierenden, Marketing																																			
online self assessments	Ankauf, Einarbeitung, Anpassung an die ausgewählten Studiengänge																		erster Einsatz zur Studienorientierung im Bewerbungszeitraum									Evaluation, weitere Nutzung der eingeführten OSAs								

3. Studienbeginn und -begleitung	2016			2017									2018									2019														
	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep
Vorbereitungskurse	inhaltliche Planung, Akquise von Dozenten und Tutoren, Marketing, Durchführung, Evaluierung, Pressearbeit																																			
Online-Kurse	Implementierung von Online-Kursen ins Frühstudium, in Propädeutika und Vermarktung bei den Studierenden																																			
Wissensmanagement von Studenten für Studenten	Weiterführung aus dem V-, W-, A-MINT-Coach-Projekt																																			
Identifizierung gefährdeter Studierender	Konzeptionierung, Planung, Einholen rechtlicher Informationen									Gewinnung erster Studierender / Werbephase, Beobachtung des ersten Durchgangs über zwei Semester									Kohortenanalyse der ersten beiden Durchgänge, Eruiieren nötiger Hilfestellungen und Einleiten von Kontakten an entsprech. Stellen, Beobachtung / Begleitung weiterer Kohorten																	

Legende	bereits etablierte Maßnahmen die fortgeführt werden sollen	neue Maßnahmen	Planungsphase	Implementierungsphase	Durchführung, Evaluation
---------	--	----------------	---------------	-----------------------	--------------------------

Fördergeber



Ein Programm von





### **Andrea Stelzl (Dipl.-Chem. (Univ.))**

Technische Hochschule Deggendorf  
MINT-Förderung  
Dieter-Görlitz-Platz 1  
94469 Deggendorf

Tel.: +49 (0)991 3615-695  
E-Mail: andrea.stelzl@th-deg.de



### **Angelika Hable (Dipl.-Biol. (Univ.))**

Technische Hochschule Deggendorf  
MINT-Förderung  
Dieter-Görlitz-Platz 1  
94469 Deggendorf

Tel.: +49 (0)991 3615-484  
E-Mail: angelika.hable@th-deg.de



### **Tanja Augustin (Dipl.-Ing.)**

Technische Hochschule Deggendorf  
MINT-Förderung  
Dieter-Görlitz-Platz 1  
94469 Deggendorf

Tel.: +49 (0)991 3615-206  
E-Mail: tanja.augustin@th-deg.de



### **Helmut Dullinger (B.Eng.)**

Technische Hochschule Deggendorf  
MINT-Förderung  
Dieter-Görlitz-Platz 1  
94469 Deggendorf

Tel.: +49 (0)991 3615-717  
E-Mail: helmut.dullinger@th-deg.de

## ▶ INTERNATIONALES DUALES STUDIUM BAYERN – TSCHECHIEN

Martina Heim (M.A.), Claudia Probst (B.Sc.)

### Abstract

Kooperationspartner dieses grenzübergreifenden EU-Projekts zwischen dem Freistaat Bayern und der Tschechischen Republik zum Thema „Studium dual“ sind die Technische Hochschule Deggendorf, die Westböhmi-sche Universität Pilsen und das Institut für Technik und Wirtschaft Budweis. Studierende der drei Partnerhochschulen absolvieren ein duales Studium zusammen mit Unternehmen, die in Bayern und Tschechien einen Standort haben.

Ziel des EU-Projekts „Internationales duales Studium Bayern – Tschechien“ ist es, eine grenzübergreifende Bildungsqualifikation zu schaffen, die auf die Bedürfnisse des Arbeitsmarkts abgestimmt ist. Die Unternehmen erfahren eine Stärkung bei der Qualifizierung und Rekrutierung von Arbeitskräften in Wachstumsmärkten, und für Studierende entstehen Anreize, während und nach dem Studium in der Region zu bleiben. Gleichzeitig trägt die Vernetzung der Bildungsinstitutionen zum Abbau von Barrieren in der grenzübergreifenden Bildung bei.

*Partners in this project are the Deggendorf Institute of Technology, the University of West Bohemia in Pilsen and the Institute for Technology and Business in Budweis. Bavarian and Czech students study in a dual study programme (both models possible) at one of the partner universities and spend the practice phases in companies located in Bavaria and the Czech Republic. The objective of the International Dual Study Programme Bavaria – Czech Republic is the creation of a cross-border academic training that is tailor-made for the demands of businesses. Businesses benefit from strengthened applicants and an easier recruiting and students see incentives to remain in the region after graduation. At the same time, the networking of universities contributes to doing away with barriers in cross-border education.*

### Einleitung

Die Abwanderung qualifizierter Arbeitnehmer aus dem ländlichen Raum und der demografische Wandel führen in der Grenzregion Bayern - Tschechien schon heute zu einem Missverhältnis zwischen Arbeitsplatzangebot und -nachfrage in einzelnen Branchen. Angesichts der prognostizierten demografischen Entwicklung wird sich dieser Trend in den nächsten Jahren weiter zuspitzen, wodurch auch der Zugang der Unternehmen zu Studierenden als Fachkräfte immer schwieriger wird. Im dualen Studium werden Studien- und Praxisphasen optimal miteinander verbunden, was den Bedürfnissen der Unternehmen in der Region entgegen kommt.

Zwei duale Studienmodelle kommen zum Einsatz.

- Studium mit vertiefter Praxis: ein reguläres Bachelorstudium wird mit intensiven Praxisphasen während der Semesterferien, im Praxissemester sowie während der Anfertigung der Bachelorarbeit kombiniert. Hierbei wird ein regulärer Bachelorabschluss erworben.

- Verbundstudium: das Studium wird mit einer regulären Ausbildung in einem Ausbildungsunternehmen der Industrie- und Handelskammer (IHK) oder der Handwerkskammer (HWK) kombiniert. Parallel zum Bachelorabschluss wird also ein vollwertig anerkannter Berufsabschluss in Bayern erworben.

Sowohl die Studien- als auch die Praxisphasen können in Bayern oder in Tschechien in Absprache mit den Unternehmen absolviert werden.

Zwei Unternehmen, die MAX STREICHER GmbH & Co. KG aA aus Deggendorf und die Kermi GmbH aus Plattling, nehmen von Beginn an am Projekt teil. Beide Unternehmen verfügen über Standorte in Tschechien.

Ziel ist es, während der gesamten Projektlaufzeit 30 bayerische oder tschechische Studierende für das Projekt zu gewinnen, an die Unternehmen zu vermitteln und individuell zu begleiten.

Tschechien und Bayern sind wirtschaftlich eng verflochten, zahlreiche bayerische Unternehmen sind mit Niederlassungen in Tschechien vertreten. Das duale Studium bietet sich hier geradezu an, auch angesichts der Chancen für den tschechischen Arbeitsmarkt. Angebot und Nachfrage im gemeinsamen Arbeitsmarkt werden durch das duale Studium besser als bisher in Einklang gebracht sowie bis dato ungenutzte Potenziale besser ausgeschöpft. Als weiteres positives Element kommt die grenzüberschreitende Zusammenarbeit der Hochschulen hinzu.

Die Verknüpfung von Studium und Praxis erhöht sowohl die Attraktivität des Studiums als auch die der praktischen Ausbildung. Langfristig wird darüber hinaus ein effektiver Arbeitsmarkt geschaffen,





der als notwendige Voraussetzung für den Wandel zu einer binnenmarktorientierten Wirtschaft fungiert. Die berufliche Mobilität wird erleichtert und dem sogenannten Brain Drain im ländlichen Raum entgegengewirkt.

Die grenzübergreifende Herausforderung hierbei ist nicht nur der Unterschied in den beiden Bildungssystemen, sondern dass das Konzept des dualen Studiums in Tschechien bislang unbekannt ist. Die besondere Chance des Projekts besteht darin, das duale Studium über die bayerischen Grenzen hinaus zu einem internationalen dualen Studium mit den tschechischen Hochschul- und Unternehmenspartnern auszuweiten. Die Erfahrungen im dualen System auf bayerischer Seite können hier gewinnbringend in das Projekt eingebracht werden. Die Erweiterung des dualen Studiums um internationale Studien- und Praxiserfahrung wird die berufliche Qualifikation der Studierenden zusätzlich bereichern.

Das Projekt liefert sowohl für Studierende und Unternehmen, als auch für die Region wertvolle Vorteile:

#### Studierende

- arbeiten schon während des Studiums aktiv im Unternehmen in Bayern und Tschechien mit und können so erlerntes Wissen zeitnah anwenden und vertiefen
- werden optimal in betriebliche Strukturen, Arbeitsweisen und Projektabläufe eingebunden
- kennen die Arbeitswelt in beiden Ländern
- haben nach dem Studium nicht nur einen vollwertigen, akademischen Hochschulabschluss, sondern können auch umfangreiche Praxis- und Berufserfahrung im internationalen Umfeld vorweisen
- haben hervorragende Job- und Karrierechancen
- trainieren wichtige Schlüsselqualifikationen, interkulturelle Kompetenzen und Sprachkenntnisse
- erhalten finanzielle Sicherheit durch kontinuierliche Vergütung

#### Unternehmen

- gewinnen hochqualifizierte, akademisch ausgebildete Mitarbeiter bzw. Studierende, die die Arbeitswelt in beiden Ländern kennen
- sparen sich zeit- und kostenaufwendige Einarbeitungszeiten oder Traineeprogramme nach dem Studium
- erhalten junge, motivierte und akademisch ausgebildete Fach- und Führungskräfte in der Grenzregion mit enger Firmenbindung, deren Praxis-Know-how auf die Unternehmen zugeschnitten ist
- fördern interkulturelle Erfahrungen und Vernetzung
- schaffen Anreize für Studierende, auch nach

dem Studium in der Region zu bleiben

- in Tschechien eröffnet sich eine neue Möglichkeit der Mitarbeitergewinnung

#### Region

- Der Markt an potenziellen Studierenden bzw. Auszubildenden wird durch die Einbeziehung von Bayern und Tschechien deutlich größer.
- Die Attraktivität der Unternehmen, die duale Studierende einstellen, steigt bei Arbeitssuchenden.
- Durch grenzüberschreitendes Arbeiten und Studieren werden Mitarbeiter ausgebildet, die zu einem intelligenten und nachhaltigen Wachstum der Regionen beitragen können.
- Studierende, die das duale Modell durchlaufen, bleiben in der Regel beim Unternehmen und damit in der Grenzregion. Die Tendenz zur Abwanderung in Metropolregionen wird verringert.
- Die Region wird als innovativer Motor sichtbar und gestärkt.

#### Fördergeber



#### Projektpartner



#### Projekt



**Martina Heim (M.A.)**

Technische Hochschule Deggendorf  
Referatsleiterin Career Service  
Dieter-Görlitz-Platz 1  
94469 Deggendorf

Tel.: +49 (0)991 3615-223  
E-Mail: [martina.heim@th-deg.de](mailto:martina.heim@th-deg.de)

**Claudia Probst (B.Sc.)**

Technische Hochschule Deggendorf  
Career Service  
Dieter-Görlitz-Platz 1  
94469 Deggendorf

Tel.: +49 (0)991 3615-284  
E-Mail: [claudia.probst@th-deg.de](mailto:claudia.probst@th-deg.de)



## Nachhaltiges Wirtschaften, Innovative Werkstoffe & Energie

### ▶ FAST FIZEAU INTERFEROMETER WITH POLARIZATION-SELECTIVE REFERENCE AND REDUCED MEASUREMENT UNCERTAINTY FOR PRODUCTION-INTEGRATED MEASUREMENT

Prof. Dr. Gerald Fütterer

#### Abstract

Fizeau interferometers are less sensitive to air turbulences or thermal drifts than other types of interferometers. Small standard deviations  $\sigma_\phi$  of the calculated phase values are obtained if the reference surface is placed close to the surface under test (SUT). If compared to other interferometers, the Fizeau interferometer has the highest repeatability of the phase measurement. In addition, reduced systematic errors of the measured phase of the SUT can be obtained which is due to the common beam path of the reference wave front and the object wave front. These are reasons why Fizeau interferometers are used for optical testing of, for instance, plane surfaces, spheres or aspheres.

However, one problem is that multiple beam reflections are present between the reference surface (REF) and the SUT. Furthermore, resulting intensity distribution depends on the reflectance of the REF and the reflectance of the SUT. The obtained interference fringes are not sinusoidal. But the minimum uncertainty  $|\Delta\phi|$  of the measured phase can be realized with sinus-like interference and phase-shifting algorithms.

The state of the art can be modified. The solution of the problems to be addressed is a fast Fizeau interferometer with polarization-selective reference and reduced measurement uncertainty for production-integrated measurement. A development project with the scope to realize this was most recently started at Deggendorf Institute of Technology (DIT). This paper will discuss some problems to be addressed in detail. Furthermore, the working principle of the solution is described.

*In Bezug auf Luft-Turbulenzen oder Temperaturänderungen sind Fizeau-Interferometer weniger empfindlich als andere Interferometer-Arten. Eine geringe Standardabweichung  $\sigma_\phi$  der berechneten Phasen  $\phi(x,y)$  werden ermöglicht, wenn die Referenz-Fläche (REF) nah an der zu prüfenden Fläche (engl.: surface under test, SUT) platziert wird. Im Vergleich zu anderen Interferometern hat ein Fizeau-Interferometer die höchste Wiederholgenauigkeit der Messung. Zusätzlich können reduzierte systematische Abweichungen der gemessenen Phase der SUT realisiert werden, was auf den gemeinsamen koaxialen Strahlengang des Referenz-Wellenfeldes und des Objekt-Wellenfeldes zurückzuführen ist. Dies sind einige relevante Gründe, weshalb Fizeau-Interfero-*

meter beispielsweise für die optische Prüfung von planen, sphärischen oder asphärischen Flächen verwendet werden.

Ein Problem ist jedoch, dass Mehrfach-Reflexionen zwischen der Referenz-Fläche (REF) und der zu prüfenden Fläche (SUT) vorhanden sind. In der Fizeau-Kavität (REF $\leftrightarrow$ SUT) wird das vorhandene Wellenfeld mehrfach hin und her reflektiert. Darüber hinaus hängt die resultierende Intensitätsverteilung vom Reflexionsvermögen der REF und vom Reflexionsvermögen der SUT ab. Die entstehenden Interferenzstreifen sind nicht sinusförmig. Aber die minimale Unsicherheit  $|\Delta\phi|$  der gemessenen Phase kann mit sinusförmigen Interferenzstreifen und Phase-Schiebe-Algorithmen realisiert werden.

Der Stand der Technik kann modifiziert werden. Die Lösung der zu adressierenden Probleme ist ein schnelles Fizeau-Interferometer mit polarisationsselektiver Referenz-Fläche und reduzierter Messunsicherheit, welches als Messsystem in ein Produktionsumfeld integriert werden kann. Ein Entwicklungsprojekt, welches die Realisierung dieses Interferometers zur Aufgabe hat, startete vor kurzem an der Technischen Hochschule Deggendorf (THD). Im Anschluss werden einige zu adressierende Probleme ausführlich erörtert. Darüber hinaus wird das Funktionsprinzip der Lösung beschrieben.

## Introduction

This paper is related to an internal development project, which started in December 2016 and will end in December 2018. One scope of the development is to measure plane surfaces with a diameter of  $d_{\text{SUT}} = 100$  mm. A diameter of up to  $d_{\text{SUT}} = 150$  mm might be optional. In addition, vibration-insensitive measurement has to be realized. If compared to the state of the art, this should be done with reduced measurement uncertainty. Another boundary condition is that high spatial resolution of the measurement should be obtained. This is the basis of a realistic description of the optical transfer function (OTF) of the SUT.

High-end optics drives the need for low tolerances and reduced measurement uncertainty. Interferometers provide wave front measurement which is related to the SUT. If compared to scanning measurements, reduced measurement time and reduced sensitivity to thermal drift can be obtained. That is why scanning approaches are not considered herein. Interferometers can realize low measurement uncertainty. Different interferometer types are used in optical shop testing. Most of them are based on the Twyman-Green or the Fizeau design [1, 2]. Different methods might be used in order to measure the phase distribution of the SUT. One method is to use a carrier frequency. The carrier frequency is realized by introducing a small wedge angle which is present between the two wave fronts interfering within the plane of the detector [3, 4]. A filter is applied to the Fourier transformation of the recorded interference pattern. Thus, the carrier frequency is filtered out. The phase of the back-transformed complex-valued distribution gives the phase distribution of the object. For this technique, a single-frame measurement is sufficient. Thus, vibration-insensitive operation, which is one target of the ongoing development project, is enabled. Furthermore, phase shifting can be applied in order to enable reduced measurement uncertainty. However, the carrier frequency approach will not be used he-

rein. The reason is that the carrier frequency consumes spatial resolution of the object space which is imaged onto the detector [5, 6]. In other words, this is contrary to the scope of using maximum spatial resolution of the optical imaging system.

As depicted in Figure 1, the intensity distribution of a sinusoidal two-beam interference depends on the intensity  $I_0$ , the visibility  $V$ , which is the interference contrast, and the mutual phase difference  $\Delta\phi$ . Thus, at least three variables are required in order to solve the equation of the two-beam interference [4]. If using more than three phase-shifted images, phase-shifting algorithms can provide error compensation.

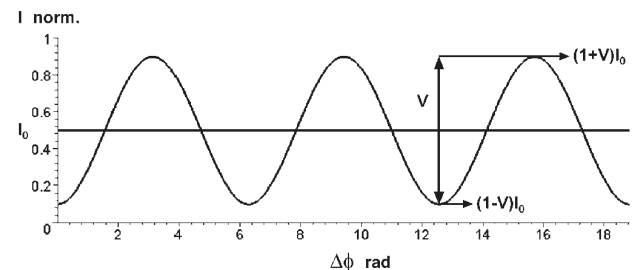


Fig. 1: Intensity distribution of a sinusoidal two-beam interference. The modulation depends on the intensity value  $I_0$ , the visibility  $V$  and the mutual phase difference  $\Delta\phi$ .

Thus four, five or even more phase-shifted images are used in order to provide error compensation. However, the introduction of phase shifts present between the interfering wave fronts requires time. In other words, the over-determined system of equations has a practical limit. An optimum in regards to time consumption and error compensation obtained is the five-phase algorithm, which was disclosed in 1983 [7]. The compensation of linear phase drifts of the five-phase algorithm, which is e.g. up to  $2\pi/2000$ , is excellent. The absolute value of the phase error  $|\Delta\phi|$  is much larger (see DIN 1319-3). Discrete values are dependent on the discrete embodiments. An error analysis shows that  $|\Delta\phi| = |\Delta\phi(\phi)|$ . In addition, a maximal estimation





$|\Delta\phi_{\max}| = |\Delta\phi_{\max}(\phi)|$  can be used. A method was derived that is based on the calculation of the phase error function of the measurement system and a phase measurement which is carried out within the global minimum of this function [8]. An example is depicted in Figure 2. This universal approach which can for instance be applied to different phase-shifting algorithms or even to a plurality of quite different measurement tasks can result in a significant reduction of the error budget. The discrete value depends on the discrete error function. However, much more error sources have to be taken into account, which are e.g. due to misalignment and aberrations. A few advantages and disadvantages of Fizeau interferometers are explained in the following section.

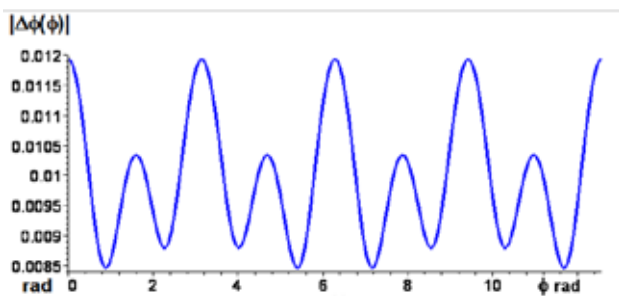


Fig. 2: Example of a phase error function of a phase-shifting algorithm (five phase shifts used [8]).

## State of the art Fizeau interferometer

The coaxial common path arrangement of a Fizeau interferometer is advantageous. The illumination light paths and the imaging light paths of the wave fields which are related to the REF and the SUT are the same. Only the Fizeau cavity is excluded from the coaxial common path condition. If compared, for instance, to Linnik or Twyman-Green interferometers, Fizeau interferometers can provide higher reproducibility, which is the basis for an effective calibration. Furthermore, residual variations of the refractive index  $n(x,y,z,T)$ , which might be present within different parts of the beam path, are canceled out. In cases where polarization selectivity has to be taken into account, residual stress birefringence can be calibrated and thus excluded from the final result. The Fizeau interferometer is stable and reliable. However, inherent effects limit the accuracy of a Fizeau interferometer. For instance, a sinusoidal interference pattern which is generated by a two-beam interference is the basis of phase-shifting interferometry (PSI) and the error compensation which can be obtained for over-determined systems of equations. But the multi-beam interferences present within a state-of-the-art Fizeau cavity limit the degree of compensation. If compared to the error compensation that can be achieved for sinusoidal patterns much higher uncer-

tainty is obtained for non-sinusoidal distributions. Thus, the reduction of the measurement uncertainty is linked to the multi-beam interference. Figure 3 shows the calculated intensity that is reflected back from a Fizeau cavity. The intensity depends on the reflectance of the REF, the reflectance of the SUT, the gap of the Fizeau cavity and the coherence of the illuminating wave field. A HeNe laser working at a wave length of  $\lambda = 632.8$  nm was presumed. The difference to a sinusoidal distribution is reduced for weak signals only. Different modifications of classic Fizeau interferometers that address the problem of multi-beam non-sinusoidal interference of Fizeau cavities had been proposed [9, 10]. However, the intended objectives of the DIT development project are maximum visibility  $V$  as well as vibration-insensitive operation and maximum common path match that also avoids different paths which might be introduced within the illumination unit. Thus, other solutions are necessary.

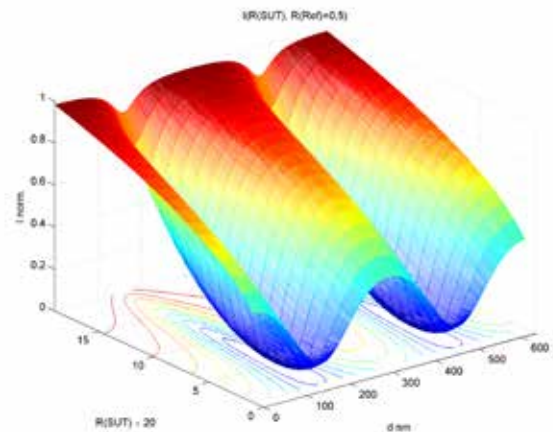


Fig. 3: Interference contrast  $V$  in dependence on the reflectance of the surface under test (SUT).

The SUT as well as the REF have to be imaged onto the detector plane. Both have to be within the depth of field (DOF), which refers to the object space. The term depth of focus refers to the image space which is placed at the side of the detector. To avoid confusion, the depth of field might be referred to as DOOF (depth of object field), where the third capital letter marks the object space, and the depth of focus might be referred to as DOIF (depth of image field), where the third capital letter marks the image space. Several aspects are related to a sharp image. Details should be resolved, the distortion should be low and known. Furthermore, the OTF that apply for the SUT and the REF should be the same or at least known with low uncertainty. In many measurement setups, this is not the case. To give an example, presume a REF with an  $f$ -number of  $f/1.0$ , with a radius of curvature of  $R_{\text{REF}} = -100$  mm. The Fizeau objective is, for instance, used to measure a meniscus in transmission (double path).

To this end, a convex return sphere or even a concave return sphere might be used. It can be seen that several beam paths which have a huge mutual optical path difference, are present. The convex return sphere might be preferred in regards to the realization of the cat's eye position which has to be realized for error separation [1]. The main task of the ongoing development project is to reduce measurement uncertainty. Consequently, the REF and the SUT have to be placed close to each other. Thus, the mutual OTF difference of the REF and the SUT can be minimized. This also means that a linear mutual mapping of both surfaces is practical. The setup is described within the following section.

### Working principle of the polarization Fizeau interferometer

The interferometer, which is in the building phase, is based on the separation of TE and TM polarized light. A wire grid polarizer (WGP), which is placed at the REF, provides the required on-axis separation. This concept was developed at the Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB, the national metrology institute of Germany) in Brunswick in 2005 [11]. The first target was measuring the flatness of electrostatically chucked lithographic masks (with large variation of the local reflectance  $R(x,y)$ ) working at the soft X-ray wave length of  $\lambda = 13.5$  nm. Furthermore, vibrations e.g. due to vacuum pumps should explicitly not be critical. Figure 4 depicts the beam path. A laser with a coherence length of  $z_c(HM) = 20$  mm is sufficient. A Kerr cell will be used in order to introduce the phase shift that is present between orthogonal polarization states. REF and SUT are imaged onto the detector plane at maximum resolution. Both are placed within the longitudinal range of telecentricity. Thus, identical magnification and identical image distortion are realized. A telecentric lens from Sill Optics GmbH (Germany) is used, which guarantees a minimum distortion. Spatial wave length can be measured down to  $\Lambda_{min} = 54 \mu\text{m}$ , which is important in regards to the detection of mid-spatial frequency surface errors. Thus, exact mapping can be obtained and e.g. be used for magnetorheological figuring (MRF), fluid jet polishing (FJP) or ion beam figuring (IBF). The images of the SUT and the REF have orthogonal polarizations. Thus, a polarization filter which is orientated at  $45^\circ$  deg has to be mounted in front of the CMOS detector array. The detector array has to be synchronized with the Kerr cell. The propagation length of acoustic waves with frequencies of  $\nu \geq 200$  Hz is negligible. Thus, a frame rate of 1 kHz is sufficient for five-frame PSI. Residual stress birefringence can be calibrated and stored in a separate  $\varphi(\text{TE, TM, } x, y)$ -map which is equivalent to a look up table (LUT). Thus, correction is not an issue.

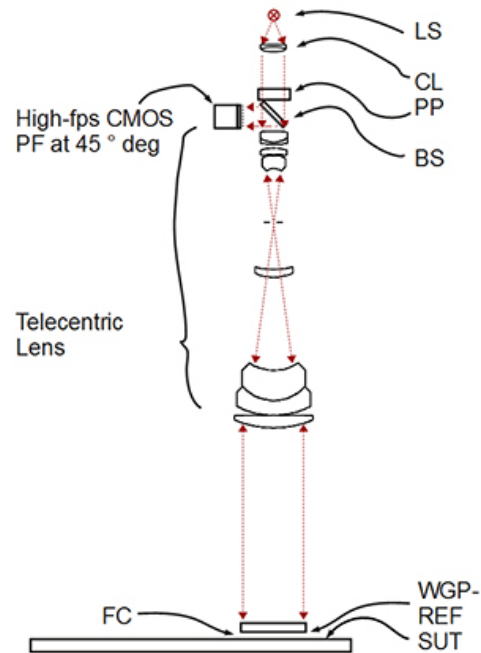


Figure 4. Beam path of a vibration-insensitive polarization Fizeau interferometer (LS: light source, CL: collimating lens, PP: glass plate, BS: beam splitter, WGP-REF: wire grid type reference surface, SUT: surface under test, FC: Fizeau cavity, PF: polarization filter).

### Conclusion

A polarization Fizeau interferometer will be developed at Deggendorf Institute of Technology (DIT). The project was started most recently. The interferometer has the potential to significantly reduce the measurement uncertainty of plane surfaces. This is based on the use of a WGP which decouples the signals of a Fizeau cavity ( $\text{SUT} \leftrightarrow \text{REF}$ ). The interferometer should enable PSI with an absolute measurement uncertainty of  $2\pi/150$ . An enhanced PSI algorithm which is based on the phase measurement within the minima of the phase error function (PEF) can be applied. Thus, a low uncertainty of e.g.  $\Delta\phi < 2\pi/300$  should be practical. No moving parts are required for PSI. Thus, vibration-insensitive measurement can be realized. The preliminary analysis shows that the system can provide unique measurement performance. However, practical tests will have to verify this in the near future.

### Keywords

polarization Fizeau interferometer, on-axis beam splitter, TE/TM separation, phase-shifting interferometry



## Acknowledgement

The author acknowledges funding for the development project from Deggendorf Institute of Technology (DIT). In addition, the author would like to thank the Society of Friends and Supporters of Technology Campus Teisnach e.V. for the financial support, which was used for the high-resolution high-frame-rate CMOS camera. This device is a key component of the polarization Fizeau interferometer, enabling a vibration-insensitive operation and a phase measurement with low measurement uncertainty.

## References

- [1] Malacara, Daniel (2007): Optical shop testing. 3rd edition. Hoboken, N.J: Wiley Interscience (Wiley series in pure and applied optics).
- [2] Naumann, Helmut; Schröder, Gottfried (1992): Bauelemente der Optik. Taschenbuch der technischen Optik. 6., neubearb. Auflage. München: Carl Hanser Verlag.
- [3] Goodman, Joseph W. (1968): Introduction to Fourier Optics. New York: McGraw-Hill (McGraw-Hill Physical and Quantum Electronics Series).
- [4] Born, Max; Wolf, Emil (1991): Principles of Optics: Pergamon Press.
- [5] Morrison, Norman (1994): Introduction to Fourier analysis. New York: John Wiley & Sons Inc.
- [6] Fütterer, Gerald (2007): Simulation of the detectors response of an autocollimator. In: H. Bosse, B. Bodermann und R. M. Silver (Hg.): Modeling Aspects in Optical Metrology. Proceedings of SPIE, Volume 6617, Art. No. 661703, S. 1–8.

[7] Schwider, J.; Burow, R.; Elssner, K. E.; Grzanna, J.; Spolaczyk, R.; Merkel, K. (1983): Digital wave-front measuring interferometry: some systematic error sources. In: Applied Optics 22 (21), S. 3421–3432.

[8] Fütterer, Gerald; Schwider, J. (2005): Uncertainty analysis for phase measurement on PSM with a 193nm common-path shearing interferometer. In: Heidi Ottevaere, Peter DeWolf und Diederik S. Wiersma (Hg.): Nano- and Micro-Metrology. Proceedings of SPIE, Volume 5858, S. 585816.

[9] Küchel, Michael (1987): Interferometer zur Messung von optischen Phasendifferenzen. Veröffentlichungsnr: EP0281906A2. Priorität: 07.03.1987 DE 3707331.

[10] Sasaki, Osami; Okamura, Toshiaki; Nakamura, Takanori (1990): Sinusoidal phase modulating Fizeau interferometer. In: Applied Optics 29 (4), S. 512–515.

[11] Fütterer, Gerald: Verfahren zur interferometrischen Bestimmung einer optischen Weglänge zwischen der Oberfläche eines Objekts und einer Referenzfläche und Interferometeranordnung. Veröffentlichungsnr: DE102006016053B4. Prioritätsdatum: 04.04.2006.

## Fördergeber



Verein der Freunde und Förderer  
des Technologiecampus Teisnach e.V.



## Prof. Dr. Gerald Fütterer

Technische Hochschule Deggendorf  
Fakultät Angewandte Naturwissenschaften  
und Wirtschaftsingenieurwesen  
Leitung Arbeitsgruppe Messtechnik

Dieter-Görlitz-Platz 1  
94469 Deggendorf

Tel.: +49 (0)991 3615-533 (Deggendorf)  
Tel.: +49 (0)9923 8045-415 (Teisnach)  
E-Mail: gerald.fuetterer@th-deg.de

## ▶ GLASWAFER AUS GOBs (GlaGOB)

Maximilian Hasenberger (B.Eng.), Stefan Menzel (Dipl.-Phys.), Prof. Raimund Förg

### Abstract

GOBs aus Glas sind häufig verwendete Halbzeuge für sich anschließende Heißformgebungen. GOBs werden erzeugt indem eine definierte Menge flüssigen Glases aus der Schmelzwanne abgetrennt und in einer Form abgekühlt wird.

Hochwertige Glaswafer werden aktuell mit zwei aufwendigen und komplexen Methoden hergestellt.

Die Motivation besteht in der möglichen Reduzierung des aktuell zeit- und arbeitsintensiven Aufwands bei der Herstellung von qualitativ hochwertigen Glaswafern für die Halbleiterindustrie.

Gegenstand des Projekts „GlaGOB“ ist es zu erforschen, ob man Glaswafer mittels direkter Warmformgebung aus Glas-GOBs herstellen kann.

Im Projekt wurde nachgewiesen, dass sich Glaswafer mittels Präzisionsblankpressen aus TRITAN®-GOBs herstellen lassen. Die bisher unumgänglichen und aufwendigen Trenn- und Polierverfahren sind nicht mehr notwendig.

Im Unterschied zu den bisher etablierten Verfahren ist es jetzt möglich, unterschiedliche Glaszusammensetzungen zu Wafern zu pressen. Die für den Wechsel der Glassorte benötigte Zeit ist kurz, was ein zusätzlicher Vorteil für kleine Losgrößen ist.

*Glass GOBs are often used as semi-finished products for further processing like hot forming. GOBs are produced by separating a defined quantity of liquid glass from the furnace and cooling it down in a mold.*

*Premium glass wafers are currently produced by two extensive and complex methods.*

*The motivation of the project "GlaGOB" is to possibly reduce the extensive time and work it currently takes to manufacture premium glass wafers for the semiconductor industry.*

*The project's purpose is to research whether it is possible to manufacture glass wafers from glass GOBs by direct warm forming.*

*In this project, it has been proven that glass wafers can be manufactured out of TRITAN®-GOBs by precision molding. The extensive cutting and polishing processes which have been indispensable up to now are no longer necessary.*

*In contrast to the previously established methods it is now possible to press wafers of different glass compositions. The set-up time required for changing the glass type is short, which is an additional benefit when it comes to small lots.*

**Gegenstand des Projekts „GlaGOB“** ist es zu erforschen, ob man Glaswafer mittels direkter Warmformgebung aus Glas-GOBs herstellen kann.

### Einleitung

Unter dem **Begriff GOB** versteht man ein Halbzeug aus Glas. GOBs werden erzeugt, indem eine definierte Menge flüssigen Glases aus der Schmelzwanne abgetrennt und in einer Form abgekühlt wird. GOBs sind eine häufig genutzte Basis für eine Vielzahl von sich anschließenden Heißformgebungen und mechanischen Bearbeitungen.

**Stand der Technik** bei der Herstellung hochwertiger Glaswafer sind zwei aufwendige und komplexe Methoden:

Im ersten Verfahren wird flüssiges Glas zu einem Block gegossen. Dieser wird anschließend zu Plat-

ten trenngeschliffen. Aufwendige und zeitintensive Poliervorgänge sind notwendig, um die anspruchsvolle Spezifikation für Wafer, insbesondere im Hinblick auf Oberfläche und Form zu erreichen.

Eine zweite Methode ist das Down-Draw-Verfahren von SCHOTT Advanced Optics. Hier wird das geschmolzene Glas über eine Auslaufdüse aus dem Schmelzofen nach unten durch die Kühlstrecke gezogen und durchläuft mehrere Walzenpaare. Dieser Prozess stellt höchste Anforderungen an die Homogenität der Schmelze und an die Temperaturführung jedes Prozessschrittes.

**Ziel** ist die Verringerung des aktuell zeit- und arbeitsintensiven Aufwands bei der Herstellung hochwertiger Glaswafer für die Halbleiterindustrie. Glas-GOBs sollen dabei mit den nachstehenden Kriterien auf direktem Wege zu Glaswafern präzisionsblankgepresst werden





- Wafer-Durchmesser: 100 mm
- Wafer-Dicke: 1 mm
- Glassorte TRITAN® der Ullrich GmbH
- Keine Einschlüsse, keine Schlieren und Ebenheit sowie Rauheit gemäß einer Spezifikation von SCHOTT

## Beschreibung

### Herstellung und Vorbereitung der GOBs

Der in Abb. 1 dargestellte GOB hat ein Volumen von mehr als  $11,2 \text{ cm}^3$  - ein Glaswafer von 1 mm Dicke mit einem Durchmesser von 95 mm hingegen hat nur ein Volumen von  $7,1 \text{ cm}^3$ . Deshalb mussten die GOBs zunächst präpariert werden. Sie wurden zu Preformen geschnitten. Das verwendete TRITAN-Glas hat eine Glasübergangstemperatur  $T_g$  von  $539^\circ\text{C}$ .

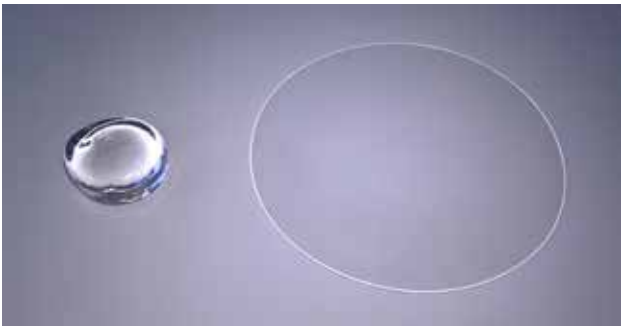


Abbildung 1: TRITAN®-GOB vs. TRITAN®-Glaswafer

Üblicherweise sind Wafer zu deren präziser Ausrichtung seitlich abgeflacht. Die in diesem Projekt hergestellten Wafer sind hingegen vollständig rund. Das seitliche Abflachen ist effizienter als diese Form bereits im Pressprozess zu erzeugen.

Wafer werden für unterschiedliche Anwendungen eingesetzt, z. B. als Packaging- oder Trägermaterial für MEMS im Bondprozess. „Unter Bonden von Wafers ist ein Prozess zu verstehen bei dem die beiden auf Spiegelqualität polierten Wafer durch Adhäsion ohne eine makroskopische Kleberschicht oder äußere Kraft aneinander haften“ [1].

Um Wafer in der exakt gleichen Abmessung und derselben Masse herstellen zu können, wurden alle Preformen auf die gleiche Masse präpariert.

Die Volumina der Preformen mit unterschiedlichen Geometrien wurden so ausgewählt, dass diese identisch mit dem Volumen eines Wafers mit einer Höhe von 1 mm und einem Durchmesser von 95 mm sind.

Drei verschiedene Preformen kamen zum Einsatz – zwei Zylinder, einer davon mit 36 mm Durchmesser und 7 mm Höhe und ein anderer mit 20 mm Durchmesser und 22,6 mm Höhe. Die dritte Preform war ein Würfel mit einer Kantenlänge  $a=19,2 \text{ mm}$ .

## Das Präzisionsblankpressen

Alle Versuche wurden auf einer Präzisionsblankpresse „Nanotech 140 GPM“ des Herstellers Moore Nanotechnology Systems durchgeführt. Deren Presskammer ermöglicht es, Presswerkzeuge bis zu einem Durchmesser von 140 mm aufzunehmen. Die Bewegungsabläufe sind computergesteuert und arbeiten wahlweise im positions- oder kraftgesteuerten Modus. Die Anlage verfügt über eine integrierte Heizung und zwei Kühlkreisläufe. Es können Presszyklen bis zu Temperaturen von  $800^\circ\text{C}$  gefahren werden. Das Präzisionsblankpressen ist wahlweise unter Vakuum oder unter Schutzgas bei Presskräften von bis zu 25 kN möglich [2].

Im Inneren der Kammer befinden sich als Heizquelle fünf ringförmige IR-Lampen (Abb. 2). Mit diesen werden die Pressplatten und die Glas-Preformen gemeinsam auf eine Temperatur oberhalb von  $T_g$  aufgeheizt. Glas bricht, wenn es bereits unterhalb von  $T_g$  einer Umformkraft ausgesetzt würde. Sobald die Temperatur der gesamten Glasform  $T_g$  übersteigt, wird das Glas viskos und verformbar. Sobald  $T_g$  wieder unterschritten wird, behält das Glas seine Form [3]. Während des Pressvorgangs muss somit die Temperatur stets oberhalb von  $T_g$  liegen. Deshalb wurde grundsätzlich ein Offset von mindestens 20 K zum  $T_g$  gewählt [4].

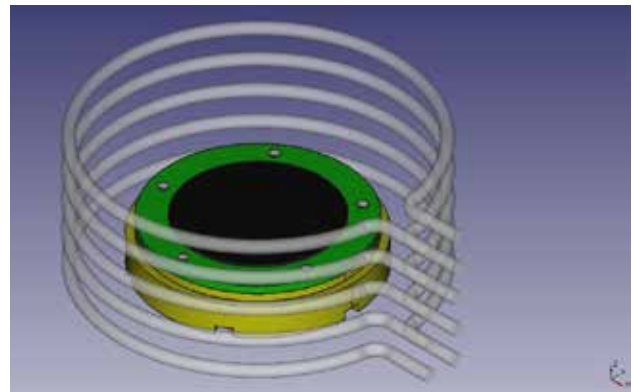


Abbildung 2: Adapterplatte, Klemmring und Pressplatte mit IR-Strahlern

Jedes Werkzeug besteht aus einer Adapterplatte, einem Klemmring und der aktuellen Pressplatte. Das Design setzt sich aus zwei unmittelbar übereinander angeordneten Pressplatten zusammen. Um eine korrekte Positionierung der Pressplatten sicher zu stellen, wurden diese mit Klemmringen auf Adapterplatten fixiert. Diese wiederum sind in der Presskammer auf zwei Flansche montiert.

Die Adapterplatten und die Klemmringe bestehen aus BN-beschichtetem Stahl, die Pressplatten hingegen aus einem hochtemperaturbeständigen Material an dem das Glas nicht anhaftet. Die gemes-

sene Welligkeit der Pressplatte beträgt 0,08 mm (+0,03 mm/-0,05 mm).

Der gesamte Presszyklus läuft unter einer inerten Atmosphäre (Stickstoff) ab. Aufgrund der internen Sicherheitsparameter der Presse wurde der Prozess nach einer Formgebung des GOBs von 7-8 mm gestoppt. Um Wafer mit einer Dicke von nur 1 mm zu erhalten, wurden Preformen mit einer Höhe von mehr als 8 mm dann mehrfach gepresst.

Ein vollständiger Presszyklus ist in Abbildung 3 dargestellt. Das Glas wurde kontinuierlich mit der Presskraft beaufschlagt. Es wurde festgestellt, dass der Pressprozess Temperatur-schwankungen unterliegt, deren Amplitude proportional zur Temperatur ist. Die Standardeinstellung der PID-Regler ist nicht schnell genug, diese Fluktuation zu kompensieren. Der Temperaturfühler befindet sich unterhalb der Pressplatte. Aufgrund der Wärmeleitfähigkeit der Pressplatten erfolgt die Messung der tatsächlichen Temperatur mit einer Zeitverzögerung von ca. drei Minuten.

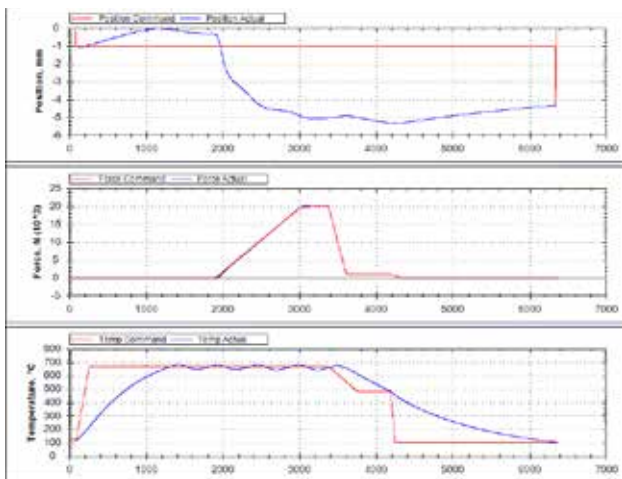


Abbildung 3: Vollständiger Presszyklus

Um einen Wafer aus einem Würfel zu formen, sind drei Presszyklen notwendig (Abb. 4). Nach zweimaligem Pressen weist die Form bereits eine Dicke von 2 mm auf (Zustand 3), hat jedoch in deren Umfang noch Ecken. Diese Ecken sind nach dem abschließenden Pressen auf eine Dicke von 1 mm nicht mehr zu erkennen – der Umfang ist vollständig verrundet.

Im Zentrum des Wafers kann man noch einen leichten Abdruck der Würfelform erkennen. Die Verschmutzung wurde verursacht durch das mehrfache Pressen bei hoher Temperatur. Die Prozessparameter sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Zunächst wurde eine niedrigere Temperatur gewählt, damit die Viskosität des Glases noch groß genug ist um die Presskraft aufzunehmen. Um jedoch eine Dicke von einem Millimeter erreichen zu können, mussten

sowohl die Presskraft als auch die Temperatur erhöht werden.



Abbildung 4a: Wafer - hergestellt aus kubischer Preform

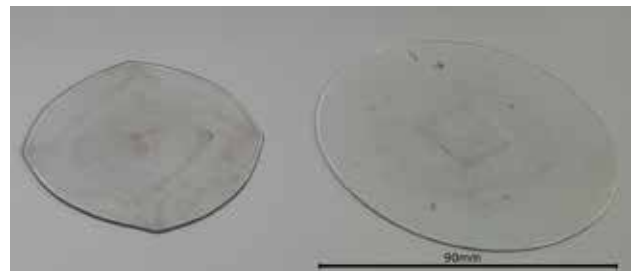


Abbildung 4b: Wafer - hergestellt aus kubischer Preform

Pressschritt	Pressparameter		
	Temperatur	Kraft	Kraftvektor
1	570°C	500N	50N/min
2	590°C	20kN	2kN/min
3	650°C	20kN	2kN/min

Tabelle 1: Parameter für das Waferpressen aus einem Würfel mit Kantenlänge 19,2 mm

Um einen Zylinder mit 20 mm Durchmesser zum Wafer zu pressen, sind vier Zyklen notwendig. Die Startparameter für Temperatur und Presskraft wurden niedrig gewählt. Im letzten Schritt wurden die bereits beim Pressen aus der Würfel-Preform bewährten Parameter verwendet, um die Waferdicke von 1 mm zu erreichen.

Pressschritt	Pressparameter		
	Temperatur	Kraft	Kraftvektor
1	570°C	500N	50N/min
2	590°C	2kN	200N/min
3	590°C	20kN	2kN/min
4	650°C	20kN	2kN/min

Tabelle 2: Parameter für Ø20mm Zylinder

Die leichte Verfärbung der Oberfläche wird verursacht durch eine chemische Reaktion der Glaswafer mit deren Umgebung. Der auf ca. 10 ppm verminderte Sauerstoffgehalt der Inertgasatmosphäre reichte bereits aus, um die Glasoberfläche partiell zu reduzieren. Die Verfärbung war nur an den Oberflächen und ließ sich mittels eines erhöhten Sauer-



stoffanteils rückstellen.

Die beabsichtigten Anwendungen erfordern auch spezifische Eigenschaften der Oberfläche. Die Wafer müssen plan sein mit einer gleichmäßig niedrigen Rauheit.

Gepresste Wafer aus Glaszylindern mit einem Durchmesser von 20 mm haben mit einer Formabweichung von 25  $\mu\text{m}$  eine starke Welligkeit. Ursache dieser **Welligkeit** ist die der Pressplatten. Diese formte sich auf die Glaswafer ab.

Die **Rauheit** der Oberfläche wird ebenfalls von der Pressplatte auf das Glas übertragen. Innerhalb eines Wafers ist die Rauheit ungleichmäßig, d. h. diese nimmt vom Mittenbereich zum Rand hin ab:

Die Rauheit betrug im Mittenbereich eines Wafers:  
 $R_a = 0,04 \mu\text{m}$   
 $R_z = 0,53 \mu\text{m}$

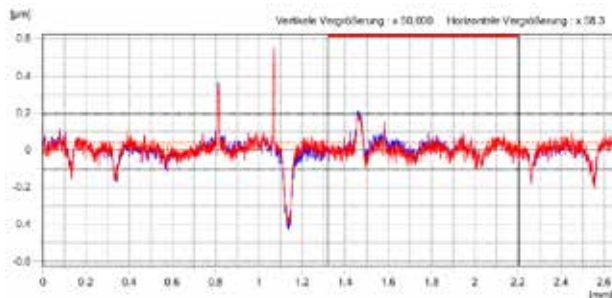


Abbildung 5: Messung der Oberflächenrauheit im Randbereich eines gepressten Wafers

$R_a = 0,03 \mu\text{m}$   
 $R_z = 0,30 \mu\text{m}$

Für eine industrielle Verwendbarkeit sind Rauheitswerte ( $R_a$ ) von  $<5 \text{ nm}$  gefordert. Solche am Markt verfügbaren Wafer wurden jedoch mehrfach poliert.

Die Pressform verfügt über keine Randeinfassung, so dass die Rundheit der Wafer ebenfalls zu prüfen war. Das Glas fließt beim Pressen axial und vor allem radial in alle Richtungen, jedoch nicht gleichmäßig.

Der Fließprozess ist temperaturabhängig. An kalten Stellen - z. B. dort wo sich die Anschlussstellen der Heizstrahler befinden - ist das Glas zäher und fließt folglich langsamer.

Die gemessene Rundheit ist in Abb. 6 dargestellt.

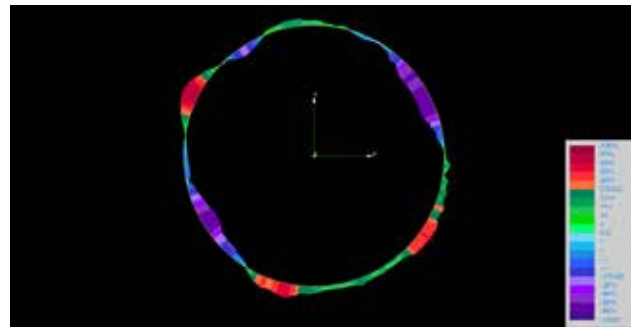


Abbildung 6: Rundheit eines gepressten Wafers

Die blauen Stellen zeigen einen zu kleinen Glasfluss in diese Richtung. An den roten Stellen war das Glas heißer und damit war der Glasfluss in diese Richtung auch stärker. Der gemessene Formfehler der Rundheit lag bei 0,55 mm.

## Ergebnis und Potenzial

Es wurde die Machbarkeit nachgewiesen, dass sich Glaswafer mittels Präzisionsblankpressen aus TRITAN®-GOBs herstellen lassen. Die bisher unumgänglichen und aufwendigen Trenn- und Polierverfahren nicht mehr notwendig.

Die entscheidenden, das Ergebnis beeinflussenden Prozessparameter sind die Temperatur, die Presskraft und der Kraftvektor.

Die äußere Geometrie der Preform ist für das Pressen von 1 mm-Glaswafern vernachlässigbar. Es ist völlig ausreichend, GOBs mit exakter Masse als Preform zu verwenden. Der Aufwand, GOBs mit exakt gleicher Masse herzustellen, ist zudem deutlich kleiner als exakte Formen aus gegenwärtigen GOBs heraus zu schleifen.

Die Oberflächenqualität der Glaswafer, d. h. deren Rauheit und Welligkeit, lässt sich mit neuen und präzisen Pressplatten deutlich verbessern. Um Oberflächenverfärbungen auf den Wafern zu verhindern, kommt der Zusammensetzung der Atmosphäre eine besondere Bedeutung zu.

Im Unterschied zu den bisher etablierten Verfahren lassen sich mit diesem neuen Verfahren jetzt auch unterschiedliche, am Markt noch nicht verfügbare Glaswafer anderer Glaszusammensetzungen realisieren. Die für den Wechsel der Glassorte benötigte Rüstzeit der Anlage ist kurz, was insbesondere für kleine Losgrößen von großem Vorteil ist.

## Literatur

[1] Tong, Q.-Y; Gösele, Ulrich (1999): Semiconductor Wafer Bonding. Science and Technology. New York, N.Y: J. Wiley and Sons (A Wiley-Interscience publication).

[2] Moore Nanotechnology Systems, LLC (Swanzey, New Hampshire): Moore Nanotech 140GPM. Brochure Rev. 0914.

[3] Tsai, Yu-Chung; Hunga, Chinghua; Hung, Jung-Chung (2008): Glass Material Model for the Forming Stage of the Glass Molding Process. In: Journal of Materials Processing Technology 201 (1-3), S. 751-754.

[4] Yan, Jiwang; Zhou, Tianfeng; Masuda, Jun; Kuriyagawa, Tsunemoto (2009): Modeling High-Temperature Glass Molding Process by Coupling Heat Transfer and Viscous Deformation Analysis. In: Precision Engineering 33 (3), S. 150-159.

## Fördergeber



## Projektpartner



## Ein Projekt von



### Prof. Raimund Förg

Wissenschaftlicher Leiter  
Technologie Anwender Zentrum Spiegelau  
Dr. Ludwig-und-Johanna-Stockbauer-Platz 1  
94518 Spiegelau

Tel.: +49 (0)991 3615-492 (Deggendorf)  
E-Mail: raimund.foerg@th-deg.de



### Maximilian Hasenberger (B.Eng.)

Technologie Anwender Zentrum Spiegelau  
Dr. Ludwig-und-Johanna-Stockbauer-Platz 1  
94518 Spiegelau

E-Mail: maximilian.hasenberger@stud.th-deg.de



### Stefan Menzel (Dipl.-Phys.)

Technologie Anwender Zentrum Spiegelau  
Arbeitsgruppe Messtechnik und Analytik  
Dr. Ludwig-und-Johanna-Stockbauer-Platz 1  
94518 Spiegelau

Tel.: +49 (0)8553 97996-14  
E-Mail: stefan.menzel@th-deg.de





## ▶ GLAS-TECHNOLOGIE-ALLIANZ OBERFRANKEN-OSTBAYERN (GlasTAOO)

Benedikt Scharfe (Dipl.-Ing.), Liane Bingel (M.Sc.), Dr. rer. nat. Leonard Alaribe

### Abstract

Die Universität Bayreuth und die Technische Hochschule Deggendorf, die das Technologie Anwender Zentrum (TAZ) in Spiegelau betreiben, arbeiten bereits seit vielen Jahren mit Unternehmen der Glasindustrie zusammen. Im neuen Verbund Glas-TAOO, gestartet im März 2016, wird gemeinsam mit Industriepartnern in Oberfranken und Ostbayern an Innovationen gearbeitet, die entlang der gesamten Prozesskette der Glasproduktion angesiedelt sind. Glas-TAOO wendet sich daher an Rohstoffproduzenten, Glashersteller, Anlagenbauer und Halbzeug-Produzenten ebenso wie an Hersteller und Anwender von Endprodukten aus Glas. Das Projekt Glas-Technologie-Allianz Oberfranken-Ostbayern, Glas-TAOO, zielt darauf ab durch Technologietransfer in den Querschnittsthemen „Effiziente Produktionstechnologien - Green Factory“ und „Clean Technology“ Innovationen zu erzielen.

*The University of Bayreuth and Deggendorf Institute of Technology, who jointly operate the Technology Application Center Spiegelau, have been working together with partners from the glass industry for many years. In the recently launched initiative Glas-TAOO, which was started in March 2016, the goal is to work together with industrial and small-to-medium-sized partners from the Northern and Eastern Bavarian regions on innovations throughout the whole process-chain of the glass industry. This includes raw materials, glass production, machine manufacturers, semi-finished products as well as end-users of glass-based products. The main objective of Glas-TAOO are innovations for the technology transfer in the main development topics "Green Factory – efficient production technologies" and "Clean Technology".*

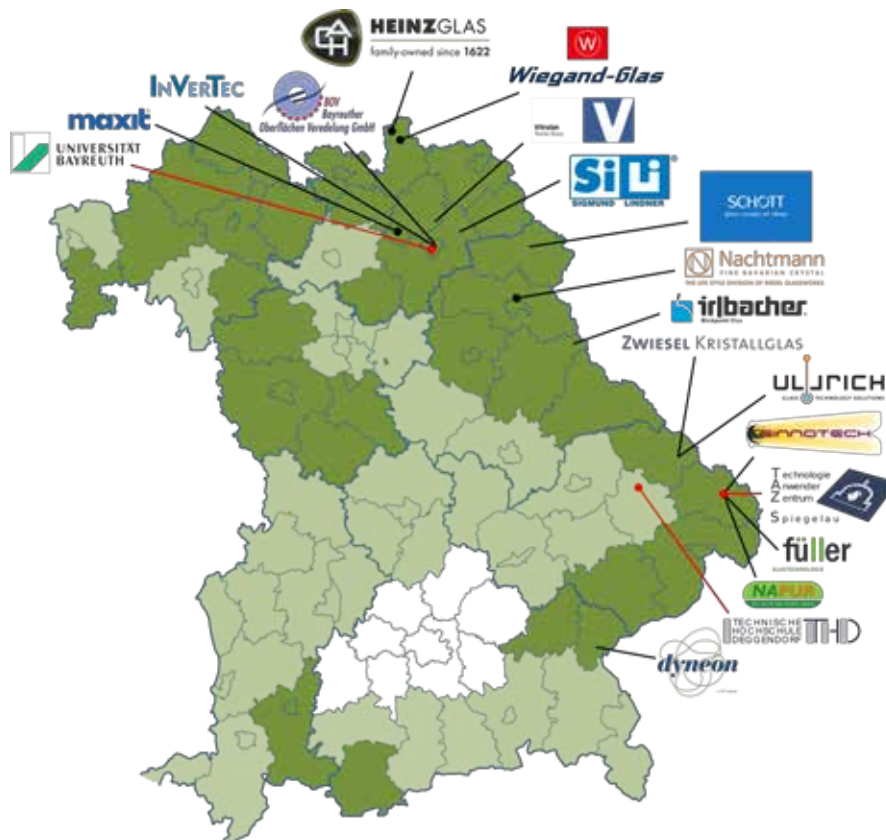


Abb.1: Beteiligte Projektpartner und Forschungsinstitute (Stand Juni 2016).

## Beschreibung des Projekts

Das Projekt Glas-TA00 (Glas-Technologie-Allianz Oberfranken-Ostbayern) zielt darauf ab, durch Technologietransfer in den Querschnittsthemen „Effiziente Produktionstechnologien - Green Factory“ und „Clean Technology“ Innovationen zu entwickeln. Die Projektziele sind sowohl auf Effizienzsteigerung bei der Produktion als auch auf Ressourceneffizienz ausgerichtet. Folgende Themen werden bearbeitet:

### Effiziente Produktionstechnologien

- Flexibilisierung der Glasproduktion durch Einsatz kombinierter elektrothermischer Heizverfahren und mechatronischer Verarbeitungsmaschinen
- Downscaling von Glas-Schmelzaggregaten zur Flexibilisierung der Produktion

- Qualitätssicherung durch neuartige Methoden der In-situ-Prozessüberwachung und Steuerung
- Automatisierte Produktion und neue Prozessfenster zur Herstellung von funktionalisierten Glasadditiven für die Bau-, Transport- und Energieindustrie

### Clean Tech

- Schließung des Wertstoffkreislaufs durch fortgeschrittenes Upcycling von End-of-Life-Glas und durch Erschließung von bisher nicht genutzten Reststoffströmen und Mineralien
- Energiespeicherung, insbesondere dezentrales und netzflexibles Demand-side Energiemanagement zur signifikanten Steigerung der Energieeffizienz der Glasproduktion

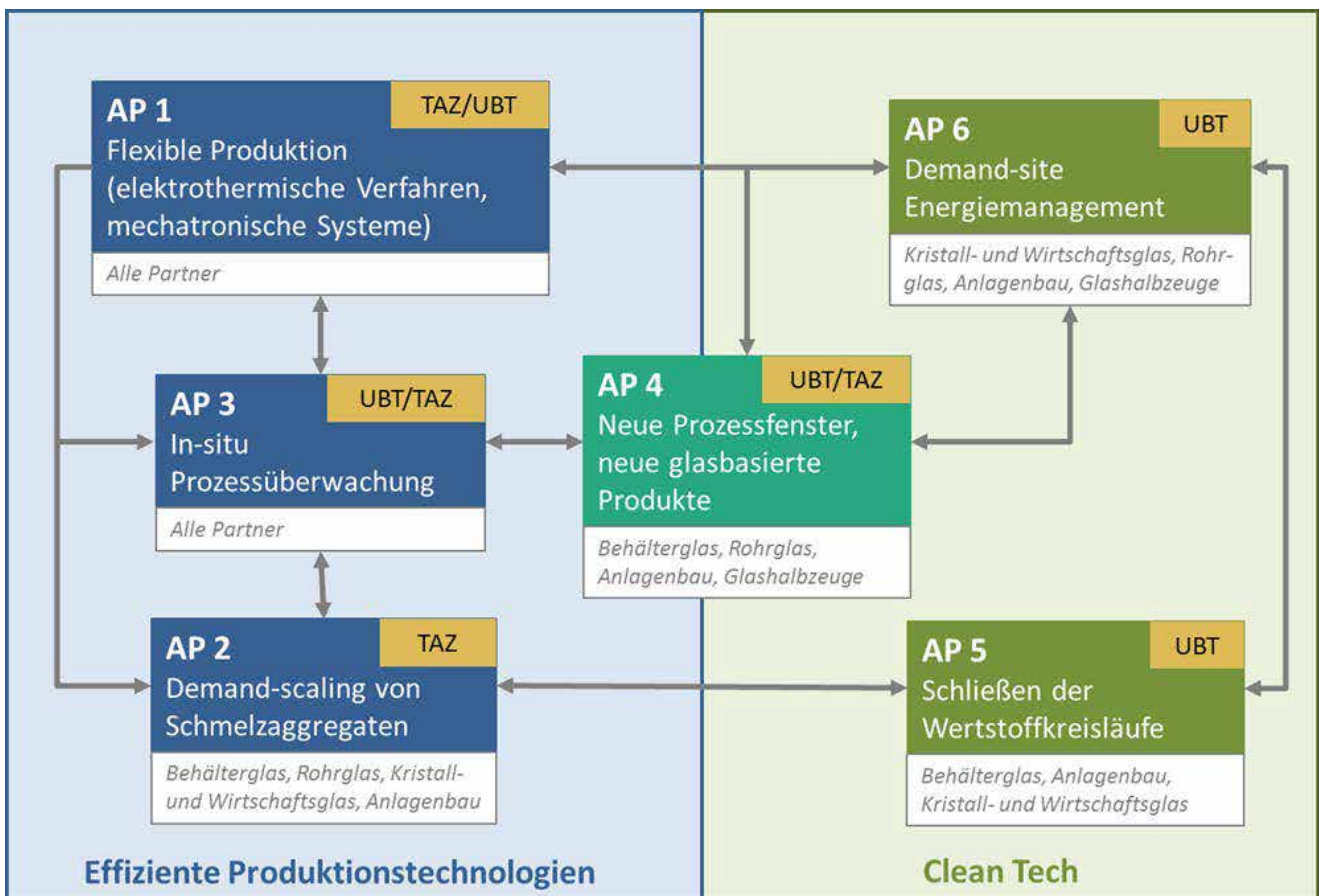


Abb.2: Projektstruktur und die Verzahnung zwischen Industrie und Hochschulen sowie Forschungsinstituten.

Die gemeinsame Innovationsinitiative soll einen langfristigen und nachhaltigen Technologietransfer zwischen der regionalen oberfränkischen und ostbayerischen Glasindustrie und der Universität Bayreuth sowie dem Technologie Anwender Zentrum Spiegelau ermöglichen. Sowohl an der Uni Bayreuth als auch am TAZ existieren bereits seit vielen

Jahren Projektkooperationen mit der Glasindustrie, die sich mit anwendungsorientierter Produkt- und Prozessentwicklung befassen, insbesondere für glasbasierte Produkte für den Bau-, Energie- und Verpackungs-Sektor. Basierend auf Einzelprojekten ist es bisher nicht möglich gewesen, die erworbene Kompetenz für eine dauerhafte Vernetzung von



Wissenschaft und Wirtschaft einzusetzen und so nachhaltig die regionale Innovationskraft der Glasindustrie zu stärken.

Mit dem Projekt Glas-TA00 sollen die Technologieentwicklung und der Technologietransfer zwischen Hochschule und Industrie über die Förderperiode hinaus verstetigt werden, durch die vorhandene Infrastruktur am TAZ/THD in Ostbayern und in Oberfranken, an der Uni Bayreuth/ Forschungsstelle WOPAG/TAO KeyLabs.

Das Strukturförderungsprojekt mit einer Laufzeit von vier Jahren wird durch den Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) kofinanziert. Es stellt als solches eine offene Struktur dar und ist für weitere Partner offen.

## Ein Projekt von



### **Benedikt Scharfe (Dipl.-Ing.)**

Technologie Anwender Zentrum Spiegelau  
Operative Leitung  
Dr. Ludwig-und-Johanna-Stockbauer-Platz 1  
94518 Spiegelau

Tel.: +49 (0)8553 97996-11  
E-Mail: benedikt.scharfe@th-deg.de



### **Liane Bingel (M.Sc.)**

Technologie Anwender Zentrum Spiegelau  
Arbeitsgruppe Messtechnik und Analytik  
Dr. Ludwig-und-Johanna-Stockbauer-Platz 1  
94518 Spiegelau

Tel.: +49 (0)8553 97996-22  
E-Mail: liane.bingel@stud.th-deg.de



### **Dr. rer. nat. Leonard Alaribe**

Technologie Anwender Zentrum Spiegelau  
Arbeitsgruppe Schmelztechnik und Heißformgebung  
Dr. Ludwig-und-Johanna-Stockbauer-Platz 1  
94518 Spiegelau

Tel.: +49 (0)8553 97996-18  
E-Mail: leonard.alaribe@th-deg.de

## ▶ GLAS ALS GRUNDMATERIAL FÜR ANWENDUNGEN IM BEREICH LED TECHNOLOGIE

Daniel Möllenbeck, Christian Wistl (B. Eng.), Prof. Raimund Förg

### Abstract

Mikroglaslinsen zum Fokussieren von konvertiertem Licht bei der Verwendung in LED Modulen

Glas stellt eines der neuesten Materialien zum Gebrauch in der Halbleiterindustrie dar und findet stetig neue Anwendungsgebiete wie die Produktion von modularen Systemen. Die universellen Materialeigenschaften von Glas wie die hohe Dielektrizität und die chemische Beständigkeit sowie die geringen Herstellungskosten führen zu einer steigenden Verwendung in Halbleitersystemen. Aufgrund dieser Materialeigenschaften und der ökonomischen Attraktivität bietet sich Glas auch als Substratmaterial für optische Halbleiterkomponenten an. Dabei stehen vor allem die thermische Beständigkeit und die optische Abstrahlcharakteristik für die Konstruktion von kollektiven LED Modulen im Vordergrund. Ein Haupteinsatzgebiet für Glas in der Halbleiterindustrie ist die Herstellung von fokussierenden Mikrolinsen, die aus Low-Tg-Gläsern hergestellt werden. Diese Gläser zeichnen sich durch ihre niedrige Verformungstemperatur (ab 400°C) aus. In speziellen Verfahren ist es möglich, Low-Tg-Gläser unter hohem Druck in nur einem Prozessschritt in jede mögliche Geometrie zu verformen. Dadurch ergeben sich mehrere Freiheitsgrade hinsichtlich des Designs der Linsen in Bezug auf Abstrahlcharakteristik und Form. Darüber hinaus besitzen die so produzierten Mikrolinsen eine hohe Oberflächengüte und bedürfen keiner aufwendigen und kostenintensiven Nachbearbeitung. Aufgrund der hohen Effizienz von blauen sowie violett emittierenden Leuchtdioden werden diese in Kombination mit optischen Lichtkonvertern ( $\lambda$ -Konverter) für die Anwendung in der Allgemeinbeleuchtung verwendet. Die optischen Konverter bestehen aus Verbundmaterialien mit nitridischen oder oxidischen Anteilen und weisen eine hohe Ätz-, Basen- und Thermosensitivität auf. Um den Lichtkonverter und LED Chip zu schützen, wird die Herstellung von Modulen durch die Verbindung von Mikrofokuslinsen und Substrat untersucht. Durch die Verwendung von Glas als Substratmaterial können Mikrolinse und Substrat mittels thermischem Eintrag miteinander verbunden werden. Zusätzlich wird der Lichtkonverter sowie LED Chip durch die hermetische Versiegelung vor Umwelteinflüssen geschützt. Mittels eines Verbunds von Epoxy und Lichtkonverter können Epoxy-Linsen hergestellt werden. Die Kombination von Epoxy- und Mikroglaslinse durch modularen Aufbau ermöglicht die Erzeugung von kohärentem Licht. Die Geometrie der in den Glaswafer gepressten Kavitäten ist äquivalent zu den entwickelten Mikrolinsen, wodurch eine konstante Abstrahlcharakteristik über die gesamte Emissionsfläche erzeugt werden kann. Das Pressen von Kavitäten mit der Form von Mikrolinsen in einen Glaswafer ermöglicht eine konstante Abstrahlcharakteristik über die gesamte Emissionsfläche. Durch eine Formänderung der Mikrolinsen können Abstrahleigenschaften explizit nach den benötigten Anwendungen angepasst werden. Die Verbindung von LED Chip mit einem leitfähigen Substrat, die elektrische Kontaktierung sowie die Verknüpfung mit konvertierenden Epoxy-Linsen konnte bereits realisiert werden. Die Herstellung von Mikrolinsen gepresst in einem Glaswafer, in Verbindung mit den bereits realisierten Projektteilen, ermöglicht die Produktion von mehrteiligen Gesamtmodulen. Aufgrund der dadurch erzeugten speziellen Abstrahleigenschaften des Moduls ist eine Anwendung in der kommerziellen Raumbelichtung möglich.

Index: Mikrolinsen / optischer Lichtkonverter für LEDs / Glas pressen / Low-Tg-Gläser

*TMicro glass lenses for focusing converted light by usage of collective LED modules*

*Glass is one of the newest materials used in semiconductor manufacturing and is steadily gaining more and more importance as assembly support of multichip module systems. The universal physical properties of glass like its high electrical resistance, chemical resistivity and the economical production lead to an increase in usage of glass in semiconductor device applications. Furthermore, by virtue of its expansion coefficient, glass is drawing increasing interest as substrate material or optical component in semiconductor industry. The important parameter is the optical performance of LED modules best covered with solid glass. For the production of micro focus lenses low Tg glass is used. This special glass type is characterized by a decreased forming temperature (Tg) in comparison to commonly used glass and can be formed under high pressure and low temperature (yet above 400°C) to any geometrical form in one single process step. However, the so-produced micro lenses have a high surface quality and geometrical accuracy without requiring any post processing. Due to the high efficiency of blue- and violet-emitting LEDs they are used for general illumination in combination with various optical light converters ( $\lambda$ -converters). The converter material consists of nitride or oxide com-*





pound material and is sensitive toward acids, bases and thermal impact. In order to protect the light converter and the LED chip, the production of an entire module in the form of a connection between the focus lens and the glass substrate is under ongoing investigation. By using glass as substrate material, a glass bonding of substrate and micro lens can be produced under temperature impact. As a result, the light converter and the LED chip are protected from environmental influences by hermetic sealing. By using optically effective epoxy in combination with an optical light converter, an epoxy lens can be fabricated. Therefore the connection between epoxy lens and micro glass lens, which is assembled together in a modular system, generates a highly coherent light. By pressing cavities with the shape of micro lenses into a glass wafer a constant radiation characteristic over the whole wafer area is provided. This wafer light radiation can be adapted by changing the shapes of the micro lenses. LED die bonding, electrical connection and preparation of converted epoxy lenses have already been realized. Combined with the already executed parts of the project the fabrication of micro focus lenses in glass wafers enables the production of a highly efficient multi-part modular system for commercial room lighting.

Index: micro lenses / optical light converter for LED / glass forming / low Tg glass

## Einleitung

Die Herstellung von Leuchtdioden (engl. Light Emitting Diodes; kurz: LED) unterteilt sich in unterschiedliche Bereiche wie die Chipherstellung, die elektrische und mechanische Kontaktierung sowie die Konstruktion und Befestigung von optischen Bauelementen. Durch die hohe Anwendungsbreite von LEDs ist es notwendig, den Aufbau individuell zu strukturieren und wenn notwendig modular zu gestalten (Abbildung 1).

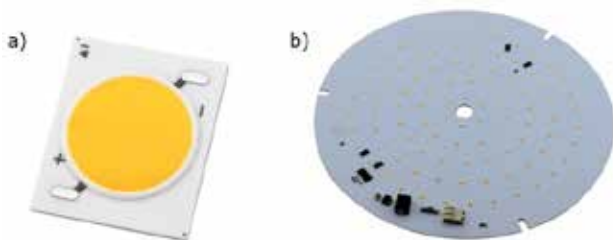


Abbildung 1 – LED Modul mit optischem Lichtkonverter a) über alle Chips oder b) einzeln über jedem Chip  
 (a)<http://images.vogel.de/vogelonline/bdb/451000/451081/4.jpg>  
 (b)[http://www.arditi-gmbh.de/images/sobipro/entries/849/img\\_AR230-187%20-%20Produktphoto.jpg](http://www.arditi-gmbh.de/images/sobipro/entries/849/img_AR230-187%20-%20Produktphoto.jpg)

Das Ziel des Forschungsprojekts ist die Konzeptionierung und der Aufbau eines modular aufgebauten LED-Array zur großflächigen Beleuchtung von Oberflächen. Ein Fokus liegt dabei in der möglichst verlustarmen Lichtauskopplung am LED Chip an die optischen Komponenten sowie eine effiziente und differenzielle Ansteuerung der Halbleiterchips sicher zu stellen. Um LED-Lichtquellen mit hoher optischer Leistung herzustellen, werden Chips verwendet, die im violetten (390-455 nm) beziehungsweise blauen (455-490 nm) Spektralbereich emittieren [1,2]. Zur Nutzung dieses Lichts in der Beleuchtungstechnik wird die emittierte Wellenlänge durch einen Lichtkonverter ( $\lambda$ -konverter) verschoben und

an die Anwendung angepasst. Am geeignetsten ist dabei ein Konverter aus dreiwertigem Cerium aktiviertes Yttrium-Aluminiumgranat ( $Y_3Al_5O_{12}$  bezeichnet als YAG) [3]. Die Farbgebung ändert sich dabei von Blau- hin zu Weißlicht, mit unterschiedlicher Farbtemperatur. Wichtige Parameter sind eine hohe Konversionseffizienz und eine effiziente Strahlungsauskopplung. Um die Lichtbrechung an der Auskopplungsfläche des LED Chips zur verringern, wird der Konverterstoff in einem optisch wirksamen Epoxy gelöst und auf dem Chip aufgebracht. Die optische Abstrahlcharakteristik des ausgekoppelten Lichts wird durch eine Vorschaltoptik, bestehend aus einer Mikrolinse, definiert.

Das dabei verwendete Substrat ist Low-Tg-Glas mit aufgetragenen Leiterbahnen zur elektrischen Kontaktierung der LED Chips. Durch die Glasverbindung von Substrat und Fokulinse kann der LED Chip und der Lichtkonverter vor Umwelteinflüssen geschützt werden. Die Verbindung der beiden Glasteile wird über thermischen Eintrag realisiert.

Die mechanische Verbindung des LED Chips mit dem Substrat, die elektrische Kontaktierung des Chips sowie ein experimentelles Packaging sind Prozessschritte zur Herstellung von LED Modulen. Wichtige Aspekte sind dabei die Haftfestigkeit des Chips auf der elektrisch leitfähigen Schicht, die elektrische Kontaktierung bei unterschiedlichen Leistungen und die Auswahl des Substrates hinsichtlich elektrischer und thermischer Beständigkeit. Mit der optischen Charakterisierung der Chips vor Integration in ein Modul kann die Effizienz des Gesamtmoduls in Abhängigkeit jedes einzelnen Chips bestimmt werden. Der Aufbau eines dafür geeigneten Messsystems ist Teil des Forschungsprojekts.

Die Verbindung von elektrischen und optischen Komponenten ermöglicht die Herstellung von LED Modulen, die auf einen Anwendungsfall speziell abgestimmt sind und variabel angepasst werden können. Durch den Ausschluss von Umweltfaktoren auf die optischen Komponenten soll eine Erhöhung der Lebensdauer des Gesamtmoduls erreicht werden. Mit der sequenziellen Ansteuerung der LED Chips

wird eine hohe Flexibilität bei Performance und Einsatzgebiet realisiert.

## Beschreibung des Projekts

A. Pressen von Kavitäten in Glas als Vorversuche für das Pressen von Mikrolinsen

Das aus dem LED Chip ausgekoppelte Licht hat einen Öffnungswinkel von circa  $160^\circ$  [2]. Um diese Strahlung für eine spezifizierte Anwendung nutzen zu können, muss eine Fokussierung stattfinden. Die Fokussierung des Lichts wird mittels einer Vorschaltoptik realisiert. Durch die Methode des Präzisionsblankpressens (kurz PGM: engl. Precision Glass Moulding) von Glasrohlingen ist es möglich, eine große Anzahl an Optiken in nur einem Prozessschritt herzustellen. Diese Linsen haben eine hohe Oberflächenqualität, eine sehr geringe Formabweichung und benötigen keine Nachbearbeitungsprozessschritte. Ein wichtiger Vorteil der Vorschaltoptiken aus Glas ist die Thermo- sowie Säuren-/Laugenbeständigkeit [4]. Die beim PGM verwendeten Gläser sind low Tg Gläser und besitzen eine Transformationstemperatur ab  $400^\circ\text{C}$  [5]. Zur Herstellung der Linsengeometrie können Pressformen aus unterschiedlichen Materialien verwendet werden. Zum Erreichen von großen Stückzahlen werden Pressformen aus gehärtetem Stahl verwendet, da diese eine hohe Dauerdruckfestigkeit aufweisen.

Bei den Pressversuchen zum Abformen einer Kavität in Glas liegt der Schwerpunkt auf der Untersuchung des Abformverhaltens durch den Pressstempel. Die dafür verwendete Pressform besteht aus einem oberen und einem unteren Pressstempel. Durch eine Führungsbuchse werden die beiden Pressstempel zentrisch geführt (siehe Abbildung 2). Nach Variation der Prozessparameter konnten mehrere Gläser reproduzierbar verformt werden.

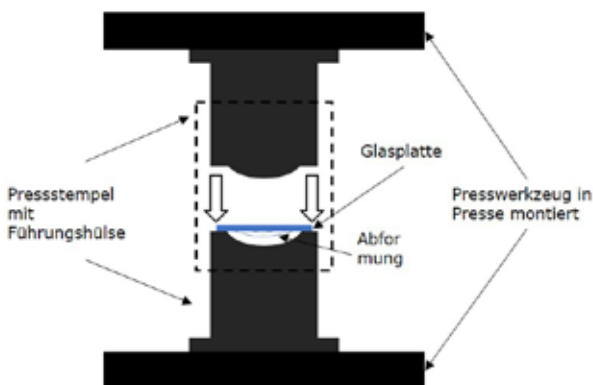


Abbildung 2 – Vorversuche zum Testen der Abformung eines Pressstempel in Glas

B. Herstellung einer Pressform für das Pressen von Mikrolinsen in einen Glaswafer

Durch die Verwendung von Mikrolinsen als Vorschaltoptik kann das vom LED Chip ausgekoppelte Licht fokussiert werden. Die dabei hergestellten Mikrolinsen besitzen einen Außenradius von wenigen Millimetern und können durch die unmittelbare Aufbringung vor dem Chip einen Großteil der emittierten Strahlung fokussieren. Aufgrund der Abmessungen dieser Mikrolinsen ist es möglich, die Packungsdichte von Linsen auf einem Glaswafer zu vergrößern und somit die Strahlungsdichte durch verhältnismäßige Erhöhung der Anzahl an LED Chips zu vergrößern. Das für diese konkrete Anwendung berechnete Linsendesign (Abbildung 3) besteht aus zwei sich gegenüberliegenden rotationssymmetrischen Freiformflächen.

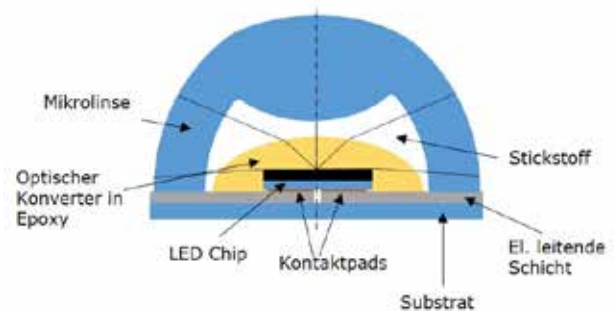


Abbildung 3 – Schematischer Aufbau eines LED Einzelmoduls zur Lichtkonversion durch einen  $\lambda$ -Konverter

Die Linsen werden aus einem Glaswafer gepresst und sind somit lokal fixiert. Bei der Anordnung der Linsen auf dem Wafer kann das Design je nach Anwendung individuell gestaltet werden. Aufgrund der festen Abstände der Linsen zueinander und der Anordnung auf dem Glaswafer können die auf einer Platine befestigten Chips zentrisch zu den Linsen angebracht werden. Zur Lichtkonversion des vom LED Chip emittierten blauen Lichts wird ein optischer Lichtkonverter verwendet, der in einem optisch wirksamen Epoxy gebunden ist. Durch die Anbringung von LED Chip, Epoxy mit Lichtkonverter und Mikrolinse entlang der optischen Achse, wird eine näherungsweise homogene Lichtverteilung auf der Beleuchtungsfläche erzeugt.

C. Herstellung einer optisch wirksamen Epoxy-Linse  
Um die aus dem optischen System ausgekoppelte Lichtleistung zu erhöhen und für Beleuchtungsanwendung zu nutzen, wird eine weitere optisch wirksame Fläche in das System integriert. Diese Fläche wird durch die Aufbringung eines optisch wirksamen Epoxy erzeugt. Wichtig dabei ist, eine möglichst hohe Brechzahldifferenz zwischen LED Chip, Epoxy und Atmosphäre zu schaffen. Dadurch können vom LED Chip ausgekoppelte Strahlen mit einem Öffnungswinkel von circa  $160^\circ$  noch für die Beleuchtungsanwendung genutzt werden. Die Epoxy-Linse wird durch Auftropfen mittels einer Pipette erzeugt.

Zur Bestimmung des Tropfenvolumens sind wichtige Faktoren die Viskosität des Epoxy, die Verarbeitungstemperatur, der Radius der Austrittsöffnung und die Dicke der Pipettenwand. Die Benetzung des Tropfens beim Auftreffen auf die Oberfläche ist abhängig vom verwendeten Substratmaterial, der Oberflächenspannung, Viskosität und Dichte der Flüssigkeit sowie des Tropfenvolumens. Nach mehreren Tests und Variationen der Pipettenform konnten Epoxy-Linsen erzeugt werden, die einen reproduzierbaren Durchmesser aufweisen. Der Epoxy besitzt im ausgehärteten Zustand den gleichen Brechungsindex wie das für die Fokusslinse verwendete Glas. Wichtige physikalische Eigenschaften des Ein-Komponenten Epoxy sind beispielsweise:

- Brechungsindex im ausgehärteten Zustand ähnlich dem verwendeten Glas der Mikrolinsen ( $n_{\text{Epoxy}} = n_{\text{Glas}} = 1,5256$ )
- Niedriger Gewichtsverlust bei Temperaturen bis zu 300°C (@300°C -> 1,80%)
- Hohe Härte (Shore D Härte: 86)
- Spektrale Transmission von über 97% bei einer Wellenlänge von 589 nm

Die Aushärtung des Epoxy erfolgt durch einen UV-Strahler mit der Wellenlänge von 365 nm. Durch die hohe Temperaturbeständigkeit und die Gewichts- und somit Formstabilität des Epoxy wird der Lichtkonverter vor Degradierung durch thermische Belastung und Umwelteinflüssen geschützt. Aufgrund der Formstabilität kann die Oberflächenform der Epoxy-Linse und damit die Abstrahlcharakteristik und Strahlungsleistung näherungsweise konstant gehalten werden.

## Ergebnisse

A. Herstellung einer optisch wirksamen Epoxy-Linse  
Bei der Herstellung einer optisch wirksamen Fläche durch einen speziellen Epoxy wurden unterschiedliche Versuchsreihen durchgeführt. Variiert wurden dabei die verwendeten Pipetten und damit das Tropfenvolumen. Der Epoxy wurde immer bei gleicher Temperatur verwendet und vor Anwendung gut durchgemischt. Die Epoxy-Linsen wurden mit der gleichen UV-Strahlungsquelle und gleicher Bestrahlungsdauer ausgehärtet. Nach Erreichen des gewünschten Zieldurchmessers wurde dem Epoxy der Lichtkonverterstoff beigemischt und erneut eine Linse erzeugt. Zur Berechnung des Optikdesigns wurde die Epoxy-Linse mit dem Kontur- und Oberflächenmessgerät Surfcom Nex der Firma Zeiss taktil vermessen (Abbildung 4) [6].

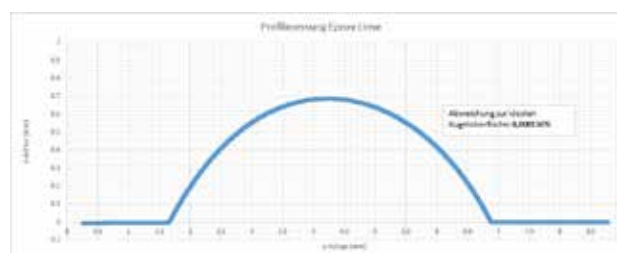


Abbildung 4 – Profilmessung einer hergestellten Epoxy-Linse mit Angabe der Abweichung zur idealen Kugelform

Aufgrund der hohen Härte des ausgehärteten Epoxy konnte eine Konturmessung durchgeführt werden. Der sich daraus ergebene Durchmesser der Linse beträgt bezogen auf den theoretischen Mittelpunkt einer gefitteten Kugel circa 11,2 mm. Betrachtet man die Linse als Segment einer Kugellinse, beträgt der Segmentdurchmesser circa 5,2 mm bei einer Segmenthöhe von circa 0,7 mm. Um die Abweichung der Epoxy-Linse in Bezug auf eine ideale Kugelform zu bestimmen wurde die Linse mit einem Koordinatenmessgerät der Firma Werth (kurz KMG) vermessen [6]. Die Abweichung zur idealen Kugelform beträgt 0,000136%. Durch die Messung weiterer Epoxy-Linsen konnte die Abweichung von durchschnittlich 0,0002% zur idealen Kugelform bestätigt werden.

B. Pretest zur Lichtkonversion von blauem-LED Chip  
Um die Lichtkonversion durch eine Epoxy-Linse zu überprüfen, wurden Vorversuche auf einer Testplatine durchgeführt. Der LED Chip wurde auf einem PCB-Board befestigt und elektrisch kontaktiert. Das dabei verwendete PCB-Board besteht aus einer FR4 Platine mit einer 35 µm dicken Kupferschicht. Aus dieser Platine wurde mittels einer speziellen Platinenfräse eine Sternplatine mit gleich großen Kupferpads herausgearbeitet. Der Chip wurde durch einen Reflow-Lötprozess auf zwei Kupferpads mechanisch befestigt und gleichzeitig elektrisch kontaktiert. Aufgrund der Verwendung eines Blauen LED Chips, wurde ein Konverterstoff verwendet, der das blau emittierte Licht bei 441 nm zu einem orangen Licht mit der dominanten Wellenlänge bei 642 nm konvertiert. Dieser Konverterstoff wurde in optischen Epoxy gelöst und auf dem LED Chip angebracht. Die Aushärtung mittels UV-Lichtquelle erfolgte bei den gleichen Bedingungen wie bei den hergestellten Epoxy-Linsen. Um eine Wellenlängenkonversion verifizieren zu können, wurde mittels eines Spektrometers die Strahlungsleistung in Abhängigkeit der Wellenlänge gemessen (Abbildung 5).

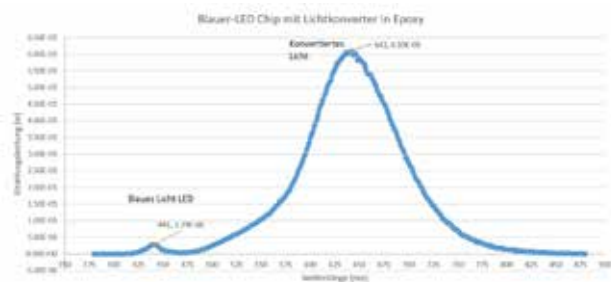


Abbildung 5 – Strahlungsspektrum von konvertiertem blauem LED Licht mittels Spektrometer

Durch den gemessenen Wellenlängenbereich von 380-880 nm konnte die gesamte emittierte Strahlung gemessen werden. Der in diesem Spektrum enthaltene Blauanteil liegt bei 4,61% in Bezug auf die Strahlungsleistung der Schwerpunktwellenlänge des Spektrums. Die Lichtfarbe ist dabei von der Konverterstoffkonzentration sowie der -zusammensetzung und Anregungswellenlänge abhängig. Durch die Mischung unterschiedlicher Konverterstoffe im Bereich gelb und orange können verschiedene Farbtemperaturen erzeugt und je nach Anwendung individuell angepasst werden.

## Literatur

[1] Kimura, Naoki; Sakuma, Ken; Hirafune, Syunichiro; Asano, Kenichiro; Hirotsaki, Naoto; Xie, Rong-Jun (2007): Extrahigh Color Rendering White Light-Emitting Diode Lamps Using Oxynitride and Nitride Phosphors Excited by Blue Light-Emitting Diode. In: Applied Physics Letters (American Institute of Physics [AIP]) 90 (5), S. 051109 - 051109-3.

[2] Schubert, E. Fred (2014): Light-Emitting Diodes. 2nd ed., 6th print. Cambridge [u.a.]: Cambridge University Press.

[3] Zhang, Yanfang; Li, Lan; Zhang, Xiaosong; Xi, Qun (2008): Temperature Effects on Photoluminescence of YAG:Ce<sup>3+</sup> Phosphor and Performance in White Light-Emitting Diodes. In: Journal of Rare Earths 26 (3), S. 446–449.

[4] Deutsches Institut für Normung (DIN) e.V. (2001): Prüfung von Glas - Beständigkeit gegen eine siedende wässrige Salzsäurelösung. Beuth Verlag GmbH, 10227 Berlin, zuletzt geprüft am 22.04.2017.

[5] Zhao, Z. F.; Zhang, Z.; Wen, P.; Pan, M. X.; Zhao, D. Q.; Wang, W. H.; Wang, W. L. (2003): A highly glass-forming alloy with low glass transition temperature. In: Applied Physics Letters (American Institute of Physics [AIP]) 82 (26), S. 4699–4701.

[6] Keferstein, Claus P.; Marxer, Michael (2015): Fertigungsmesstechnik. Praxisorientierte Grundlagen, moderne Messverfahren. 8., vollst. überarb. u. erw. Aufl. Wiesbaden: Springer Vieweg Fachmedien Wiesbaden.

## Ein Projekt von



## Daniel Möllenbeck

Technologie Anwender Zentrum Spiegelau  
Dr. Ludwig-und-Johanna-Stockbauer-Platz 1  
94518 Spiegelau

E-Mail: daniel.moellenbeck@stud.th-deg.de





**Christian Wistl (B.Eng.)**

Technologie Anwender Zentrum Spiegelau  
Arbeitsgruppe Formgebung und Formenbau  
Dr. Ludwig-und-Johanna-Stockbauer-Platz 1  
94518 Spiegelau

Tel.: +49 (0)8553 97996-17  
E-Mail: christian.wistl@stud.th-deg.de

**Prof. Raimund Förg**

Wissenschaftlicher Leiter  
Technologie Anwender Zentrum Spiegelau  
Dr. Ludwig-und-Johanna-Stockbauer-Platz 1  
94518 Spiegelau

Tel.: +49 (0)991 3615-492 (Deggendorf)  
E-Mail: raimund.foerg@th-deg.de

## ▶ VERBESSERUNG DES WIRKUNGSGRADES VON DRAHTLOSER ENERGIEÜBERTRAGUNG

Christian Merz\* (M.Sc.)

### Abstract

An der Technischen Hochschule Deggendorf wird zurzeit im Rahmen eines Projekts an einer Methode geforscht, um die Effizienz von drahtloser Energieübertragung bei 13,56 MHz und 868 MHz zu erhöhen. Die Effizienzerhöhung beruht auf der Verwendung von Quarz- bzw. SAW-Resonatoren als induktive Elemente im Anpassungsnetzwerk einer Harvester-Schaltung. Dadurch konnte bei einer Frequenz von 13,56 MHz und einer Eingangsleistung von 10  $\mu\text{W}$  bei einer Last von 1  $\text{M}\Omega$  eine Effizienzsteigerung um etwa 13 % erreicht werden. Im Moment wird der Fokus auf die Effizienzsteigerung bei der drahtlosen Fernfeld-Energieübertragung im 868 MHz-Band gelegt, welche durch SAW-Resonatoren erreicht werden soll.

*In a current research project at Deggendorf Institute of Technology a method for enhancing the efficiency of wireless power transmission at 13.56 MHz and 868 MHz is investigated. The efficiency enhancement is based on the usage of crystal or SAW resonators as inductive elements in a matching circuit of a harvesting network. Thereby the efficiency of a 13.56 MHz harvesting could be increased by about 13 % at an input power of 10  $\mu\text{W}$  at a load of 1  $\text{M}\Omega$ . At the moment, the researchers focus on the efficiency enhancement of a far-field power transmission in the 868 MHz band which should be reached by using SAW resonators.*

### Einleitung

Unter Energy Harvesting (dt. Energie ernten) versteht man die Gewinnung, Speicherung und Verarbeitung von elektrischer Energie aus Quellen wie z. B. Temperaturgradienten, Vibrationen, Luftströmungen, Sonnenenergie, Druckunterschieden oder elektromagnetischen Wellen. Diese „geerntete“ Energie kann beispielsweise dazu benutzt werden, um kleine Mikrosysteme wie z. B. draht- und batterie lose Sensorsysteme mit Energie zu versorgen. Die Gewinnung, Speicherung und Verarbeitung der Energie aus elektromagnetischen Wellen und Feldern wird als Radio Frequency (RF) Energy Harvesting bezeichnet. Den Prozess der Übertragung der Energie von einem Sender an den Harvester nennt man drahtlose Energieübertragung. Dabei unterscheidet man zwischen Nah- und Fernfeldübertragungen. Die Unterschiede zwischen der Nahfeldkopplung und dem strahlenden Fernfeld liegen hauptsächlich in der Reichweite: Die Nahfeldkopplung ist bei technischen Anwendungen auf kurze Distanzen im Bereich einiger Zentimeter bis wenige Meter limitiert, während die Energieübertragung über das Fernfeld deutlich größere Distanzen überbrücken kann, aber bei technischen Anwendungen auf die Übertragung vergleichsweise sehr kleiner Leistungen im Bereich von einigen Milli- bzw. Mikrowatt limitiert ist. Der Grund liegt in der sogenannten Freiraumdämpfung, welche generell einen sehr geringen Wirkungsgrad weit unter 1 % zulässt. Die beim Harvester ankommende, sehr geringe Leistung sollte deswegen möglichst effizient zu der Last übertragen werden.

Das an der THD verwendete RF Energy Harvesting System ist folgendermaßen aufgebaut.

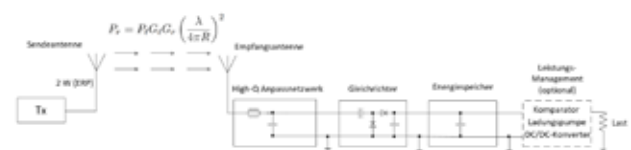


Abbildung 1: RF Energy Harvesting System

Das Funktionsprinzip des RF Energy Harvesting Systems wird im Folgenden kurz erklärt. Ein Signalgenerator sendet eine elektromagnetische Welle im 868 MHz-Band mit einer Leistung von 2 W (ERP) über eine Sendeantenne ab. Diese Welle wird beim Harvester über eine Empfangsantenne empfangen und durch ein Gleichrichternetzwerk (z. B. kaskadierte Greinacher-Schaltung oder eine Delon-Brückenschaltung) gleichgerichtet.

Das Anpassungsnetzwerk sorgt dafür, dass am Eingang des Harvesters die Signalreflexionen minimiert werden und die übertragene Leistung maximiert wird. Die gleichgerichtete Energie wird anschließend in einem Ladekondensator zwischengespeichert und über ein Energiemanagement (z. B. bestehend aus einem Komparator und einem DC/DC-Konverter) aufbereitet. Das aufbereitete Signal (z. B. pulsierende Gleichspannung) wird verwendet, um eine Last (z. B. ein Sensorsystem) zu versorgen.

\*Promoviert in Kooperation mit der Technischen Universität Ilmenau (Betreuer: Prof. Dr. Ralf Sommer, Institut für Mikro- und Nano-Elektronik).



## Beschreibung des Projekts

Bei dem Forschungsprojekt geht es darum, die Effizienz des in Abbildung 1 dargestellten RF-Energy-Harvesting-Netzwerks zu erhöhen. Diese Effizienzsteigerung wird durch die Verwendung von hochgütigen Resonatoren als Induktivitäten im Anpassungsnetzwerk erreicht. Dadurch wird die Dämpfung der eingespeisten elektromagnetischen Welle verringert und mehr Leistung an die Last übertragen. Das Grundprinzip besteht darin, dass ein Resonator zwischen seiner Serien- und Parallelresonanzfrequenz betrieben wird. In diesem Bereich hat der Resonator nach außen hin ein rein induktives Verhalten.

Die folgende Abbildung zeigt das Reaktanzdiagramm eines Resonators mit der Serienresonanzfrequenz  $f_s$  und der Parallelresonanzfrequenz  $f_p$  und der Betriebsfrequenz  $f_a$ .

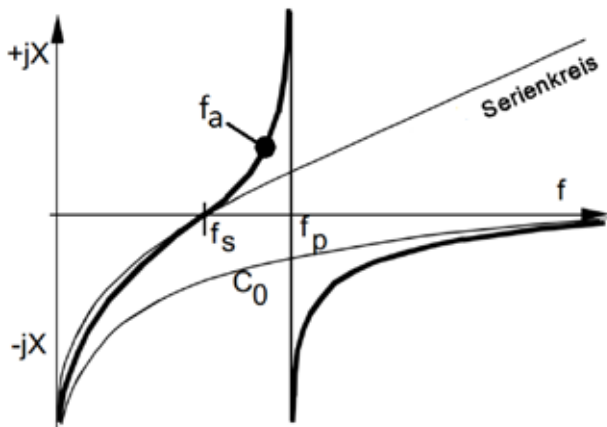


Abbildung 2: Reaktanzdiagramm eines Resonators

Der Gütefaktor eines Resonators kann Werte von über 80.000 annehmen, der Gütefaktor einer handelsüblichen Spule ist auf maximal 200 begrenzt. Je höher der Gütefaktor ist, umso geringer ist die Dämpfung der Anpassungsschaltung und desto geringer ist die Bandbreite der Anpassung.

## Ergebnisse

Das in dem Projekt aufgebaute Harvesting-System wurde zum einen mit einer handelsüblichen Spule im Anpassungsnetzwerk (mit einer niedrigen Güte von maximal 200) und zum anderen mit einem Resonator (mit einer hohen Güte von ca. 80.000), der im induktiven Bereich angesteuert worden ist, aufgebaut. Beide Systeme wurden im gleichen Arbeitspunkt, also bei identischer Eingangsleistung ( $10 \mu\text{W} = 20 \text{ dBm}$ ) und Frequenz (13,566 MHz) betrieben, um eine aussagekräftige Vergleichbarkeit zwischen den beiden Systemen zu gewährleisten.

Bei der Schaltung mit niedriger Güte beträgt die

Ausgangsspannung 1,33 V. Sie ist innerhalb der betrachteten Bandbreite (13,54 MHz – 13,58 MHz) nahezu konstant (siehe Bild 3).

Die Ausgangsspannung der Schaltung mit hoher Güte beträgt bei der Resonanzfrequenz 1,74 V (siehe Bild 4).

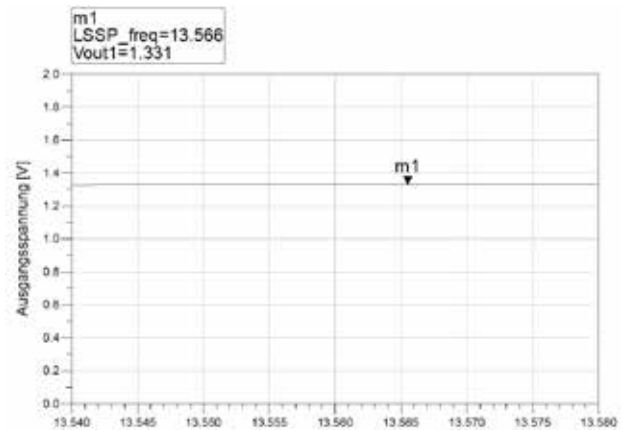


Abbildung 3: Ausgangsspannung des Harvesters mit niedriger Güte in Abhängigkeit von der Frequenz

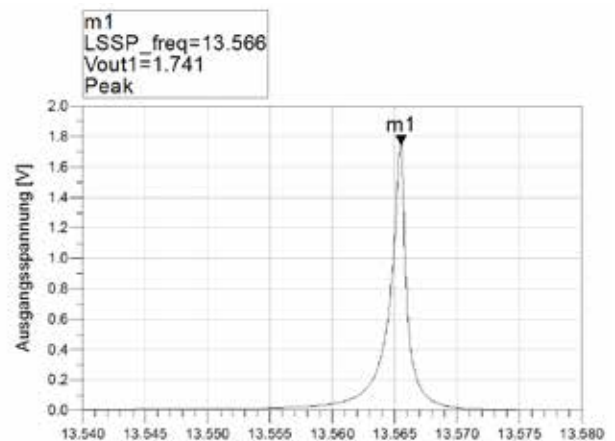


Abbildung 4: Ausgangsspannung des Harvesters mit hoher Güte in Abhängigkeit von der Frequenz

Durch die Anpassung mit hoher Güte konnte die Ausgangsspannung im Arbeitspunkt somit um fast 25 % erhöht werden.

In den folgenden Abbildungen ist der simulierte Wirkungsgrad als Verhältnis zwischen Ein- und Ausgangsleistung des HF-Energy-Harvesters bei der Resonanzfrequenz von 13,566 MHz in Abhängigkeit von der Eingangsleistung dargestellt. Für die Schaltung mit hoher Güte beträgt der Wirkungsgrad bei einer Eingangsleistung  $P_{\text{Ein}} = 20 \text{ dBm}$  und einem Lastwiderstand  $R_L = 1 \text{ M}\Omega$  30,3 % (siehe Bild 5). Im Vergleich dazu beträgt der Wirkungsgrad der Schaltung mit niedriger Güte in dem Arbeitspunkt 17,7 % (siehe Bild 6). Durch die Anpassung mit hoher Güte konnte somit der Wirkungsgrad um fast 13 Prozentpunkte gesteigert werden.

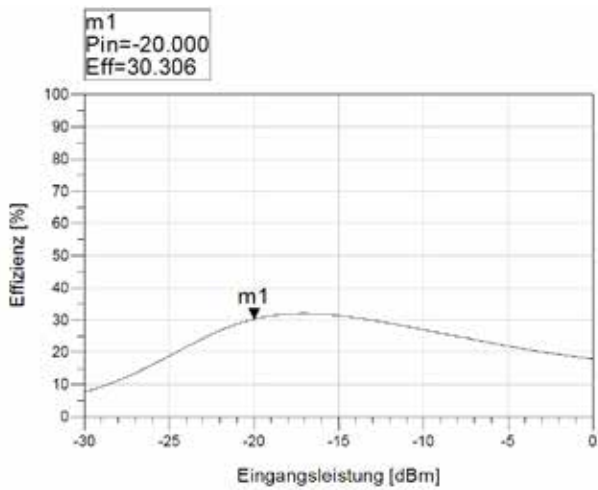


Abbildung 5: Effizienz in Abhängigkeit von der Eingangsleistung beim Harvesting-System mit hoher Güte

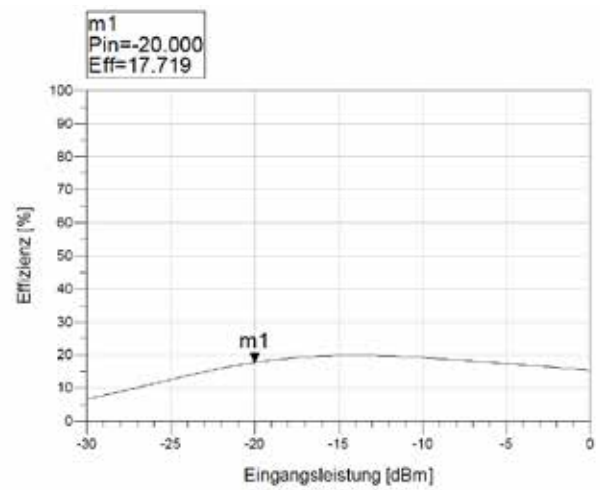


Abbildung 6: Effizienz in Abhängigkeit von der Eingangsleistung beim Harvesting-System mit niedriger Güte



### Christian Merz (M.Sc.)

Technische Hochschule Deggendorf  
Fakultät Elektrotechnik, Medientechnik  
und Informatik  
Dieter-Görlitz-Platz 1  
94469 Deggendorf

Tel.: +49 (0)991 3615-693  
E-Mail: christian.merz@th-deg.de





## ▶ ENERGETISCHE BETRACHTUNG DER GRANIT-FÖRDERUNG IM STEINBRUCH „GRAMLET“ IM BAYERISCHEN WALD

Prof. Dr. rer. nat. Karl-Heinz Dreihäupl

### Abstract

Im Steinbruch „Gramlet“ der Kusser Granitwerke GmbH in Aicha v. W. bei Passau werden pro Jahr über 600.000 Tonnen Granit abgebaut. Das gesprengte Material wird mit Muldenkippern zum Vorbrecher transportiert und dort zerkleinert. Der vorgebrochene Granit wird im Schotterwerk weiter aufbereitet.

Die Verbindung zwischen „Bruch“ und „Werk“ besteht aus einem 1,2 Kilometer langen Förderband, über welches die 600.000 Jahrestonnen bewegt werden. Da das Schotterwerk tiefer liegt als der Steinbruch, sollte sich das Band - ähnlich wie ein Wasserkraftwerk - zur Energiegewinnung verwenden lassen.

Hierzu sollte das theoretisch nutzbare Energiepotential zur Stromgewinnung berechnet werden. Ein wichtiger Parameter ist dabei das Durchlaufen einer Talsenke und der darauf folgende Wiederanstieg. Im Plan ist das Band in ansteigender Richtung von Schotterwerk zum Vorbrecher dargestellt.

*In the Gramlet Quarry in Aicha vorm Wald close to Passau, Kusser Granitworks extract over 600.000 tons of granite per year. The blasted granite is transported to the primary crusher on dumper trucks. The pre-crushed granite is then processed in the crushing plant.*

*Quarry and crushing plant are connected by a 0,75 mile long conveyor belt transporting the 600.000 metric tons of pre-crushed material per year. As the crushing plant is at a lower altitude than the quarry the conveyor belt might be used for power generation, analogous to a water power plant.*

*In this context, the energy potential which could be used for power generation was to be calculated. One of the important parameters to be taken into account was the fact that the conveyor belt runs down into a valley before sloping back upwards.*

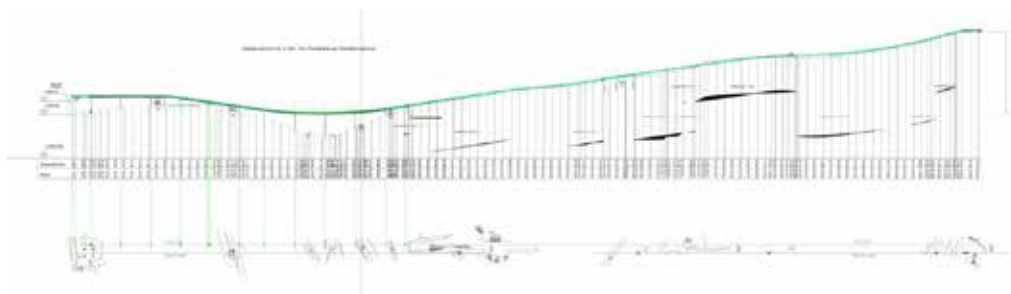


Abbildung 1: THD/Kusser Granit: Förderband Höhenverlauf

Die Massenberechnungen beruhen auf folgenden Grundlagen:

	Bauteil	Anzahl	Gewicht [kg]	mIFi [kg/m]
1	Antriebstrommel	1	1001	0,8812
2	Umlenktrommel	1	520	0,4577
3	Einschnürtrommel	1	268	0,236
4	Einschnürtrommel (Spannstation)	1	204	0,18
5	Zugtrommel	1	375	0,3301
6	Lenktrommel	2	311	0,5475
7	Obergurtrollen 108/20 * 315mm	3387	4,2	12,522
8	Untergurtrollen 133/89/20 x 950 mm	475	12,1	5,06
9	Untergurtrolle mit B-Ringe	12	17,3	0,183
10	Untergurtrolle 89/20 x 875 mm	4	8,2	0,03
11	Druckrolle Untergurt 63,5/89 x 315 mm	30	3,4	0,09
12	Führungsrolle	50	3,8	0,167
13	Drehzahlwächter 89/20 x 600 mm	1	5,9	0,0052
14	Fördergurt	1	~15904	~ 7 (*2)

Tabelle 1: Masse aller Bauteile des Förderbandes, die Reibung erzeugen

Die Summe aller Massen ergibt

$$\sum_{i=1}^n mIFi = m_{IFges} = 34,7 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Die Gewichtsangaben wurden von der Firma Sandvik Mining and Construction Supply GmbH zur Verfügung gestellt. Die realen Werte können variieren.

Aufgrund der Abwärtsförderung mit einer Höhendifferenz von 80,275 m und einer Länge von 1.098,55 m zwischen Gutauf- und -abnahme stellt sich die Frage, ob mit dem Förderband Strom produziert wird. Es muss zunächst die Geschwindigkeit des Förderbandes berechnet werden, indem die Drehzahl des Kegelstirnadgetriebes (28 1/min) mit dem Umfang der Antriebstrommel (d=1m) multipliziert wird.

$$v = 28 \frac{1}{\text{min}} \cdot 1\text{m} \cdot \pi = 28\pi \frac{\text{m}}{\text{min}} = 1,466 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Mit Hilfe der Geschwindigkeit kann nun die Masse des Fördergurts pro laufenden Meter berechnet werden.

$$\dot{m} = 300 \frac{\text{t}}{\text{h}} = 83,33 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$mIG = \frac{\dot{m}}{v} = \frac{83,33 \frac{\text{kg}}{\text{s}}}{1,466 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 56,844 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Bei der energetischen Betrachtung des Förderbandes muss beachtet werden, dass nur Energie gewonnen werden kann, wenn der Hubwiderstand größer ist als der Reibungswiderstand (die Umfangskraft im Zugmittel  $F_u$  muss negativ werden!).

$$F_u = \mu_{ges} \cdot l \cdot g \cdot (mIF + mIG) - mIG \cdot g \cdot h$$

Dabei ist

$$F_{wh} = mIG \cdot g \cdot h$$

der Hubwiderstand, der beim Fördern des Massenstromes  $m$  auf die Höhe  $h$  entsteht.

(Hier wird der Hubwiderstand negativ, da das Förderband mit der Erdanziehungskraft nach unten fördert, die Höhendifferenz ist negativ.)

$$F_{wr} = \mu_{ges} \cdot l \cdot g \cdot (mIF + mIG)$$

Der Reibungswiderstand, also der durch Reibung erzeugte mechanische Widerstand (durch Antriebstrommel, Ober-, Untergurtrollen, Fördergurt) gegen eine Bewegung (Hubarbeit) mit der Gesamtreibungszahl:

$$\mu_{ges} = \mu_H \cdot \mu_N = 0,016 \cdot 1,09 = 0,01744$$

$\mu_H$ : Reibungszahl für Hauptwiderstände (Reibung in den Lagern der Tragrollen und Walkwiderstand in Gut und Band); liegt bei Abwärtsförderung zwischen 0,015 und 0,017 → gewählt  $\mu_H=0,016$



$\mu_N$ : Reibungszahl für Nebenwiderstände (Reibung durch Bandumlenkungen, Gutauf- und abgabe und Trommel- sowie Bandreinigungseinrichtungen), siehe Abbildung 2  $\rightarrow \mu_N=1,09$

Die Gesamtreibungszahl kann variieren, da die Reibungszahl für Haupt- und Nebenwiderstände empirisch ermittelt wurde. Sie ist ein dimensionsloses Maß für die Reibungskraft im Verhältnis zur Anpresskraft zwischen zwei Körpern.

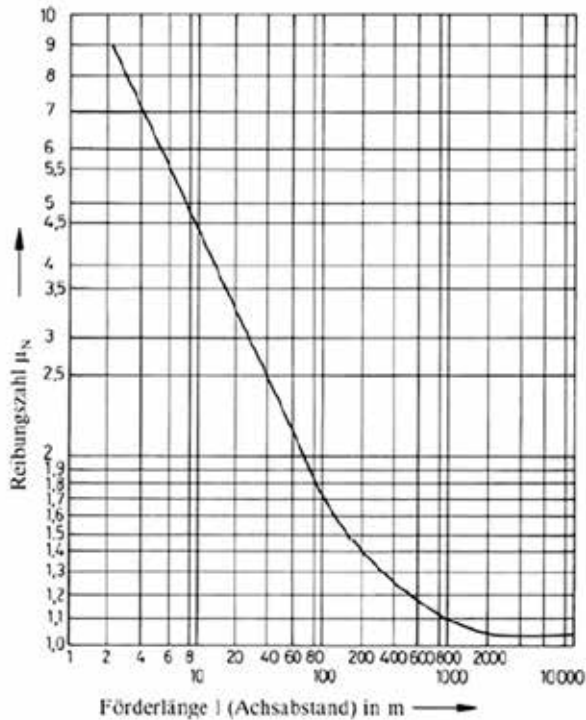


Abbildung 2: Ermittlung der Reibungszahl für Nebenwiderstände

Damit beträgt der Gesamtwiderstand (bzw. die Umfangskraft im Zugmittel):

$$F_u = 0,01744 \cdot 1098,55 \text{ m} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \left( 34,7 \frac{\text{kg}}{\text{m}} + 56,844 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \right) - 56,844 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 80,275 \text{ m} = -27559,1 \text{ N} = -27,56 \text{ kN}$$

Die Bremsleistung ergibt sich aus dem Gesamtwiderstand multipliziert mit der Geschwindigkeit des Förderbandes und des Wirkungsgrads von Motor und Getriebe (Annahme  $\eta=0,8$ )

$$P_N = P_v \hat{=} |F_u| \cdot v \cdot \eta = 27371,16 \text{ kN} \cdot 1,466 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 0,8 = 32,321 \text{ kW}$$

Wenn das Förderband eingeschaltet (bzw. ausgeschaltet) wird, ist der Gurt zunächst leer (wird mit 300 t/h beschickt; Schüttgutabwurf  $\rightarrow$  Schotteranlage).

Nach

$$\frac{1098,55 \text{ m}}{1,466 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 749,35 \text{ s} = 12,5 \text{ min} = 0,20833 \text{ h}$$

ist das Förderband komplett beladen.

Die Anlaufleistung kann im Folgenden immer vernachlässigt werden, weil die Anlaufzeit im Gegensatz zur Gesamtlaufzeit des Förderbandes sehr gering ist.

Ist die mechanische Drehzahl höher als die elektrische Drehfeldfrequenz, schaltet der Asynchronmotor in den Generator-Betrieb (Motor-Bremse), d.h. Strom wird produziert.

Bei  $F_u \leq 0$  schaltet der Motor in den Generator-Betrieb. Dies wird erreicht, wenn die Masse des Schüttguts  $m_G$  auf dem Förderband

$$m_G \cdot g \cdot h > \mu_{\text{ges}} \cdot l \cdot g \cdot (m_{\text{LF}} + m_G)$$

$$m_G > \frac{\mu_{\text{ges}} \cdot l \cdot m_{\text{LF}}}{h - \mu_{\text{ges}} \cdot l} > \frac{0,01744 \cdot 1098,55 \text{ m} \cdot 34,7 \frac{\text{kg}}{\text{m}}}{80,275 \text{ m} - 0,01744 \cdot 1098,55 \text{ m}} > 10,878 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

beträgt.

Diese Masse wird nach

$$\frac{10,878 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot 1098,55 \text{ m}}{56,844 \frac{\text{kg}}{\text{m}}} = 210,22 \text{ m}$$

und

$$\frac{210,22 \text{ m}}{1,466 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 143,397 \text{ s} = 2,39 \text{ min} = 0,039 \text{ h}$$

erreicht.

Beim leeren Förderband ( $m_G$  ist gleich Null, d.h. kein Hubwiderstand) muss die Antriebstrommel zunächst angetrieben werden (Strom wird verbraucht). Die benötigte Motorleistung  $P_N$  beträgt:

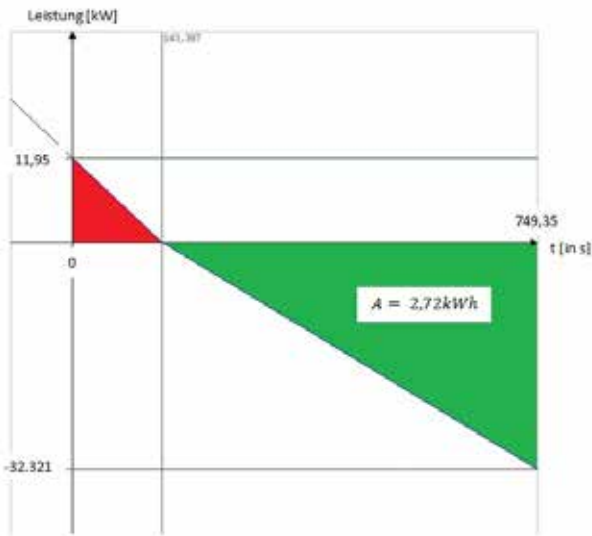
$$F_u = \mu_{\text{ges}} \cdot l \cdot g \cdot (m_{\text{LF}} + 0) - 0 = 0,01744 \cdot 1098,55 \text{ m} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 34,7 \frac{\text{kg}}{\text{m}} = 6521,76 \text{ N}$$

$$P_N = \frac{F_u \cdot v}{\eta} = \frac{6,522 \text{ kN} \cdot 1,466 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{0,8} = 11,95 \text{ kW}$$

Es werden pro Tag (das Förderband wird am Ende des Tages entleert)

$$(11,95 \text{ kW} \cdot 0,039 \text{ h}) = 0,466 \text{ kWh} \quad \text{benötigt.}$$

Das Förderband läuft am Tag ca. 10,9 Stunden, davon wird es 4,77 (=2\*2,39) min angetrieben. Die restlichen 10,82 Stunden wird das Förderband gebremst, der Motor läuft im Generator-Betrieb.



PN=32,321 kW

$$(32,321 \text{ kW} \cdot 38952 \text{ s}) - (749,35 - 143,397 \text{ s}) \cdot 32,321 \text{ kW} = 344,273 \text{ kWh}$$

Abbildung 3:  
Rot= Je mehr Schotter das Förderband aufnimmt (Hubwiderstand wird größer), desto geringer wird die benötigte Motorleistung.

Grün= Nach 143,397s schaltet sich die Motorbremse ein (Hubwiderstand > Reibungswiderstände). Je mehr Schotter das Förderband aufnimmt, desto mehr Strom wird produziert. (nach 749,35 s ist das Förderband voll beladen, die Bremsleistung bleibt bis zur Entleerung konstant!).

### Beurteilung und Interpretation der Ergebnisse

Das Förderband erzeugt unter den oben genannten Voraussetzungen 344,273 kWh elektrische Energie (Strom).

Liefe das Förderband unter Vollast 10,9 Stunden, benötigte man  $2 \cdot 37 \text{ kW} \cdot 10,9 \text{ h} = 806,6 \text{ kWh}$  Strom. Das ergibt eine Differenz von  $806,6 \text{ kWh} - (-344,273 \text{ kWh}) = 1150,873 \text{ kWh}$ .

Unter diesen Umständen würde das Förderband am Steinbruch Gramlet 1150,873 kWh also

$$1 - \frac{-(344,273 \text{ kWh} - 0,466 \text{ kWh})}{806,6 \text{ kWh}} = 1,427 \approx 143\%$$

mehr elektrische Energie verbrauchen.

Bei einem Strompreis von 12 Cent/kWh (Annahme) beliefen sich die täglichen Energiekosten für das Förderband auf

$$806,6 \text{ kWh} \cdot 12 \frac{\text{Cent}}{\text{kWh}} = 96,76 \text{ €}$$

Eine Stromeinspeisung in das Stromnetz ist sinnvoll, sofern die Vergütung dafür höher ist als der Strompreis. Auskünfte hierzu können bei der Bundesnetzagentur eingeholt werden. Ist die Vergütung jedoch geringer, kann der erzeugte Strom eigengenutzt werden. Dazu wird ein Stromzähler ohne Rücklaufsperr benötigt, der den erzeugten Strom von dem verbrauchten Strom abzieht.

Ein direkter Vergleich der erzeugten mit der für die restliche Produktion benötigten, zusätzlich aus dem Stromnetz bezogenen elektrischen Energie ist aufgrund fehlender Daten derzeit nicht möglich. Die Optimierung einer effektiveren Energienutzung wird deshalb weiterhin verfolgt.

### Projektpartner

**KUSSER**



### Prof. Dr. rer. nat. Karl-Heinz Dreihäupl

Technische Hochschule Deggendorf  
Fakultät Bauingenieurwesen und Umwelttechnik  
Dieter-Görlitz-Platz 1  
94469 Deggendorf

Tel.: +49 (0)991 3615-401  
E-Mail: karl-heinz.dreihaeupl@th-deg.de



## ▶ ENTWICKLUNG EINER INNOVATIVEN KAMMERSCHLEUSE MIT ENERGETISCHER NUTZUNG ALS FISCHAUFSTIEG FÜR EINE TALSPERRE

Johann Fischer, Helmut Kruczek (Dipl.-Volksw.), Prof. Rudolf Metzka (Dipl.-Ing.)

### Abstract

Im Oktober 2013 wurde an der Talsperre Höllenstein am Schwarzen Regen im Bayerischen Wald eine innovative Fischwanderhilfe in Betrieb genommen. Dessen Betriebswasser dient komplett zur Stromerzeugung. In einem umfangreichen Monitoring konnte die hervorragende Wirkung der Anlage bezüglich der ökologischen Durchgängigkeit nachgewiesen werden.

Diese Variante der Fischwanderhilfe ist für Talsperren und Flusskraftwerke mit größeren Fallhöhen, schwankenden Oberwasserpegeln und beengten Platzverhältnissen eine optimale Möglichkeit zur Herstellung der ökologischen Durchgängigkeit. Als Kleinwasserkraftanlage gewährleistet dieses System die ökologische Durchgängigkeit für den kompletten Ausbauabfluss und erübrigt eine zusätzliche Fischwanderhilfe mit den damit verbundenen Erzeugungseinbußen.

*An innovative fish chamber sluice has been put in operation at the Höllenstein power plant and dam at the river Schwarzer Regen in the Bavarian Forest in October 2013. The complete amount of operational water of the fish chamber sluice is harnessed for electrical power production. The system's outstanding performance regarding ecological passability was confirmed in a comprehensive monitoring process.*

*Such kind of fishway is the perfect application for dams and river power stations to ensure the ecological passability in case of issues like essential drop height, deviating high water levels or limited space. As a small power station, the system ensures ecological passability via the complete construction without requiring an additional fish bypass with related power losses.*

### Einleitung

Am Schwarzen Regen, 5 km vor dem Zusammenfluss mit dem Weißen Regen, wurde 1923 bis 1925 die Talsperre Höllenstein zum Zweck der Stromversorgung für die 50 km entfernt liegende Donau-Stadt Straubing errichtet. Mit einer 74 m langen und 19 m hohen Staumauer staute man den Schwarzen Regen auf eine Länge von ca. 5,6 km auf und erreichte eine Fallhöhe von ca. 12,0 m. Mit dem Antrag auf Weiterbewilligung musste auch die Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie berücksichtigt werden. Um für dieses Flusssystem ein gutes ökologisches Potential bzw. den guten ökologischen Zustand zu erreichen, war die ökologische Durchgängigkeit eine Voraussetzung für den Weiterbetrieb der Talsperren und der Kraftwerke.

### Planung und Konstruktion der Kammerschleuse

Der Betreiber wurde im Zuge des Genehmigungsverfahrens aufgefordert, mögliche Varianten von Aufstiegshilfen aufzuzeigen. Die Errichtung eines konventionellen Umgehungsgerinnes stellte sich durch die topographische Lage und die geologi-

schen Verhältnissen an der Talsperre Höllenstein als sehr aufwändig und kostenintensiv dar. Bei der Suche nach technischen Lösungen fokussierte sich das Hauptaugenmerk auf einen stillgelegten Grundablassstollen im Krafthaus, unmittelbar neben dem Turbinenauslauf. Diese Gegebenheit versprach eine optimale Position für den Fischeinstieg und die Nutzung vorhandener Bausubstanz. Mit der Umsetzung der gestellten Anforderungen an eine funktionierende Fischwanderhilfe gemäß Merkblatt DWA-M 509 wurde eine Druckkammerfischschleuse entwickelt, mit der das Betriebswasser vollständig energetisch genutzt werden kann. Diesem System wurde inzwischen das nationale und europäische Patent erteilt. Das Projekt wurde 2014 mit dem Bayerischen Energiepreis in der Kategorie „Erneuerbare Energien, Energienetze und Speichertechnologien“ ausgezeichnet.

Die Druckkammerfischschleuse besteht aus einer ca. 8 m langen Stahlkammer, 1,20 m x 1,80 m (b x h), die im vorhandenen Grundablassstollen eingebracht ist (Abb. 1). Sie stellt die Verbindung vom Ober- zum Unterwasser - auf dem Niveau unter dem Unterwasserspiegel - dar und ist mit zwei Gehäuseschiebern mit hydraulischem Antrieb ausgestattet. Damit sind Fischein- und Fischeusstieg wechselweise zu öffnen. Zusätzlich dient ober- und



unterwasserseitig je ein Ventil zum kontrollierten Druckausgleich.

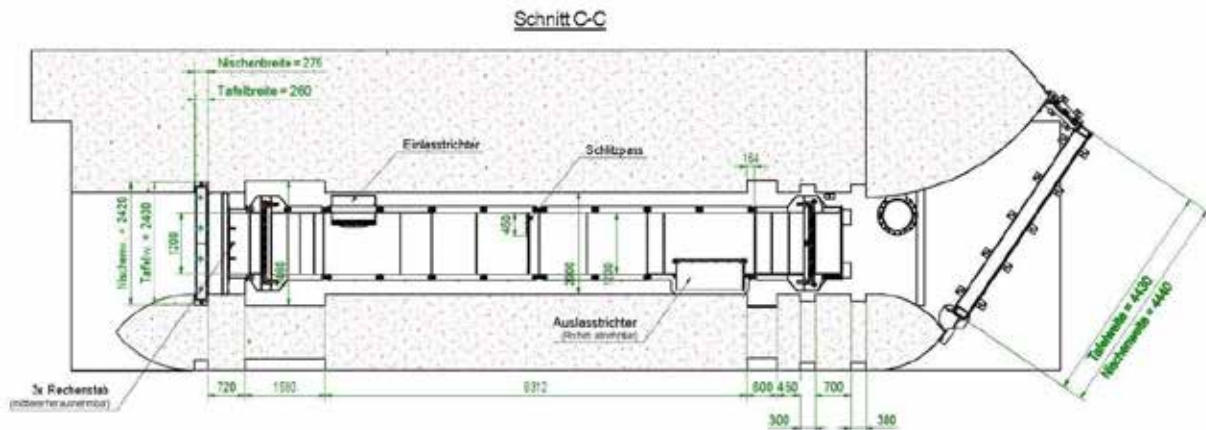


Abb. 1: Querschnitt Druckkammerfischschleuse

Vor dem unterwasserseitigen Fischeinstieg in die Schleusenkammer ist ein Einstiegsbecken vorgeschaltet. Dies entstand durch das Einbringen einer Schlitzstauwand zwischen den Trennpfeilern vom benachbarten Grundablass und dem Turbinenauslauf. Eine Schlitzöffnung mit den Maßen 0,5 m x 1,0 m (b x h) sorgt für den konzentrierten Ablauf der Lockströmung aus der Fischwanderhilfe zum Kraftwerksabfluss und ist der Einstieg für die Fische in das Vorbecken.

Ein Rohrsystem, das ein Turbinenaggregat mit der Schleusenkammer, der zusätzlichen Entnahmestelle im Oberwasser und dem Einstiegsbecken vernetzt (Abb. 2), dient zur vollständigen energetischen Nutzung des Betriebswassers für die Fischwanderhilfe. Mit Absperrklappen können die verzweigten Zu- und Ableitungen der Betriebswasserturbine gesperrt bzw. freigegeben werden. Den Programmablauf übernimmt eine zentrale SPS-Steuerung, die eine optimale und individuelle Anpassung ermöglicht.

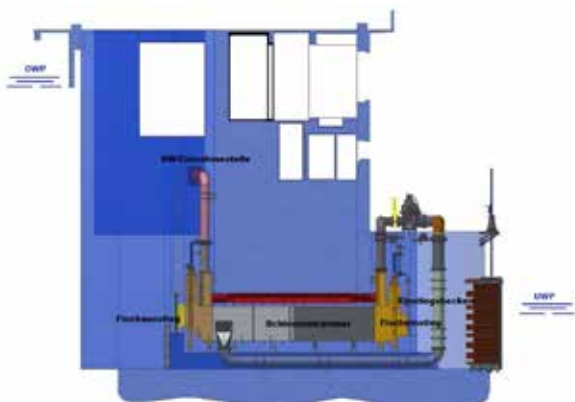


Abb. 2: Längsschnitt - Schleusenkammer mit Rohrsystem und Turbinenaggregat

Als Turbine wurde eine doppelflutige Kreiselpumpe (PaT) der Fa. Andritz, Typ FP 60-500 ohne Reguliereinrichtung eingesetzt. Die Turbinenkennlinie weist im optimalen Betriebspunkt bei einer Fallhöhe von 12,0 m und 0,5 m<sup>3</sup>/s eine Leistung von 50 kW aus. Durch die unterschiedlichen Betriebsweisen, Einschwimm- bzw. Ausschwimmphasen sind auch unterschiedliche Strömungsverluste zu berücksichtigen. Bei einer mittleren Fallhöhe von 11,60 m werden ca. 40 kW Generatorleistung erreicht.

## Funktion und Betrieb der Kammerschleuse

Der Betrieb der Kammerschleuse gliedert sich in vier funktionelle Phasen (Abb. 3):

- **Einschwimmphase:** Während der Einschwimmphase ist das unterwasserseitige Schütz voll geöffnet. In der Schleusenkammer herrscht der Wasserdruck des Unterwassers. Aus dem Oberwasser wird Wasser aus dem eigentlichen Turbineneinlaufbereich entnommen, welches durch die Dotationspumpe fließt und weiter zum Ausströmer im oberen Bereich der Schleusenkammer. Von dort aus wird die Kammer durchströmt. Das Dotationswasser fließt durch das Schütz und das Vorbecken ab. Im Öffnungsbereich ankommende Fische können nun in die Kammer einschwimmen. Am Ende der Einschwimmphase wird das Schütz geschlossen. Die Dauer dieser Phase ist variabel einstellbar.
- **Druckaufbau auf OW-Niveau:** Die Strömung durch die Dotationspumpe wird nun umgeleitet. Das Wasser fließt durch das entsprechende Rohr direkt in das Einstiegsbecken, um in die



sem Bereich auch bei geschlossenem Unterwasserschütz eine dauerhafte Leitströmung aufrechtzuerhalten. Das unterwasserseitige Schütz ist geschlossen. In der Kammer wird durch das oberwasserseitige Kugelventil der Druckausgleich hergestellt. Diese Phase entspricht einer „Füllphase“, in welcher der Wasserstand bzw. der Wasserdruck in der Schleusenkammer auf Oberwasserniveau gebracht wird. Diese Phase muss langsam erfolgen, um den in der Schleuse befindlichen Fischen eine Anpassung an den sich erhöhenden Druck zu ermöglichen.

- **Ausschwimmphase:** Sobald der Oberwasserdruck in der Schleusenkammer erreicht ist, wird das oberwasserseitige Schütz geöffnet. Die Turbine wird nunmehr mit Wasser aus der Schleusenkammer gespeist, welches durch die Einströmanlage am unterwasserseitigen Ende der Kammer entnommen wird. Es herrscht nun eine Strömung vom Oberwasser durch die Schleusenkammer über die Dotationsturbine durchs Einstiegsbecken zum Unterwasser. Dadurch haben nun die in der Schleuse befindlichen Fische eine Orientierung zum Ausschimmen ins Oberwasser. Nach wie vor haben aber die Fische im Unterwasser die Orientierung zum Einschwimmen ins Einstiegsbecken. Auch diese Phase ist zeitlich variabel einstellbar.
- **Druckabbau auf UW-Niveau:** Wenn die Ausschwimmphase beendet ist, wird das Wasser für die Turbine wieder aus dem Oberwasser entnommen und in das Vorbecken geleitet. Das oberwasserseitige Schütz wird geschlossen und mit dem unterwasserseitigen Kugelventil wird der Druck in der Schleusenkammer kontrolliert auf das Niveau vom Unterwasser abgebaut. Dies entspricht der sogenannten Leerungsphase einer konventionellen Schleuse. Eventuell noch in der Kammer verbliebene Fische werden dadurch schonend dem Druckwechsel ausgesetzt. An diese Phase schließt sich wieder die Einschwimmphase an.

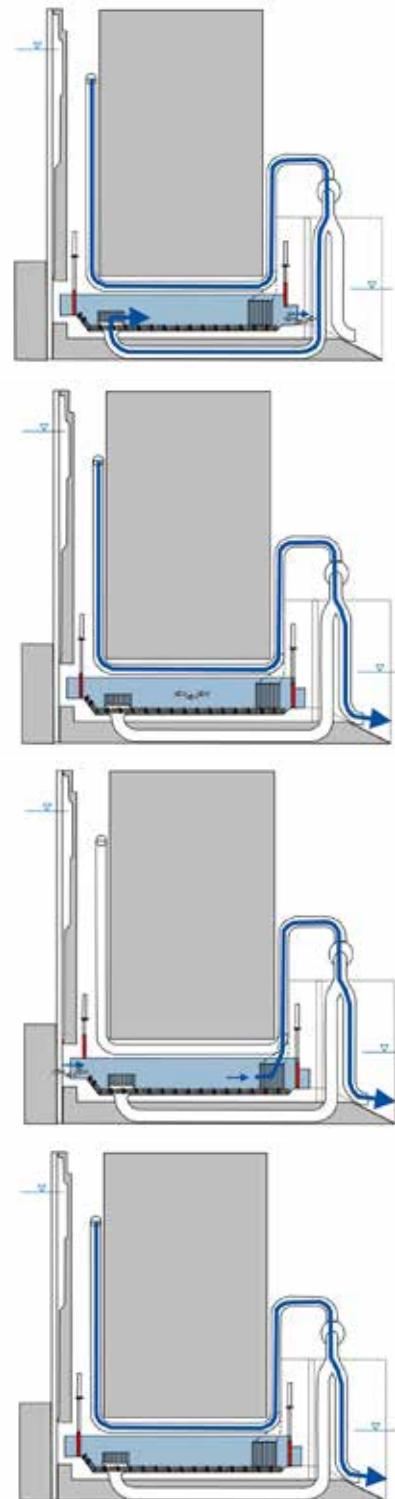


Abb. 3: Betriebsphasen der Kammerschleuse: Einschwimmphase – Druckausgleichphase 1 – Ausschwimmphase – Druckausgleichphase 2

## Ergebnisse des Monitorings

Während der 127-tägigen Untersuchungszeit im Frühjahr und Herbst 2014 wurden 1.348 Fische aus 12 Arten registriert, die die Schleuse zum Fischaufstieg nutzten. Dabei waren bis auf wenige Ausnahmen alle Fischarten vertreten, die auch im Unterwasser während parallel durchgeführter Elektrofischungen nachgewiesen wurden. Der maximale Fischaufstieg innerhalb von 24 Stunden war am 23.5.2014 mit 218 Fischen festgestellt worden. Aufgrund der zeitgleichen Videoaufnahmen im Eingangsbereich der Fischschleuse konnte allerdings festgestellt werden, dass sich deutlich mehr Fische dort aufhielten als die Schleuse auch genutzt hatten. Die im Unterwasser anstehenden Fische scheuten sich offensichtlich, in die Schleusenkammer einzuschwimmen und verließen diese oft nach wenigen Sekunden wieder. Ein quantitativer Aufstieg war somit nicht gegeben.

Auch die Bewertung der Funktionsfähigkeit der Fischschleuse mit Hilfe des BWK-Methodenstandards erbrachte ein Defizit hinsichtlich der normierten Aufstiegszahl. Dieser Parameter erfasst den täglichen Fischaufstieg bezogen auf die Gewässergröße. Demgegenüber konnte nur eine leichte Artenselektivität und keine Größenselektivität festgestellt werden.

Aufgrund dieser Beobachtungen wurde versucht, Ursachen für dieses Verhalten festzustellen. Ausgeschlossen werden konnten dabei Vibrationen, Geräusche und Wasserqualität. Drei weitere Faktoren (Strömungsgeschwindigkeit, Lichtverhältnisse und Dauer des Schleusungszyklus) wurden während einer zweiten Monitoring-Phase im Frühjahr 2015 einer näheren Untersuchung unterzogen.

## Schlussbewertung

Die Druckkammerfischschleuse mit energetischer Nutzung weist hervorragende ökologische Ergebnisse für den Fischaufstieg auf. Durch die noch andauernden Beobachtungen mittels Kameras konnten noch weitere Erkenntnisse gewonnen werden.

So wurden Fischarten gesichtet, die während der Monitoring-Phasen noch fehlten.

Diese Fischwanderhilfe stellt vorrangig für Flusskraftwerke und Talsperren mit größeren Fallhöhen, schwankenden Oberwasserpegeln und beengten Platzverhältnissen eine ideale Variante für die Erreichung der ökologischen Durchgängigkeit dar. Der Eingriff in Bausubstanz und Landschaft hält sich dabei in Grenzen.

Durch die energetische Nutzung kann die Fischwanderhilfe so dimensioniert werden, dass ausreichend Lockstrom - unter Einhaltung der Grenzwerte für den Energieeintrag - vorgehalten werden kann. Zahlreiche Eingriffsmöglichkeiten lassen diese Art von Fischwanderhilfe vielen individuellen Anforderungen gerecht werden. Strömungsgeschwindigkeit und Wassermenge können nach Bedarf vorgehalten und auch tageszeitlich angepasst werden. Variable Schleusungsintervalle können zur quantitativen Effizienz beitragen, indem sie entsprechend dem Wanderaufkommen getaktet werden. Eventuell sind auch noch durch gezielte Steuerung der Beleuchtung Verbesserungen möglich. Die ständige Aufzeichnung der Vorgänge mittels Videokameras ermöglicht eine kurzfristige Anpassung der Steuerung.

Nach diesem Prinzip errichtete Kleinwasserkraftanlagen wären für den Ausbauabfluss komplett durchgängig. Eine zusätzliche Fischwanderhilfe kann entfallen und das Wasserkraftpotenzial könnte vollständig genutzt werden. Die Wasserkraftnutzung wäre damit auch in ökologisch sensibleren Bereichen vertretbar.

Mit dieser Fischwanderhilfe ist die Verbesserung der ökologischen Verhältnisse an den wasserkraftgenutzten Flusssystemen gewährleistet, ohne dabei die regenerative Energieerzeugung zu schmälern.



**Johann Fischer**

Betriebsleiter und Prokurist  
Kraftwerk am Höllenstein AG  
Am Höllensteinsee 1  
94267 Prackenbach

Tel.: +49 (0)9421 864115

E-Mail: j.fischer@stadtwerke-straubing.de

**Helmut Kruczek (Dipl.-Volksw.)**

Geschäftsführer Stadtwerke Straubing  
Sedanstr. 10  
94315 Straubing

Tel.: +49 (0)9421 864101

E-Mail: h.kruczek@stadtwerke-straubing.de

**Prof. Rudolf Metzka (Dipl.-Ing.)**

Technische Hochschule Deggendorf  
Fakultät Bauingenieurwesen und Umwelttechnik  
Dieter-Görlitz-Platz 1  
94469 Deggendorf

Tel.: +49 (0)991 3615-421

E-Mail: rudolf.metzka@th-deg.de

## ▶ FERTIGUNG VON ZENTRIERBOHRUNGEN AUF DREH-FRÄSZENTREN MIT MINIMALER EINSCHRÄNKUNG DER BAUTEILLÄNGE

Prof. Dr.-Ing. Stefan Scherbarth

### Abstract

Dem Stand der Technik entsprechend werden Zentrierbohrungen auf Dreh-Fräszentren mit einem Zentrierbohrer mit dem horizontal geschwenkten B-Achsenkopfes gefertigt. Die maximale Werkstücklänge wird dabei erheblich reduziert, nämlich entsprechend der Länge des B-Achsenkopfes. Die in diesem Projekt entwickelte Technik ermöglicht die Bearbeitung deutlich längerer Werkstücke. Hierzu wird die Zentrier-Kavität in zwei kreuzenden Schnitten mit Hilfe eines Profil-Schaftfräasers gefertigt. Dessen Kontur ist so ausgelegt, dass eine mitlaufende Zentrierspitze mit 60° Kegelwinkel Linienkontakt zu der gefertigten Zentrier-Kavität hat. Damit kann die neue Technologie ohne Einschränkungen mit dem Stand der Technik kombiniert werden. Darüber hinaus kann eine entsprechend der Zentrier-Kavität geformte Zentrierspitze verwendet werden, die eine Drehmomentübertragung ermöglicht und damit klassische Stirnmitnehmer ersetzen kann. Die in dem Projekt entwickelte Technologie wurde zum Patent angemeldet.

*According to the state of the art, centering bores are made on turn milling centers with a centering drill by the horizontally pivoted B-axis head. The maximum workpiece length is thereby considerably reduced, namely according to the length of the B-axis head. The technology developed in this project allows the machining of significantly longer workpieces. For this purpose, the centering cavity is produced in two intersecting cuts by a profile end mill. The contour of the end mill is designed such that a live center with a 60° taper angle has line contact with the manufactured centering cavity. This allows the new technology to be combined with the prior art without any limitations. Furthermore, it is possible to use a centering tip shaped according to the centering cavity, which enables a torque transmission and can thereby replace conventional face drivers. The technology developed in the project is patent pending.*

### Einleitung: Stand der Technik und Problemstellung

Zentrierspitzen werden hauptsächlich in Drehmaschinen zur Unterstützung von langen, schlanken Werkstücken genutzt, um die Biegung derselben durch die Zerspankräfte zu verkleinern oder um die Gefahr des Umherschlagens aufgrund einer eventuell vorhandenen Werkstückunwucht zu beseitigen. Hierzu wird dem Stand der Technik entsprechend eine Zentrierbohrung in die Stirnfläche des Bauteils gebohrt. Während des Bohrprozesses fluchten die Rotationsachse des Bauteils und die des Werkstückes prinzipbedingt. Nachdem die Zentrierbohrung gefertigt ist, wird eine kegelförmige Zentrierspitze in die teilweise kegelförmige Zentrierbohrung hineingefahren, die das Bauteil abstützt bzw. die Prozesskräfte abfängt. Sowohl die verschiedenen Ausführungen der Zentrierbohrungen (DIN 332) wie auch die zu ihrer Herstellung benötigten Zentrierbohrer (DIN 333, ISO 866, ISO 2540, ISO 2541) sind genormt. Darüber hinaus ist auch die Geometrie der verwendeten Zentrierspitzen (DIN 806, DIN 807) standardisiert.

Der hohe Standardisierungsgrad der Zentrierbohrungen zeigt deutlich, dass in den letzten Jahren nur eine geringfügige Weiterentwicklung dieser Technologie stattgefunden hat. Dies beruht darauf, dass die bisherige Fertigungstechnologie für die Herstellung von Zentrierbohrungen auf klassischen CNC-Drehmaschinen völlig ausreichend ist. Hier wird die Zentrierbohrung mittels einer angetriebenen Einheit auf dem Werkzeugrevolver mit Hilfe der genormten Werkzeuge gefertigt.

War auf klassischen CNC-Drehmaschinen diese Art der Fertigung von Zentrierbohrungen noch alternativlos, hat sich die Bearbeitungssituation mit der steigenden Verbreitung von Drehfräszentren dramatisch verändert. Auf Drehfräszentren wird zur Fertigung von Zentrierbohrungen bevorzugt die in den B Achsenkopf integrierte Frässpindel verwendet. Diese bietet den Vorteil eines automatischen Werkzeugwechsels und verfügt über ein Vielfaches der Stabilität und Antriebsleistung einer angetriebenen Einheit auf einer klassischen CNC-Drehmaschine. Zudem kann das Bauteil mit dem untenliegenden Revolver abgestützt werden während die Zentrierbohrung mit der Frässpindel gebohrt wird. Damit wird auch das flexible Zentrierbohren von langen Werkstücken unkompliziert und automatisch möglich (Abbildung 1).





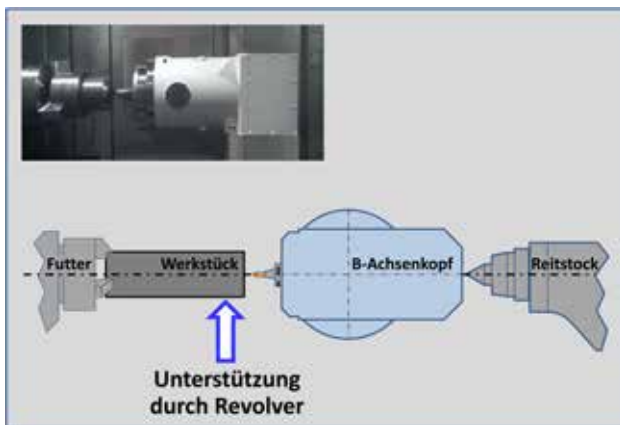


Abbildung 1: Zentrierbohren auf einem Dreh-Fräszentrum

Wie aus obigen Ausführungen ersichtlich, bietet das Verfahren, die Zentrierbohrung mit Hilfe der Frässpindel des B-Achsenkopfes zu fertigen, auf Drehfräszentren eine Reihe von Vorteilen. Allerdings ist es mit einem entscheidender Nachteil verbunden: Aufgrund der Tatsache, dass der B-Achsenkopf und der Zentrierbohrer zwischen der Zentrierspitze und dem Werkstück positioniert werden müssen, verkürzt sich die maximal mögliche Bauteillänge deutlich (Vgl. Abbildung 1). Einige Hersteller haben diesem Sachverhalt mit der Entwicklung von besonders kompakt bauenden B-Achsenköpfen Rechnung getragen; die kompakte Bauweise ist allerdings mit einem erhöhten Aufwand für die Spindellagerung verbunden. (Referenz: DMG MORI AG, Drehfräszentrum CTX beta 800 TC mit der ultra-kompakten Dreh-Frässpindel „compactMASTER“)

## Beschreibung des Projekts: Problemlösung

Alternativ wird in diesem Forschungsprojekt untersucht, Zentrierbohrungen mit kreisförmigem Querschnitt durch eine nicht rotationssymmetrische Vertiefung in der Stirnfläche des Werkstücks zu ersetzen, in die eine Zentrierspitze hineinfasst. Diese Vertiefung wird im Weiteren als Zentrier-Kavität bezeichnet; sie wird nicht durch einen Bohr-, sondern mittels eines Fräsprozesses gefertigt. Dabei steht der B-Achsenkopf schräg, so dass die maximal mögliche Bearbeitungslänge deutlich vergrößert wird (Abbildung 2). Die Achse des Fräswerkzeugs steht in einem Winkel von  $65^\circ$  bis  $75^\circ$  zur Rotationsachse des Bauteils.

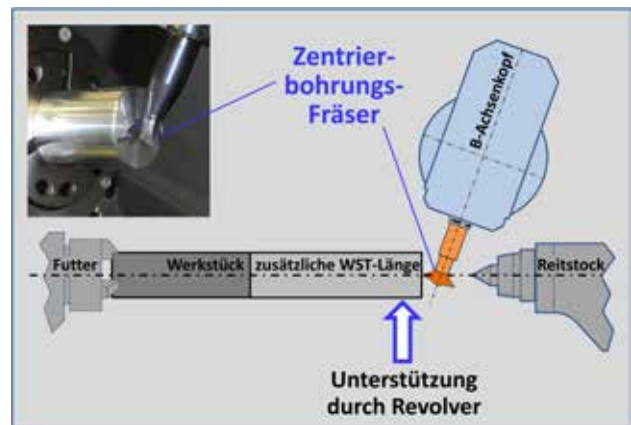


Abbildung 2: Fertigung einer Zentrierkavität mittels eines Profil-Schaftfräsers

Unabhängig vom Winkel zwischen der Rotationsachse des Bauteils und der des Fräsers wird die Zentrier-Kavität durch zwei um  $90^\circ$  versetzte Frässchnitte erzeugt. Hierzu wird das Werkstück, das in dem Spannfutter der Haupt- bzw. Nebenspindel des Drehfräszentrums eingespannt ist, nach dem ersten Schnitt entlang seiner Rotationsachse um  $90^\circ$  gedreht. Damit die Verwendung von genormten mitlaufenden Zentrierspitzen mit einem Kegelwinkel von  $60^\circ$  möglich ist, wird die Kontur des Fräsers so ausgelegt, dass der Schnitt der beiden Frässchnitte eine gerade Schnittkante der beiden Konturen ergibt, die bezogen auf die Rotationsachse des Werkstückes einen Winkel von  $\alpha = 30^\circ$  haben. Damit kommt es bei Verwendung eines Zentrierkegels mit  $60^\circ$  Kegelwinkel zu einer Linienberührung. Alternativ zu einer klassischen mitlaufenden kegelförmigen Zentrierspitze kann eine optimierte Zentrierspitze verwendet werden, deren Kontur in die Zentrier-Kavität formschlüssig hineinfasst.

Das Verfahren bietet gegenüber dem Einsatz eines klassischen Zentrierbohrers zur Herstellung einer Zentrierbohrung auf einem Drehfräszentrum folgende Vorteile:

- Die maximale Werkstücklänge, welche mit einer Zentrierung versehen werden kann, vergrößert sich deutlich, da nicht mehr der gesamte B-Achsenkopf inklusive Werkzeughalter und Zentrierbohrer vor dem Werkstück positioniert werden muss.
- Die Verwendung vorhandener mitlaufender Zentrierspitzen ist ohne Einschränkungen möglich. Somit kann eine mitlaufende Zentrierspitze sowohl mit klassisch durch Bohren gefertigten Zentrierbohrungen verwendet werden, als auch in Kombination mit Zentrier-Kavitäten, welche mit Hilfe des hier untersuchten Verfahrens hergestellt sind.

- Aufgrund des bei Drehfräszentren möglichen automatischen Werkzeugwechsels kann die klassische Technik, Zentrierbohrungen mittels Zentrierbohren zu fertigen, mit der hier vorgeschlagenen Technik eine Zentrier-Kavität zu fräsen uneingeschränkt kombiniert werden.
- Soll die Zentrier-Kavität in einem weiteren Fertigungsschritt nicht nur genutzt werden, um das Bauteil zu zentrieren, sondern auch um es anzutreiben, ist dies durch die Verwendung einer entsprechend konturierten Zentrierspitze möglich, welche in die Zentrier-Kavität hineingreift. Damit kann auf den Einsatz von Stirnmitnehmern verzichtet werden.

Damit eine konventionelle, mitlaufende Zentrierspitze in Kegelform verwendet werden kann, muss das Fräs Werkzeug zur Fertigung der Zentrier-Kavität eine spezifische Kontur aufweisen. Unter der Voraussetzung, dass die Zentrier-Kavität mit zwei um 90° versetzten Schnitten erzeugt werden soll, ergibt sich folgende mathematische Beschreibung der Außenkontur:  
Kontur der unteren Hauptschneide, beschrieben durch die Koordinaten  $z_1$ ,  $r_1$ :  
( $r_1$ : Radiuskoordinate,  $z_1$ : Koordinate längs der Fräserachse)

$$z_1 = \frac{-\cos(\beta) \times r_c + \sqrt{r_1^2 - y_1^2} \times \cos(\beta) + y_1}{\sin(\beta)} \quad \text{Gleichung (1)}$$

mit

$$y_1 = a_1 + b_1 \quad \text{Gleichung (2)}$$

$$a_1 = \frac{\sqrt{-4 \times \tan(\alpha)^4 \times r_c^2 + 2 \times r_1^2 \times \tan(\alpha)^2 (-2 \sin(\beta) - \sqrt{2} \tan(\alpha) \cos(\beta))^2 + 4 \times r_1^2 \times \tan(\alpha)^4}}{(-2 \sin(\beta) - \sqrt{2} \tan(\alpha) \cos(\beta))^2 + 2 \tan(\alpha)^2}$$

$$b_1 = \frac{-\sqrt{2} \tan(\alpha) \cdot (-2 \sin(\beta) - \sqrt{2} \tan(\alpha) \cos(\beta)) \times r_c}{(-2 \sin(\beta) - \sqrt{2} \tan(\alpha) \cos(\beta))^2 + 2 \tan(\alpha)^2}$$

mit

$$r_1 = [r_{\min_1}; r_c] \quad \text{Gleichung (3)}$$

und

$$r_{\min_1} = \frac{\tan(\alpha) \times r_c}{\sqrt{2 \sin(\beta)^2 + 2^{3/2} \tan(\alpha) \cos(\beta) \sin(\beta) + \tan(\alpha)^2 \cos(\beta)^2 + \tan(\alpha)^2}} \quad \text{Gleichung (4)}$$

Kontur der oberen Hauptschneide, beschrieben durch die Koordinaten  $z_2$ ,  $r_2$ :  
( $r_2$ : Radiuskoordinate,  $z_2$ : Koordinate längs der Fräserachse)

$$z_2 = \frac{-\cos(\beta) \times r_c + \sqrt{r_2^2 - y_2^2} \times \cos(\beta) + y_2}{\sin(\beta)} \quad \text{Gleichung (5)}$$

mit



$$y_2 = a_2 + b_2$$

Gleichung (6)

$$a_2 = \frac{-\sqrt{-4 \times \tan(\alpha)^4 \times r_c^2 + 2 \times r_2^2 \times \tan(\alpha)^2 (-2 \sin(\beta) + \sqrt{2} \tan(\alpha) \cos(\beta))^2 + 4 \times r_2^2 \times \tan(\alpha)^4}}{(-2 \sin(\beta) + \sqrt{2} \tan(\alpha) \cos(\beta))^2 + 2 \tan(\alpha)^2}$$

$$b_2 = \frac{\sqrt{2} \tan(\alpha) \times (-2 \sin(\beta) + \sqrt{2} \tan(\alpha) \cos(\beta)) \times r_c}{(-2 \sin(\beta) + \sqrt{2} \tan(\alpha) \cos(\beta))^2 + 2 \tan(\alpha)^2}$$

mit

$$r_2 = [r_{\min_2}; r_c]$$

Gleichung (7)

und

$$r_{\min_2} = \frac{\tan(\alpha) \times r_c}{\sqrt{2 \sin(\beta)^2 + 2^{3/2} \tan(\alpha) \cos(\beta) \sin(\beta) + \tan(\alpha)^2 \cos(\beta)^2 + \tan(\alpha)^2}}$$

Gleichung (8)

mit:  $r_c$  maximaler rechnerischer Werkzeugradius  $r_c = d_c/2$   
 $\alpha$  halber Kegelöffnungswinkel der Zentrierspitze  
 $\beta$  Winkeldifferenz zwischen Werkzeug- und Bauteilachse

Ist eine verminderte Tiefe der Zentrier-Kavität zulässig, kann der Fräser zur Fertigung der Zentrier-Kavität durch eine einfachere Werkzeugkontur, bestehend aus geraden Schneiden, angenähert werden. Der Werkzeug-Einstellwinkel  $\kappa$  ist für diesen Fall wie folgt näherungsweise zu berechnen:  
 Einstellwinkel der unteren Hauptschneide  $\kappa_1$ :

$$\kappa_1 = \arctan\left(-\frac{3}{r_c} \times z_1 \left(r_1 = \frac{2}{3} r_c\right)\right)$$

Gleichung (9)

Einstellwinkel der oberen Hauptschneide  $\kappa_2$ :

$$\kappa_2 = 180^\circ - \arctan\left(\frac{3}{r_c} \times z_2 \left(r_2 = \frac{2}{3} r_c\right)\right)$$

Gleichung (10)

Gleichung (10)

mit:  $z_1$  ( $r_1 = 2/3 r_c$ ) Wert der Funktion  $z_1$  an der Stelle  $r_1 = 2/3 r_c$   
 $z_2$  ( $r_2 = 2/3 r_c$ ) Wert der Funktion  $z_2$  an der Stelle  $r_2 = 2/3 r_c$

Damit ergeben sich für  $\beta$  folgende zwei Vorzugswinkel:

$\beta = 67.792346^\circ$  für Fräser mit einer Werkzeuggeometrie, die nur durch die Kontur  $z_2$  bestimmt wird ( $z_1 = 0$  für alle  $r_1$ ); damit schneidet das Werkzeug nur einseitig, zusätzlich kann der Fräser einfacher hergestellt werden (Der Fräser hat nur eine obere Hauptschneide.)

$\beta = 73.601655^\circ$  Eckenwinkel des Fräasers entspricht  $35^\circ$ ; dies ermöglicht den Bau von Fräswerkzeugen mit Standarddrehtplatten mit V-Form entsprechend der ISO 1832, wenn eine verminderte Schnitttiefe zulässig ist.

In vielen Fällen wird die Zentrier-Kavität durch eine geradlinige Verfahrbewegung in der Ebene, die durch die Rotationsachse des Werkzeugs und die des Bauteils aufgespannt wird, gefertigt. Die Kontur des Fräasers wird in diesem Fall direkt im Schnitt des Bauteils abgebildet. Alternativ kann die Zentrier-Kavität auch durch halbkreisförmiges Zirkularfräsen auf einer schrägen Ebene erzeugt werden. In diesem Fall ist die Außenkontur des Fräasers um den Radius der Verfahrbewegung  $r_f$  zu korrigieren. Somit muss von der ursprünglich mit Gleichung 1 bis 8 berechneten Fräserkontur der Radius der Verfahrbewegung  $r_f$  abgezogen werden.

## Ergebnisse: Erprobung der neuen Technologie

Zur Erprobung der neuen Technologie wurde ein Fräswerkzeug aus HSS-Stahl mit einem Außendurchmesser von  $d_c = 28,8$  mm hergestellt (Abbildung 3). Das Werkzeug ist für einen B-Achsenwinkel von  $\beta = 67.7923^\circ$  ausgelegt. Der Profil-Schaftfräser hat eine Gesamtlänge von 110 mm und einen Schaftdurchmesser von 20 mm. Zur Verbesserung des Verschleißverhaltens und zur Minimierung einer etwaigen Aufbauschneidenbildung ist das Werkzeug mit einer TiAlN Beschichtung von 4  $\mu\text{m}$  Dicke versehen. Das Werkzeug wurde während des Fräsprozesses ohne Verwendung einer Reduzierhülse in einem Dehnspannfutter der Firma Schunk gespannt. Die Werkzeuggesamtlänge von der Planfläche des HSK-E50 bis zur Werkzeugspitze betrug 150 mm, wobei das Werkzeug 60 mm aus dem Spannfutter herausragte.



Abbildung 3: Profil-Schaftfräser,  $d_c = 28,8$  mm, TiAlN beschichtetes HSS

Die Werkzeugerprobung bzw. Fertigung der Zentrierkavität wurde auf einer 5-achsigen Fräsmaschine der Firma DECKEL MAHO einer DMU 70 V durchgeführt. Die Maschine verfügt über eine Hochgeschwindigkeitsspindel mit  $n_{\max} = 30.000$  U/min und eine HSK-E50 Werkzeugaufnahme. Insgesamt wurden zweimal acht Schnitte mit einer Zustellung von  $a_e = 1,5$  mm pro Zentrierkavität mit Emulsion als Kühlschmierstoff gefahren. Die Vorschubgeschwindigkeit betrug  $v_f = 530$  mm/min bei einer Spindeldrehzahl von  $n = 2650$  U/min, was einer Schnittgeschwindigkeit von  $v_c = 240$  m/min entspricht. Die Bearbeitung einer Welle aus hochfestem Aluminium Werkstoff AlZnMgCu1,5 (AW-7075)

konnte ohne Probleme durchgeführt werden (Abbildung 4).



Abbildung 4: Zentrierkavität in einer Welle und konturierte Zentrierspitze

Die Qualität Zentrierung und Tragverhalten wurde in einem anschließenden Arbeitsschritt auf einer CNC-Drehmaschine von Typ Gildemeister CTX -400 S2 überprüft. Hierzu wurde die im ersten Arbeitsschritt gefertigte Zentrierkavität in einem Kraftspannfutter (Forkardt 30LC200) gespannt und eine mitlaufende Zentrierspitze mit  $60^\circ$  Kegelwinkel (Röhm Größe 108H, MK4) in die Zentrierkavität gefahren. Dabei kommt es zu einem gleichmäßigen Tragen an den Kontaktlinien zwischen Zentrierkavität und Zentrierkegel. Das Tragbild ist sowohl über die Kontaktlänge wie auch über die vier Kontaktlinien gleichmäßig, es kommt jeweils zu einer 0,2 mm breiten Deformation an den Kontaktlinien. In nächsten Arbeitsschritt wurde das Tragbild mit Hilfe einer Tuschie rung der Zentrierspitze mit schwarzer Farbe untersucht. Deutlich sichtbar ist das gleichmäßige Tragen der vier Kontaktlinien anhand der Markierung in der Tuschie rung auf der Kegelspitze (Abbildung 5). Durch die beschriebenen Untersuchungen konnte der Nachweis erbracht werden, dass die Verwendung der neuartigen Technologie zur Fertigung von Zentrierkavitäten in Kombination mit klassischen mitlaufenden Kegelspitzen mit  $60^\circ$  Kegelwinkel möglich ist. Dies eröffnet die Möglichkeit, auf Dreh-Fräszentren mit Hilfe der neuen Technologie deutlich längere Bauteile zu zentrieren bzw. komplett zu bearbeiten.

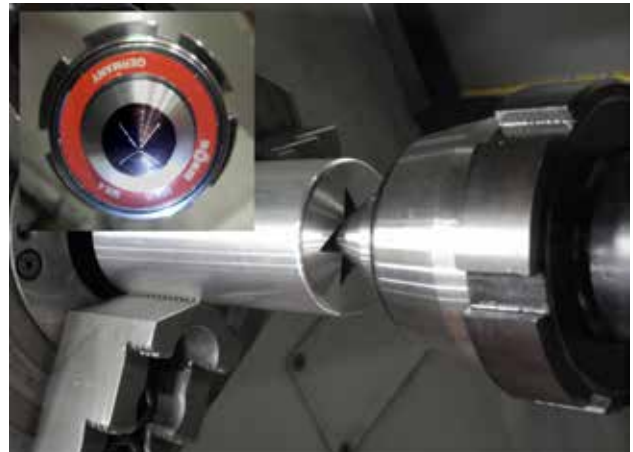


Abbildung 5: Mitlaufende Zentrierspitze in der Zentrierkavität sowie Kontaktlinien

In einem weiteren Projektschritt wurde die Möglichkeit untersucht, mit Hilfe einer entsprechend der Zentrierkavität geformten Zentrierspitze Stirnmitnehmer zu ersetzen. Stirnmitnehmer bieten nicht nur die Möglichkeit der Werkstückzentrierung, sondern auch die der Drehmomentübertragung zwischen Werkstück und Spindel. Hierzu wurde eine konturierte Zentrierspitze gefertigt (Abbildung 4). Ihre Form ähnelt der der Zentrier-Kavität, ist allerdings so ausgestaltet, dass beim Einpressen der konturierten Zentrierspitze ein Flächenkontakt zwischen der Zentrier-Kavität und der konturierten Zentrierspitze entsteht; ein Kontakt im Grund der Zentrier-Kavität wird vermieden. Diese Ausführungsform der Zentrierspitze kann auch benutzt werden, um die Tragkraft gegenüber der Verwendung einer klassischen kegelförmigen Zentrierspitze zu erhöhen. Findet das untersuchte Verfahren Anwendung, kommt es beim Einsatz einer konventionellen kegelförmigen Zentrierspitze zu einem Linienkontakt zwischen Zentrier-Kavität und Zentrierspitze. Wird dagegen eine entsprechend der Geometrie der Zentrier-Kavität konturierte Zentrierspitze verwendet, ergibt sich ein Flächenkontakt zwischen Bauteil und konturierter Zentrierspitze. Dies konnte durch ein Tuschie ren der konturierten Kegelspitze belegt werden. Wird die konturierte Zentrierspitze eingesetzt, können deutlich größere Drehmomente als mit klassischen Stirnmitnehmern übertragen werden. Damit wird es teilweise möglich, auf aufwendige Wellenspannfutter mit zurückziehbaren Backen zu verzichten.

## Fazit

Die neu entwickelte Technologie zur Fertigung von Zentrierbohrungen auf Dreh-Fräszentren mit minimaler Einschränkung der Bauteillänge ist uneingeschränkt funktionsfähig. Das Verfahren, die Werkzeuggeometrie sowie die Form der zugehörigen



konturierten Kegelspitze wurden zum Patent angemeldet.

## Danksagungen

Herrn Manfred Dengler, Werkmeister an der THD und Herrn Christopher Schuster, studentische Hilfskraft, gilt mein Dank für ihre hervorragende Projektunterstützung.



## Prof. Dr.-Ing. Stefan Scherbarth

Technische Hochschule Deggendorf  
Fakultät Maschinenbau und Mechatronik  
Dieter-Görlitz-Platz 1  
94469 Deggendorf

Tel.: +49 (0)991 3615-337  
E-Mail: stefan.scherbarth@th-deg.de



## Intelligente Mobilität

### ▶ ENABLING SEAMLESS ELECTROMOBILITY THROUGH SMART VEHICLE-GRID INTEGRATION (ELECTRIFIC)

Prof. Dr. rer. nat. Andreas Berl, Markus Eider (M.Sc.), Diana Sellner (B.Sc.Math.), Florian Schweiger (B.Eng.)

#### Abstract

Challenges have to be resolved to make Electric Vehicles (EVs) as convenient as combustion vehicles. EV Fleet Operators (EFOs) want their cars to be fully charged and ready for use at all times. This straightforward goal, however, is counteracted from various sides. The range of the EV depends on the characteristics of the battery which is influenced by EV use and charging characteristics. Moreover, increasing charging convenience from the user's point of view might unfortunately lead to problems in the power grid, such as peak demand when charging multiple EVs.

In *Electrific*, we propose a novel approach to tackle this multi-layered problem from different perspectives. Using on-board EV data and grid prediction models, we build up an information model as a foundation for a back-end service containing EFO and Charging Station Provider (CSP) logic as well as a central Advanced Drivers Assistant System (ADAS). These components connect to both battery management and user interfaces, suggesting various routing and driving behaviour alternatives customized and incentivized for the current user profile in order to optimize the above mentioned goals.

*Um Elektrofahrzeuge (EV) so attraktiv wie Verbrennerfahrzeuge zu machen, müssen viele Herausforderungen überwunden werden. Flottenbetreiber (EFO) haben das Interesse, dass ihre Fahrzeuge jederzeit vollgeladen sind. Dieses triviale Ziel widerspricht jedoch anderen Interessen. Zum einen hängt die Reichweite der EVs vom Zustand der Batterie ab, welcher durch Fahrzeugbenutzung und durch die Ladeart beeinflusst wird. Zum anderen führt eine Steigerung des Ladekomforts für den Benutzer zu Problemen im Stromnetz, wie etwa Leistungsspitzen während des Ladens mehrerer EVs.*

*Electrific* befasst sich mit einem Ansatz, der dieses multidimensionale Entscheidungsproblem aus unterschiedlichen Blickwinkeln löst. Unter Verwendung von Daten aus dem EV und Vorhersagemodellen zum Zustand des

*Stromnetzes wird eine Datenbasis entwickelt, welche als Grundlage für das Electrific-System dient. Dieses umfasst Logik für sowohl EFO als auch Ladestationsbetreiber und ein fortschrittliches Fahrerassistenzsystem. Um das Entscheidungsproblem zu lösen, werden Batteriemangement und Benutzerinterfaces miteinander vernetzt, woraufhin dem Fahrer mittels Anreizmechanismen verschiedene Routen und alternative Fahrverhaltensweisen empfohlen werden.*

## Introduction

In 2011, the European Commission outlined its transport strategy for 2050 which focuses on low-emission mobility and aims at eliminating combustion-engine vehicles in cities by the year 2050 [1]. Considering the intuitive use case of people driving to work with their cars and charging them in the evening at home, this would add a huge pressure on the power grid.

A study estimating the impact of only 0.5 million EVs on the German power demand came to the conclusion that with this typical charging model, the German grid infrastructure would face a power demand increase of 16 % [2]. While keeping this challenge in mind, the attractiveness of EV mobility has to simultaneously be enhanced in order to cut down CO2 emissions from combustion vehicles. The Horizon 2020 project Electrific aims at achieving these conflicting goals. Dealing with these issues entails challenges on different levels of the e-mobility eco-system.

- Battery management must be improved in order to both increase the driving range and reduce the charging impact on the grid
- Vehicle fleet management must be steered towards an optimized fleet charging and routing contributing to the goals of EV grid integration and optimized renewable energy utilization
- Charging behaviour needs to be steered in order to organize the charging process in a grid-friendly and renewable, integrative way
- Driving behaviour and routing needs to be incentivized in order to further contribute to the above mentioned issues
- Charging stations need to be managed in concerted action with all the other stakeholders

This creates a complex decision problem which has to be resolved in a distributed computing process. In addition, the challenge of how to motivate drivers and fleet managers to play along these goals needs to be tackled.

## Project Description

Deggendorf Institute of Technology (DIT), the University of Passau and nine other partners from all over the EU are working together in Electrific – “Enabling Seamless Electromobility Through Smart Vehicle-Grid Integration”, a project within Horizon

2020, the European Union Framework Programme for Research and Development. The project started on September 1st 2016 and is planned for three years.



Researchers of the Electrific team with an electric carriage, originally designed by the inventor Ferdinand Porsche and built by the technical school for automotive engineering and electronics in Deggendorf.

Electrific will develop novel technologies and theoretical understanding which enable highly attractive and sustainable electromobility. The technologies will be developed within three layers – the grid, the vehicle and the user. Seamless and ergonomic collaboration between all layers will be created in order to make using EVs at least as convenient and attractive as the use of combustion engine vehicles, all the while optimizing the grid and the EV infrastructure utilization as well as maximizing the use of renewable energy resources.

With the participation of DIT and its know-how from the project E-WALD, research on battery health classification models, derived from EV on-board data, and charging scheduling is being done. Using the knowledge on the EV battery health state, more simple and sustainable charging processes shall be developed. This is carried out with the aim of minimizing battery degradation and drawing only the energy required for the upcoming trip while maximizing the ratio of currently available renewable energy in the grid’s energy mix.

The necessary data for the battery health research is taken from the Advanced Driver Assistance System (ADAS) InCarApp, which was developed by DIT during the E-WALD project and deployed in the vehicles of the Electric Vehicle Fleet Operator (EFO) E-WALD GmbH. Besides the Bavarian Forest, where the E-WALD fleet is located, two other pilot fleet



regions are included in the project to conduct experiments with the developed prototypes. These are the Šumava region in the Czech Republic and Barcelona, Spain.

EV range is the primary weak point of electromobility. Amongst others, this is due to the users' driving and charging behaviour. Depending on the actions, the range is strongly affected during a trip. Drivers often follow a plan they have made hours before starting a trip. Moreover, they fully charge the car until the beginning of the trip in order to be able to reach any destination. Eventually they have to recharge, for instance on the return path. This usage pattern could pose a negative influence on the battery on a long-term scale. This is why in Electrific, experts in psychology and business informatics are working on methods for incentivizing the users to drive more economically. These incentives could be in the form of bonuses or price discounts at charging stations, reduced rental prices etc.

## Approach

For an automatically scheduled charging plan which considers each single EV various input parameters are needed. Firstly, the State of Charge (SoC) and the fleet booking schedule need to be known. This shall enable calculating the required energy for the vehicles' upcoming trips. By this way, the EVs needed earliest can be prioritized for charging. This is the first aim the charging scheduler shall be developed for. Secondly, the State of Health (SoH) classification of an EV battery is crucial for the decision on how to charge the EV while minimizing battery aging. Our third aim is to stabilize the grid. Since we intend to optimize charging schedules for night time application, a forecast of grid properties with a range covering the interims of EVs until their individual booking starts is required. The University of Passau conducts extensive research in this field and provides the necessary information. This prediction-based approach saves, on the one hand, energy costs [3]. Considering parcel services on the other hand, night time charging could be highly convenient, because operation times are usually during the day.

These input parameters can be used for scaling the schedule from one EV to the whole fleet while increasing the cars' longevity and availability. Grid stability and the ratio of renewables should also be considered in this context. Firstly, EVs shall be charged to an exact SoC which is sufficient to guarantee the driving range for a planned trip. If no trip is planned for the next day and excessiverenewable energy is locally available, the EV should be charged fully. The second goal is to minimize battery degradation. To this end, different charging types

and their impact on EV battery health shall be analyzed. Also, the charging scheduler should suggest the EFO to reallocate EVs based on their usage, for instance swap rarely and frequently used vehicles in order to homogenize fleet degradation. This shall be applied when the EFO runs a business with different EV charging locations, such as a car-sharing service. To reach our third goal of environmental friendliness and cost saving, EVs should be charged predominantly in time slots when the energy price is low and the ratio of renewables in the energy is high. Since this is not always possible, the stability of the grid shall be prioritized, assuring the correct functionality of our proposed system in other energy cells or grids as well. The classification of a single EV's battery health also requires historical and momentary data of both the vehicle and its battery. We separate the data into influences and health criteria, leaving input and output parameters for the battery model. The influences can be further divided in two categories. Firstly, the charging model describes the case when an EV is being charged. In this case, we request data from a Charging Station (CS), e.g. the type of technology and the power demand at a CS. Secondly, a discharge model is used when the EV is driven. Here, parameters like the discrete SoC curve of a trip could be used to determine the battery state. Likewise, health criteria can be used to roughly determine the battery condition. These can be, amongst others, the SoH from the Battery Management System (BMS). To determine the correlations between data and results, we need to use practical trials to get EV performance data. These data are analyzed and compared to the health criteria. Based on this evaluation, we aim to develop a more precise classification of battery health which is more universally applicable than current commercial approaches.

## Acknowledgments

The project Electrific is funded by Horizon 2020, the European Union Framework Programme for Research and Innovation (grant agreement N° 713864).

## References

- [1] European Commission (2011): Press Release. Transport 2050: Commission outlines ambitious plan to increase mobility and reduce emissions. 28 March 2011. Online verfügbar unter [http://europa.eu/rapid/press-release\\_IP-11-372\\_en.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_IP-11-372_en.htm).
- [2] Schill, Wolf-Peter; Gerbaulet; Clemens (2015): Power system impacts of electric vehicles in Germany: Charging with coal or renewables? In: Applied Energy 156 (October), S. 185–196.

[3] Petit, Marc; Perez, Yannick (2013): Coordination of EV fleet charging with distributed generation to reduce constraints on distribution networks. In: 2013 World Electric Vehicle Symposium and Exhibition (EVS27). Barcelona, Spain: November 17-20, 2013: IEEE, S. 1-9.

### Fördergeber



This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation program under grant agreement 713864.

### Projektpartner



### Projekt



#### Prof. Dr. rer. nat. Andreas Berl

Technische Hochschule Deggendorf  
Fakultät Elektrotechnik, Medientechnik  
und Informatik  
Dieter-Görlitz-Platz 2  
94469 Deggendorf

Tel.: +49 (0)991 3615-530  
E-Mail: andreas.berl@th-deg.de



#### Markus Eider (M.Sc.)

Technische Hochschule Deggendorf  
Dieter-Görlitz-Platz 2  
94469 Deggendorf

Tel.: +49 (0)991 3615-633  
E-Mail: markus.eider@th-deg.de





**Diana Sellner (B.Sc.Math.)**

Technische Hochschule Deggendorf  
Dieter-Görlitz-Platz 2  
94469 Deggendorf

Tel.: +49 (0)991 3615-636  
E-Mail: [diana.sellner@th-deg.de](mailto:diana.sellner@th-deg.de)

**Florian Schweiger (B.Eng.)**

Technische Hochschule Deggendorf  
Dieter-Görlitz-Platz 2  
94469 Deggendorf

Tel.: +49 (0)991 3615-617  
E-Mail: [florian.schweiger@th-deg.de](mailto:florian.schweiger@th-deg.de)

## ▶ A STUDY OF ANTECEDENT CONDITIONS OF CUSTOMER ENGAGEMENT: ECONOMICAL ASPECTS OF LOCAL RAILWAY STATIONS AND TRAIN TICKET SELLING IN PERIPHERAL REGIONS

Melanie Hazod\* (Dipl.-Betriebsw. (FH)), Prof. Dr. Shiri Vivek

### Abstract

This research report explores the question of what could make a customer engagement (CE) strategy successful. In an effort to maximize positive outcomes such as customer loyalty, satisfaction and word of mouth, both practitioners and academics have been highly interested in customer engagement (CE). Analysis of data was obtained through a series of studies. Dialogue, facilitation, authenticity and relevance as the major elements of customer engagement were found to play important roles in creating effective CE strategies. This study details these elements of customer engagement (CE) with relevant examples.

A case study of customer engagement by the German railway company Deutsche Bahn AG (DB) investigates correlations between train ticket selling and the implemented CE actions.

*Dieser Forschungsbeitrag diskutiert, ob Customer Engagement (CE) einen Beitrag zur Erhaltung ländlicher Personenbahnhöfe leisten könnte. Customer Engagement (CE) beschreibt eine Form von Kundenmanagement zur Interaktion mit Kundengruppen durch Marketing-Strategien.*

*Unternehmerische Bemühungen, positive Ergebnisse wie Kundenbindung, Kundenzufriedenheit oder Mund-zu-Mund-Propaganda zu generieren und maximieren, beschäftigen sowohl Praktiker als auch Akademiker. Quantitative und qualitative Datenanalysen ermitteln vier prägnante Elemente von Customer Engagement: Dialogue, Facilitation, Authenticity und Relevance. Diese vier Elemente nehmen eine entscheidende Rolle bei der Schaffung effektiver CE-Strategien ein.*

*Im Rahmen einer quantitativen Fallstudie des Kundenmanagements der Deutschen Bahn AG (DB) werden Zusammenhänge zwischen Ticketverkäufen und umgesetzten CE-Aktionen an Personbahnhöfen im ländlichen Raum untersucht. Diese Zusammenhangsmessungen analysieren, ob ländliche Personbahnhöfe durch CE-Maßnahmen in ihrer Zentralitätsfunktion wieder gestärkt werden könnten.*

## 1. Introduction

### 1.1 Preamble

In the last decades, railroad stations in German rural areas have been primarily financed by rental incomes from ticket sale counters operated by German Railway/Deutsche Bahn AG (DB). New structures of distribution, e.g. online ticketing, eclipse the distribution by staff. The selling of train tickets can no longer finance many peripheral railway stations. Architecturally valuable station buildings in small towns or the periphery are facing economic decline. In order to make distribution operated by people possible and to offer customers and the region an attractive railway station, new strategies are necessary.

### 1.2 Project description

In an effort to maximize positive outcomes such as customer loyalty, satisfaction and word of mouth, both practitioners and academics have been highly interested in customer engagement (CE). While practitioners have implemented CE strategies with mixed success, academic researchers have focused more on conceptualizing and measuring CE and

determining its outcomes. This research report explores the antecedent elements of an effective and successful CE strategy through executives on the topic of railway stations and train ticket selling in peripheral regions. A successful CE strategy is one that provides positive marketing outcomes (increased sales, loyalty) as it develops deeper connections with customers. We explain examples of German Railway/Deutsche Bahn AG's (DB) regional experiments with CE strategies: In the pilot region of Eastern Bavaria, innovative CE actions have been applied. This includes, for instance, parcel shops at railway stations or a combination of personal ticket selling and gastronomy concepts.

\*Promoviert in Kooperation mit der Universität Leipzig (Betreuerin: Prof. Dr. Vera Denzer, Fakultät für Physik und Geowissenschaften, Institut für Geographie, Abteilung Anthropogeographie).





Figure 1: Railroad station in Zwiesel, Bavaria, Germany: Example for a railroad station before and after new CE concept (here: combination of gastronomy with ticket selling). Source: M. Hazod, DB RegioNetz Verkehrs GmbH/VSO

## 2. Theoretical framework: Customer Engagement (CE)

Noting that CE, a tier one research priority of MARKETING SCIENCE INSTITUTE, 2014-2016, is clearly a source of competitive advantage and that a customer's emotional connection with a company is key to achieving this advantage (KUMAR/PANSARI, 2016), researchers have explored its nature, dimensions and fundamental propositions (BRODIE/HOLLEBEEK/JURIĆ/ILIĆ, 2011; VIVEK/BEATTY/MORGAN, 2012). Furthermore, they have proposed frameworks (HOLLEBEEK/SRIVASTAVA/CHEN, 2016; PANSARI/KUMAR, 2016) and suggested its applicability in different platforms and fields of business (KUMAR/PANSARI, 2016).

In the presence of right elements, hedonic, as well as utilitarian brands are potentially capable of connecting with and engaging the customer (HOLLEBEEK/SRIVASTAVA/CHEN, 2016). In recent years, academicians have addressed the nature of CE as well as developing several measures to estimate it (VIVEK,/BEATTY/DALELA/MORGAN, 2014). But most academic work has concentrated on conceptually pin-pointing the right mix of elements that make for effective engagement (BRODIE/HOLLEBEEK/JURIĆ/ILIĆ, 2011). CE is "the intensity of an individual's participation in and connection with an organization's offerings or activities, which either the customer or the organization initiates" (VIVEK/BEATTY/MORGAN, 2012). Thus, offerings, programmes, or activities initiated by the organization with a goal of connecting with or engaging their customers or potential customers may be referred to as customer engagement (CE) strategies.

While recent research overly focuses on online presence and social media in engaging customers, research seems to ignore that brands have successfully engaged customers in pre-social media days. Recent studies discuss the failed online attempts by well-known brands such as the Porsche Cayenne (FOURNIER/LEE, 2009). Thus, customer engagement strategies operate well beyond the online environment and should be considered broadly. PRAHALAD/RAMASWAMY (2004) proposed the DART approach (Dialogue, Access, Risk-benefit and Transparency) to target CE and co-creation. More recently, KUMAR/PANSARI (2016) posited that satisfaction and emotional connectedness lead to CE, though the influence may differ based on the customer's convenience desire and involvement levels, as well as by the industry and value of the brand. We study CE efforts of the Eastern Bavaria region of Deutsche Bahn (DB), the German railway company, and investigate if new innovative CE actions on local railway stations have an influence on sales and customer satisfaction.

## 3. Procedure

### 3.1 Methodic overview

- I. Definition of critical elements of CE: DARF.<sup>1</sup>
- II. Definition of the different kinds of distribution channels at local railway stations.<sup>2</sup>
- III. Allocation of CE levels and scores to each distribution channel.<sup>3</sup>
- IV. Correlation tests (multiple regression): Investigation of possible relations between CE levels and sales data from DB.<sup>4</sup>
- V. Linear trend line of the development of the sales mean per year per station on places with CE (investigated period: 2012-2015).<sup>5</sup>

<sup>1</sup>See chapter 4.1 Critical Elements of Engagement Strategy.

<sup>2</sup>See Figure 2: Definition of distribution channels and CE scores for local railway stations in the model region of Eastern Bavaria.

<sup>3</sup>See Figure 2: Definition of distribution channels and CE scores for local railway stations in the model region of Eastern Bavaria.

<sup>4</sup>See Figure 6: Multiple regression.

<sup>5</sup>See Figure 7: Percent change of the number of sold tickets at the railway station in Osterhofen.

distribution channels in the model region Eastern Bavaria		CE score	CE
pV	station with ticket counter/personal train ticket selling	2	dialogue, facilitation
RTA	station with ticket machine only	1	facilitation
pV+RTA	station with pV and RTA, sales data from both distribution channels	3	dialogue, facilitation
pV(+)	station with pV and RTA, sales data from just pV	2	dialogue, facilitation
RTA(+)	station with pV and RTA, sales data from just RTA	1	facilitation
pV+RTA+CE	station with pV and RTA and customer engagement (CE)	4-6*	dialogue, authenticity, relevance, facilitation
		*(depends on kind/number of CE implemented)	

Figure 2: Definition of distribution channels and CE scores for local railway stations in the model region Eastern Bavaria. Source: M. Hazod

### 3.2 Propositions

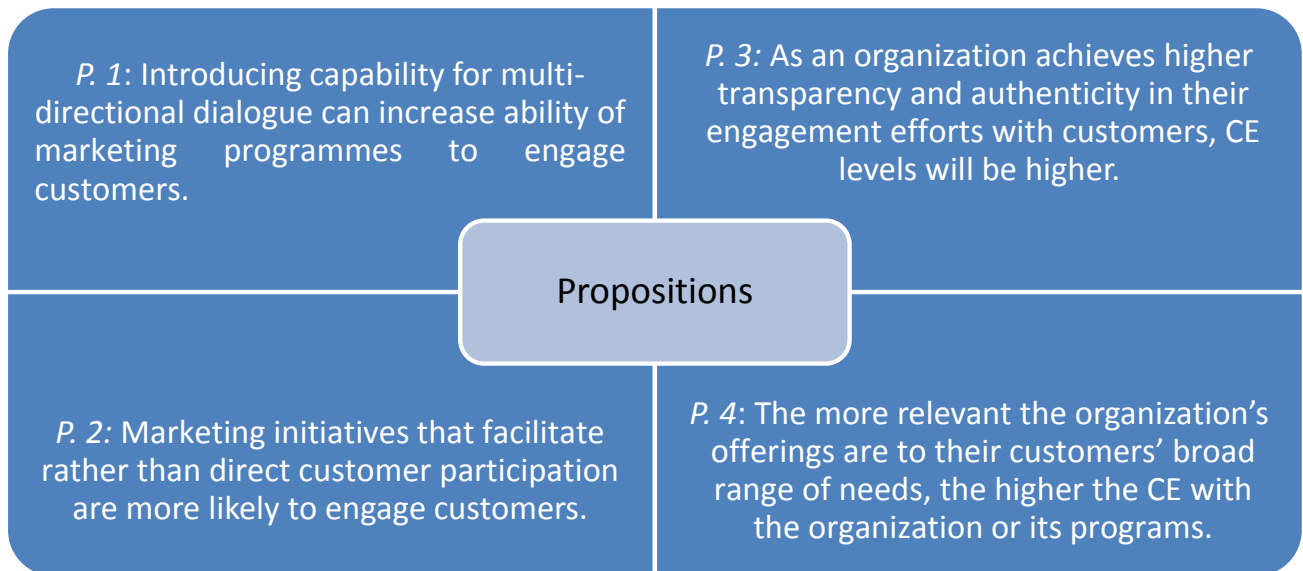


Figure 3: Propositions - Source: Prof. S. Vivek, M. Hazod

## 4. Results

### 4.1 Critical elements of engagement strategy

Irrespective of when, on what platform, and through which medium organizations implemented engagement strategies to influence the consumer, certain strategic elements were found to be essential in engaging the customer effectively. The analysis points to four important dimensions of any engagement marketing programme: generate dialogue, encourage the facilitative role of businesses,

provide authentic connection, and offer relevance to customers.

Although the extent of influence of each element may be moderated by several factors, e.g. the touch point offered, the nature of industry, the type of organization (KUMAR/PANSARI, 2016), a successful engagement strategy will likely include all of these elements.





DARF definitions				
Levels	Facilitation	Relevance	Authenticity	Dialogue
Level 4		R4 - Relevant to relationship	A4 - Truly 'market on 1': working with the customer to create flexibility.	D4 - Relational free script
Level 3	F3 - Experience facilitation	R3 - Relevant to relationship development	A3 - Firm-initiated flexibility: customer accommodations are anticipated and a regular part of product/service offering	D3 - Relational limited script-more immediate give and take
Level 2	F2 - Service surround facilitation	R2 - Relevant to wants	A2 - Enthusiastic flexibility: Customer initiates with request, but firm is familiar with accommodations and has no barriers to providing them	D2 - Transactional unlimited script
Level 1	F1 - Purchase facilitation	R1 - Relevant to needs	A1 - Begrudging flexibility: firm will change to accommodate customer request, but never offer to do so	D1 - Transactional & limited script

Figure 4: DARF definitions- Source: Prof. S. Vivek, M. Hazod

**4.2 Dialogue**

Dialogue is an interaction which necessitates participation by all parties, emphasizes flexibility, interactivity, as well as the ability and willingness to let both sides act as equal partners. As consumers transcend from being passive receivers of communications and products, co-creation becomes the order of the day (PRAHALAD/RAMASWAMY, 2004). Co-creation is a function of organization-customer interactions where the customer creates the value as business facilitates such creation (GRÖNROOS/VOIMA, 2013) through varied opportunities such as mutually satisfying conversations; integrated value-chain management; recognition of the customer's voice and value-in-use. Creating an opportunity to co-create an experience, Deutsche Bahn (DB) RegioNetz Verkehrs GmbH conducted a dialogue-focused event on one of its

existing train routes in Bavaria. To move away from the image of an old world large corporation, DB connected with people by inviting them to create awareness about the local region through local music, fun and participation on the train and at the local stations. In this monthly summer event, local bands were encouraged to play traditional Bavarian music. The special event encouraged travelers and even non-traveling locals to join the experience at no extra cost. The music provided an environment for travelers to connect with each other as well as with the railway staff, trained to interact with the travelers, creating a journey that stood out from a typical mundane trip. The popularity of this event produced significant increases in ticket sales: Ticket sales rose by 15% in one station in the year following the event.



Figure 5: Music is playing in the train and at the railway station -Source: M. Hazod, DB RegioNetz Verkehrs GmbH/VSO

**4.3 Facilitation**

Organizations have successfully incorporated facilitation through solution-focused customizable products that are not offered in final rigid forms. Instead, people are more engaged with customizable products not offered in a final form to them. Thus,

ducts that are not offered in final rigid forms. Instead, people are more engaged with customizable products not offered in a final form to them. Thus,



guidance could come from call centers or instant online chats where customers can get quick answers, expert customers or employees facilitated by the organization, or just very well-organized FAQ iteration, all easily assessed. Keeping the challenge at the optimal level and supporting customers' confidence is critical to the process. When organizations let their customers decide on the level and nature of their involvement, it shows that they care, listen to and empower their customers.

DB let passengers and locals select the programmes they wanted the company to facilitate. DB facilitated traveler convenience by expanding ticket purchase options ranging from full service ticket windows to self-service vending machines; and opening cafés with expanded services for transit passengers on the previously deserted train stations. In response to customer wishes, expressed in a survey where 60% of respondents proposed a café, the first expanded service café was opened in 2008 at the railway station in Zwiesel<sup>6</sup>, Bavaria, Germany. The café, which combines the personal train ticket selling with gastronomy, eased the wait for the train while providing a pleasant location selling trip essentials. Travelers could enjoy coffee and croissants or shop while waiting for the train. Following the first café in 2008, the concept was extended to five more stations during the following years.

#### 4.4 Authenticity

"Marketing has become too artificial and construed, a bit like a sportsman who is trying too hard. We need to bring back authenticity to promise and [...] deliver on that" (GOPALAKRISHNAN, 2008). Consumer empathy and intuition play a decisive role in making an engagement programme effective. Before a successful programme can be designed, organizations have to step into the consumer's shoes and understand what s/he needs.

It is crucial that the programme be seen by the customer as genuinely concerned and caring about what s/he wants and is not viewed simply as a way to sell products or services. As long as the promotion serves as a means for attaining the stated objective of the programme, it is not judged negatively by the consumers.

To reflect authenticity in their connection efforts, DB has been careful about staying in the background to facilitate connections among the locals through fun events. For instance, the city-bet challenges the mayor of a town to complete a specific task involving locals, such as organizing a dance with 100 couples dressed in typical Bavarian costume. Such events, perceived as highly authentic attempts to connect the city with DB, are now an integral part of local tourism, positively impacting sales into future years. In one city, following the city-bet ticket sales increased in the corresponding months of the following three years by up to 9%.

PRAHALAD/RAMASWAMY (2004) emphasize that consumers can also be convinced of authenticity through transparency. Conflict or differences in opinion among community members may be central to their engagement, leading to seemingly counter-intuitive, but successful strategies. For instance, Twitter users value negative reviews as being more honest than the positive ones (HENNIG-THURAU/WIERTZ/FELDHAUS, 2015). Similarly, new members in an online community take the presence of negative product feedback as proof of authenticity. Absence of information asymmetry (such as the removal of all negative product reviews) makes customers question the transparency, and therefore the authenticity of the organization's efforts.

#### 4.5 Relevance

Relevant information is that which is useful or pertinent to the decision-making process. Previous research establishes that for communication to be effective it must be meaningful (MOHR/SPEKMAN, 1994). The information exchanged by marketers could offer task-related/functional relevance, or non-task related/non-functional relevance. MARTIN/CLARK (1996) clarify that task-related or functional encounters are related to the purchase and consumption of goods and services and include, for example, product-related learning and problem solving, referrals and product recommendations. Non-task related information, however, is not directly related to the purchase and consumption of the product (fun, finding community, pleasantries, personal anecdotes).

Relevant information is useful in reducing customers' uncertainty and their risk perceptions involved in investing their time and effort. A consumer is more likely to participate if s/he finds an event or offering to be personally relevant. Sharing clear information ahead of the moment of decision-making increases the individual's sense of relevance. Ambiguity in information sharing seems to send a strong message of lack of relevance, resulting in reduced involvement from the person.

DB has attempted to ensure that travelers feel that their engagement efforts are relevant. While eliminating huge expenses on advertising or traditional marketing, the company experimented with providing more convenience to the customers on the platforms through additional facilities such as parcel shops and flower shops. With these shops situated in centrally located stations, with convenient hours, a pleasant atmosphere, and helpful staff, DB enables their customers to meet their diverse needs quickly and easily, simplifying their lives. The facility has been well received by customers, increasing footfall significantly. For example in the town of Simbach am Inn, Bavaria, Germany, the number of parcels per day increased from 1 in the first month implemented to an average of 20 a day in 2017.

<sup>6</sup>See Figure 1: Railroad station in Zwiesel before and after new CE-concept.



#### 4.6 Regression tests

IV. The correlation tests (multiple regression with the program SPSS) indicates a significant relationship between the CE score (level of engagement) and the number of tickets sold (measured in the sum per year in €) during the entire period of research from 2012 until 2015.

dependent variable	independent variable: engagement score	p value	result
2012 sum per year in €	CE score 2012	0	significant
2013 sum per year in €	CE score 2013	0	significant
2014 sum per year in €	CE score 2014	0,09	significant
2015 sum per year in €	CE score 2015	0,045	significant

Figure 6: Multiple regression - CE score/sum per year  
Source: M. Hazod

#### 4.7 Linear trend line

V. At stations with combined gastronomy and personal train ticket selling, the development of the sales shows an upward trend between 2012 and 2015. In all other regions and stations all over Germany, the number of tickets sold at the personal ticket counter is declining.

In the town of Osterhofen, Bavaria, Germany, for instance, after the implementation of gastronomy in July 2013, the number of tickets sold at the personal ticket counter only during July, the month studied, increased by 24% in July 2014 and by 16% in July 2015.

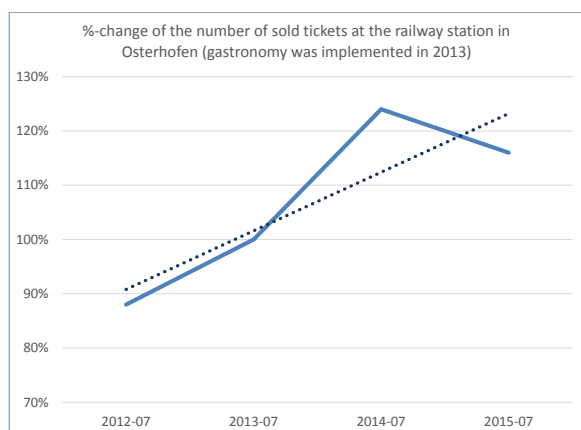


Figure 7: Percent change of the number of sold tickets at the railway station in Osterhofen - Source: M. Hazod

## 5. Conclusion

Recent trends indicate the importance of CE efforts in marketing programmes. CE strategies are those

organizational strategies aimed at fostering closer connections and ties with the individual and involve some type of active participation by the consumer. These strategies are in contrast to non-engagement type marketing strategies, which are not aimed at making these connections or getting customers actively involved with the brand, programme, or more generally with the organization. While it is not always easy to differentiate between the two types of strategies, an understanding of the organization's goals for the promotion or programme will often provide a way to differentiate between them. For example, a strategy aimed at simply increasing sales or market share with no consideration as to making customers feel more connected or involved with the company would not be a CE strategy.

Additional CE actions at German Railway (DB) had a positive influence for the selling of train tickets by staff in peripheral regions and may contribute to the survival of rural railway stations.

Those CE programmes that are more successful in terms of customer connections and loyalty, as well as sales and positive word of mouth, will tend to involve more organizational efforts at facilitation or allowing the customer to be involved in the creation of the programme, as well as making sure the programmes are more authentic, relevant, and involve the successful dialogue between the parties based on how the consumer wishes to communicate.

## References

BRODIE, RODERICK/HOLLEBEEK, LINDA/JURIĆ, BILJANA/ILIĆ, ANA (2011): "Customer Engagement: Conceptual Domain, Fundamental Propositions, and Implications for Research", *Journal of Service Research*, 14:3, 252-271.

FOURNIER, SUSAN/LEE, LARA (2009): "Getting Brand Communities Right", *Harvard Business Review*, 87:4, 105-111.

GOPALAKRISHNAN, RAMABADRAN (2008): "Consumer Engagement gives way to Marketing Success," <http://www.financialexpress.com/archive/consumer-engagement-gives-way-to-marketing-success/280905>, accessed February 22, 2017.

GRÖNROOS, CHRISTIAN/VOIMA, PÄIVI (2013): "Critical Service Logic: Making Sense of Value Creation and Co-creation", *Journal of the Academy of Marketing Science*, 41:2, 133-150.

HENNIG-THURAU, THORSTEN/WIERTZ, CAROLINE/FELDHAUS, FABIAN (2015): "Does Twitter Matter? The Impact of Microblogging Word of Mouth on Consumers' Adoption of New Movies", *Journal of the Academy of Marketing Science*, 43:3, 375-394.

HOLLEBEEK, LINDA/SRIVASTAVA, RAJENDRA/CHEN, TOM (2016): "S-D Logic-Informed Customer Engagement: Integrative Framework, Revised Fundamental Propositions, and Application to CRM", *Journal of the Academy of Marketing Science*, <http://link.springer.com/article/10.1007/s11747-016-0494-5>, accessed April 21, 2017.

KUMAR, V./PANSARI, ANITA (2016): "Competitive Advantage through Engagement", *Journal of Marketing Research*, 53:4, 497-514.

MARTIN, CHARLES/CLARK, TERRY (1996): "Networks of Customer-to-Customer Relationships in Marketing: Conceptual Foundations and Implications" in D. Iacobucci (ed.), *Networks in Marketing*, (New York: Sage Publications), 342.

MOHR, JAKKI/SPEKMAN, ROBERT (1994): "Characteristics of Partnership Success: Partnership Attributes, Communication Behavior, and Conflict Resolution Techniques", *Strategic Management Journal*, 15:2, 135-152.

PANSARI, ANITA/KUMAR, V. (2016): "Customer Engagement: The Construct, Antecedents, and Consequences", *Journal of Academy of Marketing Science*, <http://link.springer.com/article/10.1007/s11747-016-0485-6>, accessed April 21, 2017.

PRAHALAD, COIMBATORE KRISHNARAO/RAMASWAMY, VENKAT (2004): "Co-Creation Experiences: The Next Practice in Value Creation", *Journal of Interactive Marketing*, 18:3, 5-14.

VIVEK, SHIRI/BEATTY, SHARON/DALELA, VIVEK/MORGAN, RICHARD (2014): "A Generalized Multidimensional Scale for Measuring Customer Engagement", *Journal of Marketing Theory and Practice*, 22:4, 401-420.

VIVEK, SHIRI/BEATTY, SHARON/MORGAN, RICHARD (2012): "Customer Engagement: Exploring Customer Relationships beyond Purchase", *Journal of Marketing Theory and Practice*, 20:2, 122-146.

## Projektpartner

*Vertriebsservice Ostbayern*



### Melanie Hazod (Dipl.-Betriebsw. (FH))

Technische Hochschule Deggendorf  
Fakultät Angewandte Wirtschaftswissenschaften  
(School of Management)  
Dieter-Görlitz-Platz 1  
94469 Deggendorf

Tel.: +49 (0)991 3615-180  
E-Mail: melanie.hazod@th-deg.de



### Prof. Dr. Shiri Vivek

Associate Professor of Marketing  
and Supply Chain Management  
Eastern Michigan University/College of Business  
469C Gary M. Owen Building  
300 W. Michigan Avenue  
Ypsilanti, MI 48197  
USA

Tel.: +1 734 487.6819  
E-Mail: svivek@emich.edu





## ▶ WISSENS- UND TECHNOLOGIETRANSFER | WTT

### Unser Wissen, Ihr Nutzen – der Wissens- und Technologietransfer

Neben Forschung und Lehre zählt der Wissens- und Technologietransfer | WTT zu den Aufgaben einer Hochschule. Dieser bezeichnet alle Wechselbeziehungen zwischen Hochschule und Praxis, insbesondere in den Feldern Forschung, Entwicklung und Anwendung sowie alle fördernden und stützenden Maßnahmen in diesem Kontext.

Die Transferstelle ist ein zentraler Ansprechpartner für Unternehmen und Forschungseinrichtungen, die Interesse an einer Zusammenarbeit mit der THD und den Technologie Campus haben oder nach Forschungsprojektpartnern oder Forschungsdienstleistungen suchen.

Sie dient unter anderem der Bearbeitung und Aufbereitung von externen Anfragen an die THD, um geeignete Professoren zu identifizieren und gemeinsam mit den internen und externen Partnern Formen der Zusammenarbeit zu realisieren.

Ein breites Beratungs-, Dienstleistungs- und Kooperationsangebot, welches alle Fakultäten, Technologie Campus und Institute der THD einbezieht, unterstützt die regionale und überregionale Wirtschafts- und Wissenschaftslandschaft, die Innovationskraft und die Wettbewerbsfähigkeit zu sichern und weiter auszubauen.

Darüber hinaus bieten Veranstaltungen, Messen und Öffentlichkeitsarbeit die Gelegenheit, mögliche Partner kennenzulernen und erste Kontakte zu knüpfen.

#### Leistungen:

- aktiver Technologie- und Wissenstransfer in und aus der Wirtschaft
- direkter Ansprechpartner für die Industrie
- Unterstützung bei der Suche nach den Experten und Forschungseinrichtungen
- aktive Zusammenarbeit mit den Projektkoordinatoren der Forschungseinrichtungen
- Forschung im Rahmen von öffentlichen Förderprogrammen
- Nutzung von Infrastrukturen und der apparativen Ausstattung der Hochschullabore
- direkte Entwicklung von innovativen Technologien, Produkten und Ideen über die Technologiecampus der Hochschule Deggendorf
- Präsentation der Hochschule allgemein, aber auch die speziellen Fähigkeiten und Fertigkeiten der einzelnen Labore und der Technologietransferzentren auf öffentlichen

Veranstaltungen, Unternehmertagen, Messen, etc.

- Organisation eigener Informationsveranstaltungen
- Recherche öffentlicher Förderprogramme für die forschenden Professoren der Hochschule
- Einbindung verschiedener Netzwerke Beispielhaft seien hier genannt: IHK Passau, IHK Regensburg, OTTI (Ostbayerisches Technologietransfer-Institut e.V.), bayme vbm (Verband der bayerischen Metall- und Elektro-Arbeitgeber), BayFor (Bayerische Forschungsallianz GmbH), Cluster Mechatronik, Cluster Sensorik.

**Wissens- und Technologietransfer wird an der Technischen Hochschule Deggendorf als ein Prozess „des Gebens und Nehmens“ verstanden, von dem beide Seiten einer Kooperation gleichermaßen profitieren.**

**Kontaktieren Sie uns gern!**

Das Forschungsprofil der Technischen Hochschule Deggendorf (THD) wird durch vier interdisziplinäre Forschungsschwerpunkte geprägt. Diese sind in acht Technologiecampus, mehreren Forschungsinstituten

und den Fakultäten repräsentiert. Im Zuge des Wissens- und Technologietransfers bietet die THD eine Anlaufstelle insbesondere für kleinere und mittlere Unternehmen. Die enge Zusammenarbeit mit der regionalen Wirtschaft macht die Hochschule zum Motor und Mentor einer ganzen Region. Die THD unterstützt damit in einer regionalen und überregionalen Sichtbarkeit das politische Leitbild einer wissenschaftsgestützten Regional- und Strukturpolitik im Freistaat Bayern.

Die Technologiecampus und ein Teil der Institute der THD sind bewusst in ländlichen Regionen angesiedelt, um hier den Technologie- und Wissenstransfer aus und für die Wirtschaft und Gesellschaft zu unterstützen.

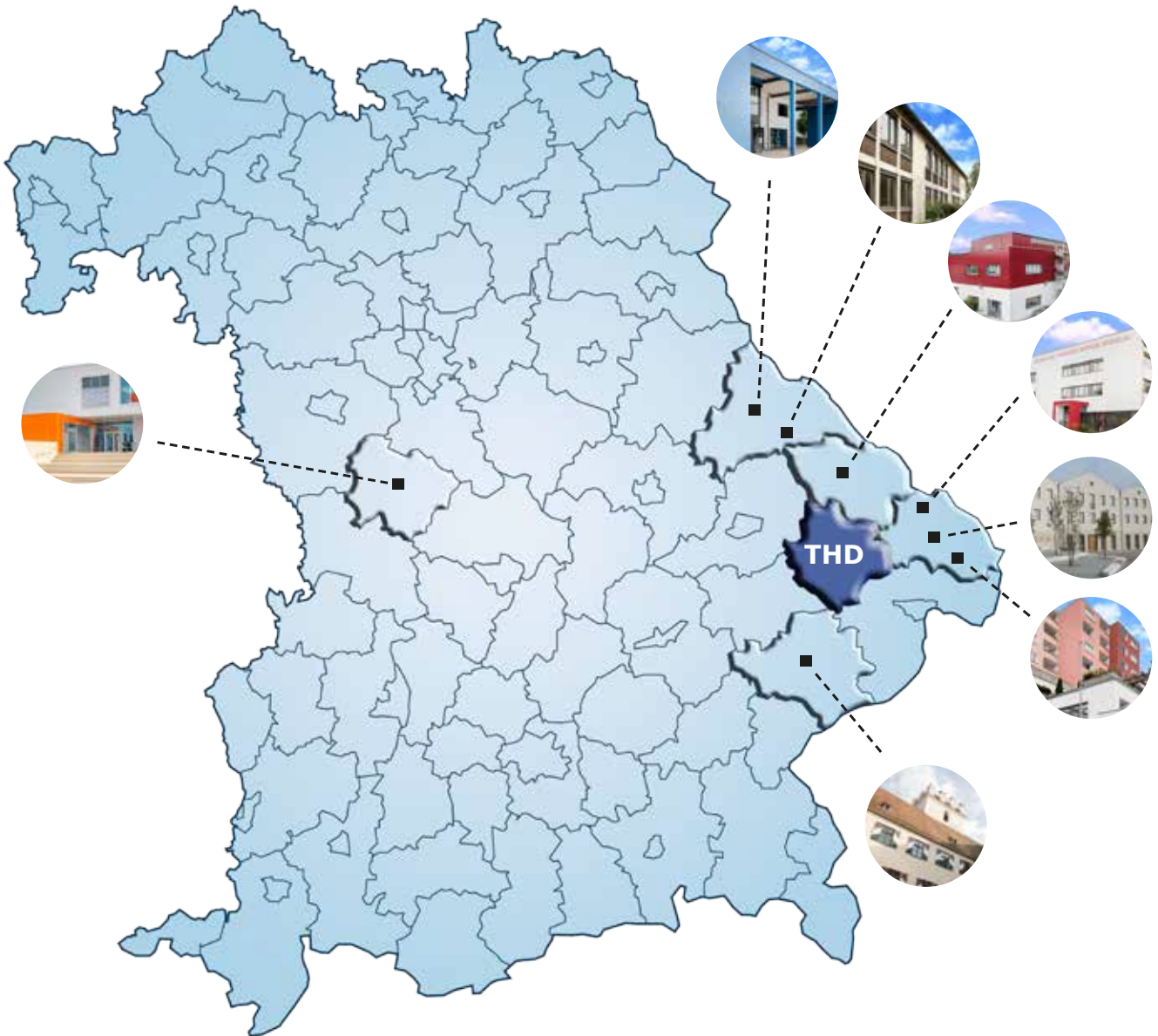
Die THD betreibt derzeit sechs Forschungs- und Technologiecampus sowie zwei Gesundheitscampus in Bayern. Mit den Technologiecampus wird ein in Bayern bisher einmaliges Konzept umgesetzt: Eine Hochschule öffnet sich konsequent der Industrie und arbeitet in engster Kooperation mit Partnerkommunen und der regionalen Wirtschaft an der Entwicklung eines neuen Technologie-Images für eine ganze Region.

Die Hochschule setzt ihre Kompetenz und hochwertigen Geräte konsequent zur Stärkung der regionalen Firmen ein. Das Prinzip der Wertschöpfung in der Region wird hier erfolgreich umgesetzt.





▶ FORSCHUNGS- UND TECHNOLOGIECAMPUS





**Technologie Campus Teisnach**  
**Institut für Präzisionsbearbeitung und Hochfrequenztechnik (IPH)**  
(Landkreis Regen)

- ▶ Optikfertigung
- ▶ Prozessentwicklung und -Optimierung
- ▶ Messtechnik
- ▶ Fertigungstechnik
- ▶ Hochfrequenztechnik



**Technologie Anwender Zentrum Spiegelau**  
(Landkreis Freyung-Grafenau)

- ▶ Formenbau
- ▶ Präzisionsblankpressen
- ▶ Präzisionsblankpressen
- ▶ Schmelztechnik



**Technologie Campus Grafenau**  
(Landkreis Freyung-Grafenau)

- ▶ Big Data Analytics
- ▶ Big Data Applications
- ▶ Innovative Prognoseverfahren
- ▶ Supply Chain Management
- ▶ Industrie 4.0
- ▶ Räumliche Entwicklung „eDorf“



**Technologie Campus Freyung**  
**Institut für Angewandte Informatik (IAI)**  
(Landkreis Freyung-Grafenau)

- ▶ Automotive Electronics
- ▶ Embedded Prototyping & Bestückung
- ▶ Mobile Systems & Software Engineering
- ▶ Unbemannte Fluggeräte (UAV) Fernerkundung
- ▶ Angewandte Energieforschung
- ▶ Bionik



### **Technologie Campus Cham**

(Landkreis Cham)

- ▶ Automatisierungstechnik
- ▶ Steuerungstechnik
- ▶ Mechatronische Systeme
- ▶ Additive Fertigung
- ▶ Antriebssysteme
- ▶ Robotik, Sensorik/Aktorik



### **Gesundheits Campus Bad Kötzting**

(Landkreis Cham)

- ▶ Individuelles, betriebliches und kommunales Gesundheitsmanagement
- ▶ Internationales Gesundheitsmanagement
- ▶ Gesundheitsprävention



### **Kunststoffcampus Bayern**

(Landkreis Weißenburg-Gunzenhausen)

- ▶ Kunststofftechnik
- ▶ Erprobung neuer Werkstoffe
- ▶ Bewegungsdynamik
- ▶ Plasmatechnik für Kunststoff- und Metalloberflächen
- ▶ Nachhaltige Kunststoffe
- ▶ Mess- und labortechnisches Zentrum



### **Campus Schloss Mariakirchen**

(Landkreis Rottal-Inn)

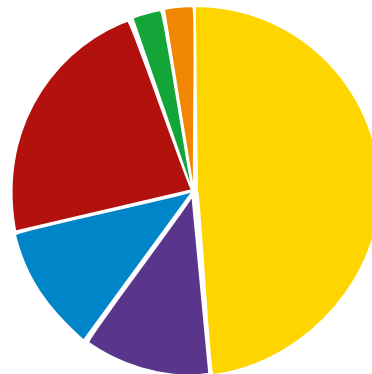
- ▶ Existenzgründung und Unternehmertum
- ▶ Nachhaltigkeit
- ▶ Umwelt- und Energiemanagement
- ▶ Pflege und Gesundheitswissenschaften
- ▶ Forschungsstelle Alternswissenschaften



## ▶ FÖRDERUNG DES WISSENSCHAFTLICHEN NACHWUCHSES | GRADUIERTENKOLLEG

Die Technische Hochschule Deggendorf bietet exzellenten Absolventen technischer Hochschulen, Fachhochschulen und Hochschulen für angewandte Wissenschaften die Möglichkeit, in Kooperation mit Universitäten zu promovieren. Nach der Ernennung zur Technischen Hochschule | THD wurde im Jahr 2014 ein Graduiertenkolleg eingerichtet, an dem momentan etwa 40 Promovierende durch mehr als 20 Professorinnen und Professoren aller Fakultäten und Forschungsschwerpunkte betreut werden. Unter diesen Promovierenden befinden sich auch externe Kandidaten, die ihr Projekt aus einem Unternehmen heraus realisieren. Aktuell laufende Promotionsprojekte werden in Kooperation mit der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg | FAU, der Technischen Universität München | TUM, der Ludwig-Maximilians-Universität München | LMU, der Universität Passau, der Universität Würzburg, der Technischen Universität | TU Ilmenau sowie der Universität Leipzig durchgeführt. Darüber hinaus gibt es Promotionen, die in Kooperation mit der Northumbria University Newcastle upon Tyne und der University of the West of Scotland in Großbritannien, der Universität Luxemburg, der Universität Autònoma de Barcelona | UAB Barcelona in Spanien, der Universitatea din București in Rumänien sowie der Universität Salzburg in Österreich betreut werden.

### Promovierende pro Fakultät



● BIW ● AWW ● EMI ● MB-MK ● NUW ● AGW

Verteilung der Promovierenden nach Fakultäten an der THD

Anfang 2017 haben zwei Doktoranden ihre Promotionen sehr erfolgreich abgeschlossen. Dr. Martin Schramm hat seine Dissertation mit dem Titel „Conceptual Design, Modelling and Implementation of an Adaptable Cryptographic Engine for Field Programmable Logic“ an der University of Limerick (Irland) verteidigt und wurde zum Sommersemester





2017 als Professor für Embedded IT Security und Mathematik an die Fakultät für Elektrotechnik, Medientechnik und Informatik (EMI) der THD berufen. Dr. Luis Ramirez hat seine Promotion mit dem Titel „Räumlich-zeitliche Modellierung zur Planung dezentraler erneuerbarer Energieerzeugung auf der Gemeindeebene“ mit der Bestnote summa cum laude an der Universität für Bodenkultur in Wien (Österreich) abgeschlossen.

Das **Ziel des Graduiertenkollegs** der THD ist es, Rahmenbedingungen zu schaffen, die Durchlässigkeit für wissenschaftliche Karrierewege ermöglichen. Dafür werden zunächst exzellente Absolventen, die Interesse an einer Promotion zeigen, über den Weg zur Promotion beraten und informiert. Promovierenden vermittelt das Kolleg begleitend zum Forschungsprojekt überfachliches Wissen und Fertigkeiten, die zur Promotion in Kooperation mit einer Universität befähigen und ihren erfolgreichen Abschluss befördern. Zudem sollen der Einstieg und die enge Vernetzung des wissenschaftlichen Nachwuchses mit der Forschungscommunity angeregt werden. Dazu gehören der wissenschaftliche Austausch auf Konferenzen und Publikationen in namenhaften wissenschaftlichen Zeitschriften. Mit dem Bavarian Journal of Applied Sciences bietet die THD seit 2015 auch eine eigene Plattform für die Publikation wissenschaftlicher Artikel zu angewandten Forschungsthemen.

Das Graduiertenkolleg bietet **Seminare und Workshops** in folgenden Bereichen an:

Die Informationsveranstaltung „Promovieren – wie geht das, ist das was für mich?“, die auf Deutsch und auf Englisch angeboten wird, richtet sich an Masterstudierende und Absolventen, die mit dem Gedanken spielen, eine Dissertation zu verfassen. Sie vermittelt Basiswissen darüber, worum es bei einer Promotion und in der Forschung überhaupt geht und welche Möglichkeiten und Wege Absolventen der THD haben, einen Dokortitel zu erwerben.

Der Workshop „Themenfindung und Exposé“ fokussiert im Besonderen darauf, wie man ein angemessenes Dissertationsthema unter Berücksichtigung der wissenschaftlichen Relevanz und Realisierbarkeit entwickelt und dafür ein Exposé (Research Proposal) verfasst. Er richtet sich an Absolventen, die an einer Promotion interessiert sind oder bereits begonnen haben, daran zu arbeiten.

Das Modul „Wissenschaftliches Arbeiten“ vertieft die Grundlagen des Forschungsprozesses, inklusive Methoden, Literaturrecherche, Literaturmanagement, Grundlagen guter wissenschaftlicher Praxis und Hypothesengenerierung. Weitere unabhängige promotionsrelevante Kompetenzen werden zum Thema nationale und internationale Forschungsförderung vermittelt.

Das Modul „Wissenschaftliches Schreiben, Publizieren und Präsentieren“ fokussiert darauf, wie man in der wissenschaftlichen Welt Fuß fasst und seine Forschung und Forschungsergebnisse präsentiert. Konkret bedeutet dies eine Heranführung an das Schreiben von Artikeln für wissenschaftliche Zeitschriften, Buchpublikationen sowie Konferenzpräsentationen und Postern. Zudem wird thematisiert, wie man eine Zeitschrift für eine Publikation auswählt.

Im Modul „Forschungsmethoden“ werden Veranstaltungen zu qualitativen und quantitativen Methoden sowie Statistik und Datenanalyse angeboten.

Eine der zentralen Aufgaben sieht das Graduiertenkolleg darin, die Vernetzung der Promovierenden untereinander aber auch und vor allem hochschulübergreifend und folglich in der Wissenschaftscommunity zu fördern.

Für die THD-interne Vernetzung der Doktoranden untereinander und um die fachbereichs-, fakultäts- und standortübergreifende Zusammenarbeit zu erleichtern, werden Brownbag Meetings organisiert. In dieser interdisziplinären Veranstaltung präsentieren Promovierende in informeller Atmosphäre ihre Forschungsthemen und erhalten von Peers aus verschiedenen Fachrichtungen Feedback. Ein zweites internes Vernetzungsforum bietet der Doktorandenworkshop der THD, zu dem alle Doktoranden der THD einmal pro Jahr eingeladen werden. Dieser Workshop bietet unter konferenzähnlichen Bedingungen ebenfalls die Möglichkeit zur Präsentation der eigenen Forschungsarbeit und anschließendem Feedback durch die Peergroup sowie durch betreuende Professoren und Gäste. Zudem können Promovierende ihre Forschungsprojekte in Form eines Vortrages oder als Poster auf dem jährlich stattfindenden Tag der Forschung an der THD vorstellen.





## BAVARIAN JOURNAL OF APPLIED SCIENCES

Das Bavarian Journal of Applied Sciences | BJAS wird seit 2015 an der Technischen Hochschule Deggendorf herausgegeben. Es bietet anwendungsorientiert Forschenden eine interdisziplinäre Plattform für die Veröffentlichung ihrer Erkenntnisse in Form empirischer und theoretischer Beiträge. Eingereicht werden können Fachartikel unter anderem aus den Bereichen Management, Betriebs- und Volkswirtschaft, Tourismus, Gesundheitswissenschaften, Informationstechnologie, Technik, Natur- und Ingenieurwissenschaften. Das Journal erscheint online und im Print.

[www.jas.bayern/www.bjas.de](http://www.jas.bayern/www.bjas.de)

Heft 1/Dezember 2015:

Zink, Roland; Ramirez Carmago, Luis; Dorner, Wolfgang: Modell zur regionalen Optimierung der Stromversorgung aus Photovoltaik

Herde, Georg; Fischer, Dominik: Performance Measurement of Audit Software Tools

Biletzki, Gregor C.: Rechtsfragen des Professorenberufungsverfahrens in Bayern

Wühr, Erich; Kunhardt, Horst: Kommunale Gesundheitsförderung mit System

Freidrich, Ralf; Stengel, Ingo; Bleimann, Udo; Walsh; Paul: Enhancing Virtual Team Performance via VTMM - A real world case study

Barthuber, Ludwig; Firsching, Peter: Kettenantrieb für optimierte Traktion an mobilen Robotern

Merz, Christian; Kupris, Gerald: Effizienzsteigerung von Energy Harvesting Schaltungen durch High-Q-Matching





Heft 2/Dezember 2016:

Fütterer, Gerald: Enabling Holographic 3D Displays with Bragg Diffraction Based Volume Gratings and First Approaches to the Reduction of Diffractive Cross Talk

Hofbauer, Engelbert; Rascher, Rolf; Schilke, Manon; Liebl, Johannes; Richters, Jan-Peter: Deflectometric Acquisition of Large Optical Surfaces "DaOS" Using a New Physical Measurement Principle: Vignetting Field Stop Procedure (Reprint)

Faber, Peter; Maier, Tanja; Schuster, Stefan: Using Code Metrics for Android Programming

Kellermann, Kersten; Schlag, Carsten-Henning: Exchange Rate Pass-Through into Swiss Prices

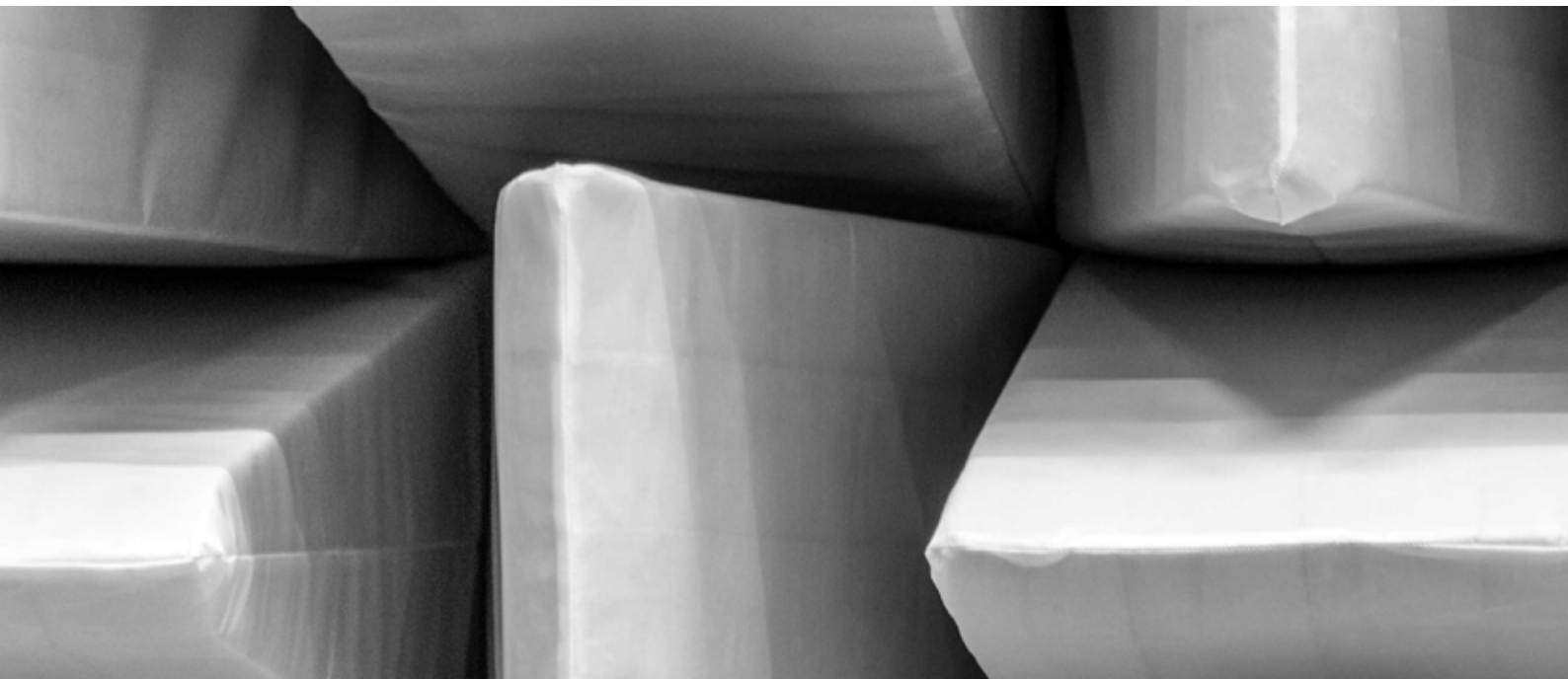
Bandholz, Harm; Clostermann, Jörg; Seitz, Franz: Die Entwicklung der Langfristzinsen in den USA und das Quantitative Easing der FED

Allinger, Hanjo: Wunsch und Wirklichkeit verbindlicher Pflegeplanung: Motive und Wirkungen des nordrheinwestfälischen Sonderweges

Heft 3/ Dezember 2017:

Das nächste Heft erscheint unter dem Titel: Opportunities and Risks of Digitalization for the Public, Private and Industrial Sectors





## PUBLIKATIONEN UND VORTRÄGE 2017\*

### **Fakultät Bauingenieurwesen und Umwelttechnik**

#### **Buch (Monographie)**

Bracher, A.; Bösl, Bernhard (2017): Straßenplanung. 9. überarbeitete und aktualisierte Auflage. Köln: Bundesanzeiger Verlag.

### **Fakultät Angewandte Wirtschaftswissenschaften (School of Management)**

#### **Beitrag in (Sammelband, Tagungsband usw.)**

Alefs, Ralf (2017): § 3a UStG Ort der sonstigen Leistung. In: M. Esskandari und D. Bick (Hg.): HDS-Kommentar Umsatzsteuer. 1. Auflage. Weil im Schönbuch: HDS-Verlag.

Alefs, Ralf (2017): § 3b UStG Ort der Beförderungsleistungen und der damit zusammenhängenden sonstigen Leistungen. In: M. Esskandari und D. Bick (Hg.): HDS-Kommentar Umsatzsteuer. 1. Auflage. Weil im Schönbuch: HDS-Verlag.

Arunraj, Nari Sivanandam; Ahrens, Diane (2017): Improving food supply chain using hybrid semiparametric regression model. In: R. Bogaschewsky, M. Eßig, R. Lasch und W. Stölzle (Hg.): Supply Management Research. Aktuelle Forschungsergebnisse 2016. Gleichzeitig Tagungsband zum 9. Wissenschaftlichen Symposium 'Supply Management' an der Universität Würzburg (14.-15.03.2016). 1. Aufl. 2017. Wiesbaden: Gabler (Advanced Studies in Supply Management), S. 213–238.

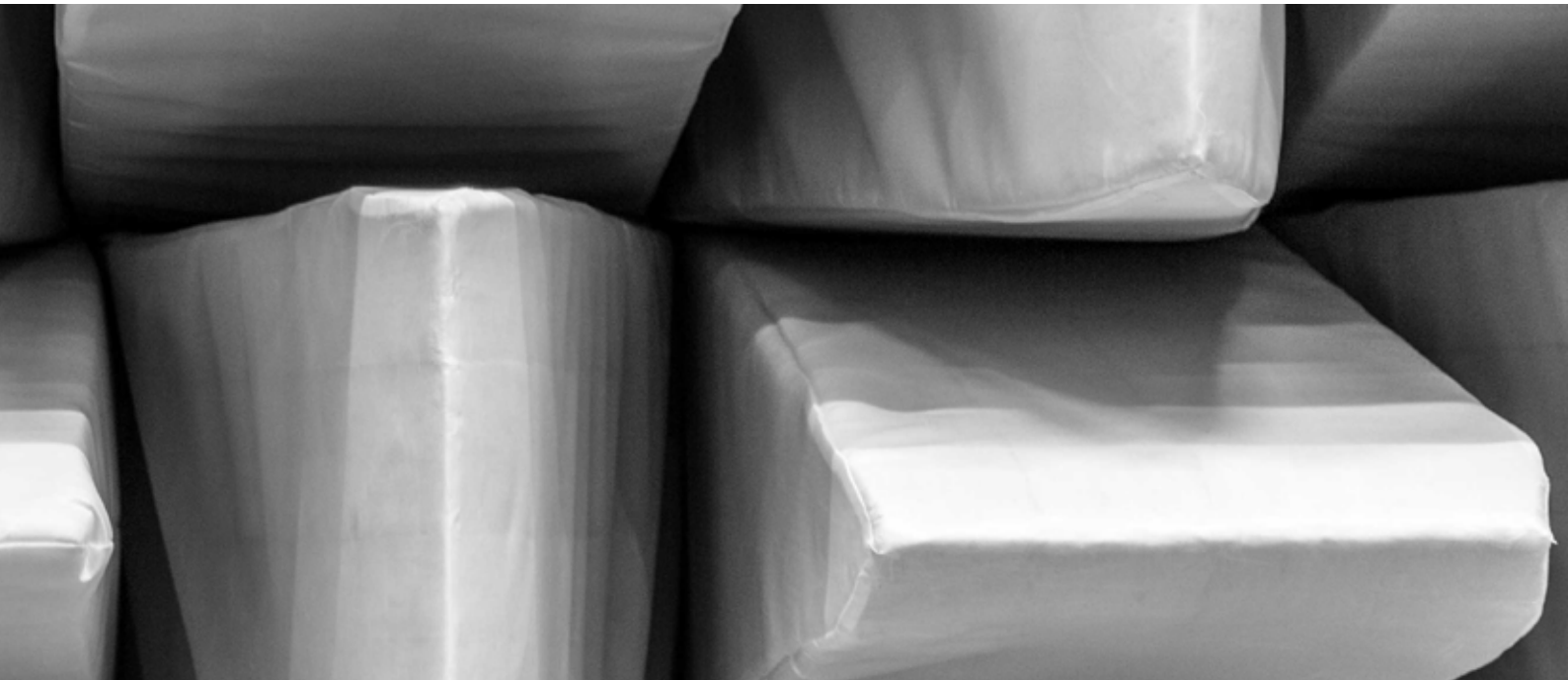
### **Fakultät Elektrotechnik, Medientechnik und Informatik**

#### **Zeitschriftenartikel**

Küspert, Stefan; Zink, Roland (2017): Concept of a Digital Communication Platform to Increase the Citizens'

\*Redaktionsschluss 21.06.2017





Interest in Spatial Planning. In: Journal of Digital Landscape Architecture (JoDLA) (2), S. 136–143. DOI: 10.14627/537629014.

Liu, L.; You, Y.; Fan, H.; Hong, Y.; Ni, W.; Liu, D.; Liu, C.; Berthold, Tobias; Benstetter, Günther; Li, S. (2017): Serious erosion of polycrystalline tungsten induced by low-energy hydrogen ions under fusion-relevant conditions. In: Nuclear Fusion 57 (Article reference: NF-101008 Accepted for publication).

Maxzin, Joerg (2017): Auferstandenes Kulturerbe: Wie eine verbrannte Holzskulptur dank 3D gerettet wurde. In: DIGITAL PRODUCTION - Magazin für digitale Medienproduktion (DETAIL Business Information GmbH) (4), S. 76–81.

Maxzin, Joerg (2017): Digitalisierung oder die Kunst der Erinnerung. In: aviso - Zeitschrift für Wissenschaft und Kunst in Bayern (Hg.: Bayerisches Staatsministerium für Bildung und Kultus, Wissenschaft und Kunst) (2), S. 44–49.

**Beitrag in (Sammelband, Tagungsband usw.)**

Dorner, Wolfgang; Pagany, Raphaela; Weinzierl, A.; Heurich, M.; Geiß, Thomas (2017): wuidi, das Wildwechsel-Radar - methodische und technologische Ansätze. In: Andreas Rupp und Reinhard Kolke (Hg.): Unfallforschung 2017. Symposium für Unfallforschung und Sicherheit im Straßenverkehr der ADAC Stiftung. 1. Auflage. Göttingen: Cuvillier Verlag (Hochschule Kempten, Schriftenreihe, 3), S. 73–82.

Eider, Markus; Sellner, Diana; Berl, Andreas; Basmadjian, R.; Meer, H. de; Klingert, S.; Schulze, T.; Kutzner, F.; Kacperski, C.; Stölba, M. (2017): Seamless Electromobility. In: ACM e-Energy '17. Proceedings of the Eighth International Conference on Future Energy Systems (Shatin, Hong Kong; 16-19 May 2017). New York NY: ACM, S. 316–321.

Kammerl, D.; Zink, Roland; Hollauer, C.; Lindemann, U. (2017): A Concept for Assessing Sustainability - The Sustainability Diamond. In: A. Chakrabarti und D. Chakrabarti (Hg.): Research into Design for Communities, Volume 2. Smart Innovations, Systems and Technologies 66. Proceedings of ICoRD 2017 (6th International



Conference on Research in Design, January 9th-11th 2017, Guwahati, India). 1. Auflage: Springer Singapore, S. 189–197.

Kunze, Stefan; Pöschl, Rainer; Faschingbauer, Alexander; Eider, Markus (2017): Artificial Neural Networks based Age Estimation of Electronic Devices. In: Transilvania University of Brasov, Faculty of Electrical Engineering and Computer Science (Hg.): Proceedings of the 2017 International Conference on Optimization of Electrical and Electronic Equipment (OPTIM) & 2017 International Aegean Conference on Electrical Machines and Power Electronics (ACEMP) [May 25-27 2017; Brasov, Romania] (IEEE Conference Record #38276), S. 827–832.

Küspert, Stefan; Zink, Roland (2017): Steigerung der Akzeptanz räumlicher Planung durch freiwillig gesammelte Geodaten. In: FOSSGISS e.V. (Hg.): Tagungsband der FOSSGISS 2017: Anwenderkonferenz für Freie und Open Source Software für Geoinformationssysteme (Universität Passau; 22.-25.03.2017), S. 34–39.

Zink, Roland; Pagany, Raphaela; Marquardt, Anna (2017): OSM-basierte Standortmodellierung von Ladesäulen für Elektromobilität am Beispiel des Bayerischen Waldes. In: FOSSGISS e.V. (Hg.): Tagungsband der FOSSGISS 2017: Anwenderkonferenz für Freie und Open Source Software für Geoinformationssysteme (Universität Passau; 22.-25.03.2017), S. 59–64.

### **Vortrag**

Dorner, Wolfgang (2017): wuidi, das Wildwechsel-Radar - methodische und technologische Ansätze. Symposium für Unfallforschung und Sicherheit im Straßenverkehr der ADAC Stiftung (UFO 2017). München, 29.03.2017.

Faschingbauer, Alexander (2017): Artificial Neural Networks based Age Estimation of Electronic Devices. 2017 International Conference on Optimization of Electrical and Electronic Equipment (OPTIM) & 2017 International Aegean Conference on Electrical Machines and Power Electronics (ACEMP). Brasov, Romania, 25.05.2017.

Küspert, Stefan (2017): Concept of a Digital Communication Platform to Increase the Citizens' Interest in Spatial Planning. Responsive Landscapes - 18th International Conference on Digital Landscape Architecture DLA 2017. Hochschule Anhalt (FH); Campus Bernburg. Bernburg, 10.06.2017.

Küspert, Stefan; Zink, Roland (2017): Steigerung der Akzeptanz räumlicher Planung durch freiwillig gesammelte Geodaten. FOSSGISS 2017: Anwenderkonferenz für Freie und Open Source Software für Geoinformationssysteme. Universität Passau; OpenStreetMap Community. FOSSGISS e.V. Passau, 22.03.2017.

Zink, Roland; Pagany, Raphaela; Marquardt, Anna (2017): OSM-basierte Standortmodellierung von Ladesäulen für Elektromobilität am Beispiel des Bayerischen Waldes. FOSSGISS 2017: Anwenderkonferenz für Freie und Open Source Software für Geoinformationssysteme. Universität Passau; OpenStreetMap Community. FOSSGISS e.V. Passau, 22.03.2017.

### **Zeitungsartikel**

Maxzin, Joerg (2017): Ein revolutionäres Verfahren. Bericht über das 3D-Pilotprojekt „Augustusbrunnen“ in Augsburg (Autor: Richard Mayr). In: Augsburger Allgemeine (Rubrik Feuilleton Regional), 12.06.2017 (Ausgabe Nr. 133), S. 28.

## **Fakultät Maschinenbau und Mechatronik**

### **Zeitschriftenartikel**

Fayemi, P. E.; Wanieck, Kristina; Zollfrank, C.; Maranzana, N.; Aoussat, A. (2017): Biomimetics: process, tools and practice. In: Bioinspiration & Biomimetics 12 (1).

Stirner, Thomas; Scholz, D.; Sun, J. (2017): Hartree-Fock simulation of the (0 0 0 1) surface of hematite with a posteriori calculation of the correlation energy. In: Computational Materials Science 137 (September), S. 340–345. Online verfügbar unter <https://doi.org/10.1016/j.commatsci.2017.06.011>.

Wanieck, Kristina; Fayemi, P. E.; Maranzana, N.; Zollfrank, C.; Jacobs, S. (2017): Biomimetics and its Tools. In: Bioinspired, Biomimetic and Nanobiomaterials (January), S. 1–14. DOI: 10.1680/jbibn.16.00010.





## Fakultät Naturwissenschaften und Wirtschaftsingenieurwesen

### Beitrag in (Sammelband, Tagungsband usw.)

Stirner, Jutta (2017): Internetvertrieb als Erfolgsfaktor von Gründungen. In: D. Schallmo, A. Rusnjak, J. Anzengruber, T. Werani und M. Jünger (Hg.): Digitale Transformation von Geschäftsmodellen: Grundlagen, Instrumente und Best Practices: Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, S. 333–354.

## Fakultät Angewandte Gesundheitswissenschaften

### Zeitschriftenartikel

Eberhardt, D.; Bauermann, E.; Krakhofer, B.; Landschulze, B.; Loibl, C.; Rauch, M.; Schiewietz, S.; Wurzer, S.; Boßle, Michael (2017): Ich sehe was, was Du nicht siehst. Ein Theaterprojekt zur ästhetischen Erforschung pflegerischer Wirklichkeiten. In: PADUA - Die Fachzeitschrift für Pflegepädagogik, Patientenedukation und -bildung 12 (1), S. 33–40. DOI: 10.1024/1861-6186/a000355.

### Beitrag in (Sammelband, Tagungsband usw.)

Boßle, Michael (2017): Deutschland als europäisches Schlusslicht in der Pflege: Mehr als nur ein strukturelles Versäumnis. In: pflege\welt (Sonderedition zur 3. Berliner Pflegekonferenz, 08.-09.11.2016). Berlin: spektrumK GmbH (2), S. 28–30.

## Hochschulleitung und –einrichtungen

### Zeitschriftenartikel

Jaburek, Gregor (2017): Anmerkung zu LG Leipzig. Urteil vom 15.05.2017 - 07 O 3558/15 (Schadensersatz wegen amtspflichtwidriger Nichtberufung als Professor). In: Zeitschrift für Beamtenrecht (ZBR) - Fachzeitschrift für das Beamtenrecht und das öffentliche Dienstrecht (im Erscheinen).

Jaburek, Gregor (2017): Grenzen der Macht - Disziplinarrechtlich relevantes Verhalten von Universitätspräsidenten. In: Zeitschrift für Beamtenrecht (ZBR) - Fachzeitschrift für das Beamtenrecht und das öffentliche Dienstrecht (6), S. 191 ff.

Jaburek, Gregor (2017): Instrumente der Arbeitspsychologie im Professorenberufungsverfahren. In: Wissenschaftsrecht (WissR) - Zeitschrift für deutsches und europäisches Wissenschaftsrecht 50 ((im Erscheinen)).

Jaburek, Gregor (2017): Rechtsfragen bei Klassenfahrten. In: Schulmanagement 48 (3), S. 11 ff.

Jaburek, Gregor (2017): Rezension Epping (Hrsg.): Niedersächsisches Hochschulgesetz mit Hochschulzulassungsgesetz. Handkommentar, 2016. In: Wissenschaftsrecht (WissR) - Zeitschrift für deutsches und europäisches Wissenschaftsrecht (im Erscheinen).

Jaburek, Gregor (2017): Starten statt Warten - Compliancemanagement an staatlichen Hochschulen. In: Der Öffentliche Dienst (DÖD) ((im Erscheinen)).

### Beitrag in (Sammelband, Tagungsband usw.)

Jaburek, Gregor (2017): Staatliche Fachhochschulen. In: M.-E. Geis (Hg.): Das Hochschulrecht im Freistaat Bayern: Handbuch für Wissenschaft und Praxis. Heidelberg: Müller; 2. Auflage (C.F. Müller Wissenschaft), S. 555 ff.

### Vortrag

Jaburek, Gregor (2017): Das Hochschulsystem in Deutschland. Fortbildung für chinesische Hochschuldozenten. Weiterbildungszentrum der Technischen Hochschule Deggendorf, 2017.

Jaburek, Gregor (2017): Verwaltungsrecht, Verwaltungsaufbau, Verkehrsrecht. Akademie des TÜV Südbayern. (5-6 mal pro Jahr), 2017.

Jaburek, Gregor (2017): Die EU-Richtlinie 2011/24/EU: Patientenmobilität im europäischen Binnenmarkt. Fakultät Angewandte Wirtschaftswissenschaften (School of Management). Deggendorf, 20.04.2017.

Jaburek, Gregor (2017): Patientenmobilität im europäischen Binnenmarkt aus rechtlicher Sicht. Fakultät Angewandte Wirtschaftswissenschaften (School of Management). Deggendorf, 28.04.2017.

Jaburek, Gregor (2017): Kreative Problemlöser, juristische Allrounder: Hochschuljurist/in als attraktives Berufsbild. Universität Passau; Juristische Fakultät. Passau, 15.11.2017.

## **Sonstige Hochschulangehörige**

### **Buch (Monographie)**

Bartscher, Thomas; Nissen, R. (2017): Personalmanagement. Grundlagen, Handlungsfelder, Praxis. 2., aktualisierte Auflage (Pearson Studium - Economic BWL).

### **Beitrag in (Sammelband, Tagungsband usw.)**

Bartscher, M.; Nissen, R. (2017): Kompetenz- und Gestaltungsfelder im Personalmanagement. In: Gabler Wirtschaftslexikon. Das Wissen der Experten. Digitale Fachbibliothek. Wiesbaden: Springer Gabler.

Bartscher, Thomas; Nissen, R. (2017): Digitalisierung - Industrie & Arbeit 4.0. In: G. Erdmann und P. Richard (Hg.): Grundlagen der Allgemeinen Betriebswirtschaftslehre. München: Pearson Deutschland GmbH.

Bartscher, Thomas; Nissen, R. (2017): Digitalisierung und Arbeit 4.0. In: Gabler Wirtschaftslexikon. Das Wissen der Experten. Digitale Fachbibliothek. Wiesbaden: Springer Gabler.

Bartscher, Thomas; Nissen, R. (2017): Grundfunktionen des Personalmanagements. In: Gabler Wirtschaftslexikon. Das Wissen der Experten. Digitale Fachbibliothek. Wiesbaden: Springer Gabler.

Bartscher, Thomas; Nissen, R. (2017): Grundfunktionen Sozialer Systeme. In: Gabler Wirtschaftslexikon. Das Wissen der Experten. Digitale Fachbibliothek. Wiesbaden: Springer Gabler.

Bartscher, Thomas; Nissen, R. (2017): Organisationsentwicklungsperspektive. In: G. Erdmann und P. Richard (Hg.): Grundlagen der Allgemeinen Betriebswirtschaftslehre. München: Pearson Deutschland GmbH.

Bartscher, Thomas; Nissen, R. (2017): Strategische Gestaltungsfelder des Personalmanagements. In: Gabler Wirtschaftslexikon. Das Wissen der Experten. Digitale Fachbibliothek. Wiesbaden: Springer Gabler.

Kluge, Christian; Schuster, Stefan; Sellner, Diana (2017): Statistics instead of Stopover. Range Prediction for Electric Vehicles. In: A. Fink, A. Fügenschuh und M. J. Geiger (Hg.): Operations Research Proceedings 2016. Selected Papers of The Annual International Conference of the German Operations Research Society (GOR) [August 30-September 02 2016; Helmut-Schmidt-Universität Hamburg]. 1st ed. 2017 (25. Mai 2017): Springer.

### **Graue Literatur/Bericht/Report**

Bartscher, Thomas; Nissen, R. (2017): Personalanpassung - Lehrbrief. Berlin: Deutsche Akademie für Management GmbH (DAM).



## PUBLIKATIONEN UND VORTRÄGE 2016

### **Fakultät Angewandte Wirtschaftswissenschaften (School of Management)**

#### **Zeitschriftenartikel**

Allinger, Hanjo (2016): Keine Angst vor Überkapazitäten. In: *Altenheim - Lösungen fürs Management* (9), S. 10.

Allinger, Hanjo (2016): Wunsch und Wirklichkeit verbindlicher Pflegeplanung: Motive und Wirkungen des nordrhein-westfälischen Sonderweges. In: *Bavarian Journal of Applied Sciences* (2), S. 214–220.

Arunraj, Nari Sivanandam; Ahrens, Diane (2016): Estimation of Non-Catastrophic Weather Impacts for Retail Industry. In: *International Journal of Retail & Distribution Management* 44 (7), S. 731–753. Online verfügbar unter <http://www.emeraldinsight.com/doi/pdfplus/10.1108/IJRDM-07-2015-0101>.

Arunraj, Nari Sivanandam; Ahrens, Diane; Fernandes, Michael (2016): Application of SARIMAX model to forecast daily sales in retail industry. In: *International Journal of Operations Research and Information Systems (IJORIS)* 7 (2), S. 1–20. DOI: 10.4018/IJORIS.2016040101.

Fallah Tehrani, Ali; Ahrens, Diane (2016): Enhanced predictive models for purchasing in the fashion field by using kernel machine regression equipped with ordinal logistic regression. In: *Journal of Retailing and Consumer Services* 32, S. 131–138.

Fallah Tehrani, Ali; Ahrens, Diane (2016): Supervised Regression Clustering: A Case Study for Fashion Products. In: *International Journal of Business Analytics (IJBAN)* 3 (4), S. 21–40. DOI: 10.4018/IJBAN.2016100102.

Grabmeier, Johannes (2016): Erfolgswertgleichheit und Spiegelbildlichkeitsgebot? Quantitative Bewertung für die Gleichheit der Wahl und ihre Konsequenzen für Kommunalwahlgesetze. In: *Bayerische Verwaltungsblätter (BayVBl.) - Zeitschrift für öffentliches Recht und öffentliche Verwaltung* (22), S. 761–772.

Kellermann, Kersten; Schlag, C.-H. (2016): Exchange Rate Pass-Through into Swiss Prices. In: *Bavarian Journal of Applied Sciences* (2), S. 176–197.

Klühspies, Johannes (2016): Warum Investitionen in die Magnetbahntechnologie sinnvoll sind. In: *Bahn Manager Magazin* (3).

Lüdeke, H.; Allinger, Hanjo (2016): Zeig mir deine Freunde und ich sag dir, wer du bist. Ein empirischer Test zur Berücksichtigung der Akteursheterogenität in der Sozialkapitalforschung. In: *Schmalenbachs Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung* 70 (August), S. 1–40.

#### **Buch (Monographie)**

Alefs, Ralf; Findeisen, G. (2016): *Reisekosten Ausland*. Köln: Bundesanzeiger Verlag (ExportPLUS).

Sejkora, K.; Schulze, Henning S. (2016): *Die Kunst der starken Führung. Persönliche Potentiale kraftvoll nutzen - Ressourcen der Mitarbeiter stärken*. Munderfing, Österreich: Fischer & Gann.

#### **Beitrag in (Sammelband, Tagungsband usw.)**

Alefs, Ralf (2016): Anwendungsfälle zur Vorsteuerberichtigung. In: *Haufe Praxishandbuch Umsatzsteuer*. Freiburg [Breisgau]: Haufe (Steuern in der Praxis).

Alefs, Ralf (2016): Fitnesscenter. In: *Haufe Praxishandbuch Umsatzsteuer*. Freiburg [Breisgau]: Haufe (Steuern in der Praxis).

Alefs, Ralf (2016): Vorsteuerabzug. In: *Haufe Praxishandbuch Umsatzsteuer*. Freiburg [Breisgau]: Haufe (Steuern in der Praxis).

Alefs, Ralf (2016): Vorsteuerberichtigung. In: *Haufe Praxishandbuch Umsatzsteuer*. Freiburg [Breisgau]: Haufe (Steuern in der Praxis).

Babovsky, H.; Grabmeier, Johannes (2016): Calculus and design of discrete velocity models using computer algebra. In: A. D. Ketsdever und H. Struchtrup (Hg.): Proceedings of the 30th International Symposium on Rarefied Gas Dynamics (July 10-15th 2016; Victoria, BC, Canada). Melville, NY, USA: AIP Publishing (AIP conference proceedings, Volume number 1786), S. 18000301–18000308.

Ciolacu, Monica; Beer, R. (2016): Adaptive User Interface for Higher Education Based on Web Technology. Research and Innovation in Industry 4.0. In: Proceedings of IEEE 22nd International Symposium for Design and Technology in Electronic Packaging (SIITME) 2016 (Oradea, Romania, October 20-23 2016), S. 300–303.

Fallah Tehrani, Ali; Ahrens, Diane (2016): Improved Forecasting and Purchasing of Fashion Products based on the Use of Big Data Techniques. In: R. Bogaschewsky, M. Eßig, R. Lasch und W. Stölzle (Hg.): Supply Management Research. Aktuelle Forschungsergebnisse 2015. Gleichzeitig Tagungsband zum 8. Wissenschaftlichen Symposium ‚Supply Management‘ an der Universität Würzburg (02.-03.03.2015). 1. Aufl. 2015. Wiesbaden: Gabler (Advanced Studies in Supply Management), S. 293–310.

Klühspies, Johannes (2016): Disruptive Technologies and Their Long Term Perspectives - The Case of Maglev Transportation Systems. In: Johannes Klühspies und The International Maglev Board (Hg.): Maglev Solutions for People, Cities, and Regions? 23rd International Conference MAGLEV 2016 (September 23rd-26th 2016, Berlin), Volume 1 of 2 - Technological Research and Development. 1. Auflage, neue Ausgabe. Berlin: ksv-verlag Thomas J. Mager.

Klühspies, Johannes (2016): Aspects of Future Transport: Long Term Maglev Strategies instead of Conventional Rail Concepts? In: Proceedings of MTST'16 (Magnetic Levitation Transport Systems and Technologies; St. Petersburg, Russia, May 2016).

Klühspies, Johannes (2016): Psychosoziale Grundlagen für ÖPNV-Konzepte. In: T. Bracher und D. Apel (Hg.): Handbuch der kommunalen Verkehrsplanung. [für die Praxis in Stadt und Region]. überarbeitete Auflage. Berlin, Bonn: Wichmann; Economica-Verlag anfangs (Online- und Printversion).

Schulze, Henning S.; Sejkora, K. (2016): Positives Führen: Wertschätzende Beziehungsgestaltung mit „Landkarten“ aus der Transaktionsanalyse. In: C. von Au (Hg.): Eigenschaften und Kompetenzen von Führungspersönlichkeiten. Achtsamkeit, Selbstreflexion, Soft Skills und Kompetenzsysteme. Wiesbaden: Springer (Leadership und Angewandte Psychologie), S. 91–116.

### **Herausgeberschaft von Tagungsband**

Herde, Georg; Vorstand DFDDA e.V. (Hg.) (2016): GoBD und Big Data. Neue Herausforderungen für die digitale Datenanalyse. Unter Mitarbeit von David Christen, Dominik Fischer, Anton Grening, Markus Grottko, Holger Klindtworth, Martin Landvoigt et al. Berlin: Erich Schmidt Verlag GmbH & Co.

Klühspies, Johannes; The International Maglev Board (Hg.) (2016): Maglev Solutions for People, Cities, and Regions? 23rd International Conference MAGLEV 2016 (September 23rd-26th 2016, Berlin), Volume 1 of 2 - Technological Research and Development. 1. Auflage, neue Ausgabe. Berlin: ksv-verlag Thomas J. Mager.

Klühspies, Johannes (Hg.) (2016): Maglev solutions for People, Cities, and Regions? 23rd International Conference MAGLEV 2016 (September 23rd-26th 2016, Berlin), Volume 2 of 2 - Maglev Projects, Implementations and Impacts. Berlin: ksv-verlag Thomas J. Mager (Transport research).

### **Vortrag**

Ahrens, Diane (2016): Intelligente Warenwirtschaftssysteme mit praktischen Umsetzungsbeispielen im Handel. KErn Tagung „Energie sparen - Ressourcen schonen, Lebensmittel als Energieressource. Universität Stuttgart; Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung (IVV); Technische Hochschule Deggendorf. Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, 17.02.2016.

Ahrens, Diane (2016): Impulses for Economics and Region by Means of Decentralization of Research. VSERS International Scholarly Conference. České Budějovice, Tschechien, 31.03.2016.

Alefs, Ralf (2016): Steueränderungen 2016. Kooperationsveranstaltung Technische Hochschule Deggendorf und IHK für Niederbayern. Deggendorf, 14.01.2016.

Allinger, Hanjo (2016): Möglichkeiten und Grenzen einer wohlfahrtssteigernden Zusammenarbeit im Gesund-



- heitswesen. IRE Fachkonferenz Gesundheit für alle. Salzburg, Österreich, 24.02.2016.
- Allinger, Hanjo (2016): Pflegeplanung im Kreis Euskirchen. Sitzung des Sozial- und Gesundheitsausschusses des Kreises. Euskirchen, 03.03.2016.
- Allinger, Hanjo (2016): Analysekriterien für die regionale Bedarfsplanung. Kreisverwaltung Herford. Herford, 08.09.2016.
- Ciolacu, Monica (2016): Adaptive User Interface for Higher Education Based on Web Technology? Research and Innovation in Industry 4.0. IEEE 22nd International Symposium for Design and Technology in Electronic Packaging (SIITME). Oradea, Rumänien, 20.10.2016.
- Fallah Tehrani, Ali (2016): Was Frauen wollen - Absatzprognosen im Modehandel durch künstliche Intelligenz. 3. Tag der Forschung - Themenbereiche Wirtschaft und Gesundheit. Technische Hochschule Deggendorf. Deggendorf, 25.02.2016.
- Fernandes, Michael (2016): Das Auge analysiert mit - Datenanalyse und Visualisierung. 3. Tag der Forschung - Themenbereiche Wirtschaft und Gesundheit. Technische Hochschule Deggendorf. Deggendorf, 25.02.2016.
- Klühspies, Johannes (2016): Future High Speed Ground Transport: Aspects of Prospects and Limitations of an Innovation of Maglev Systems. Keynote Speech/Invited Talk. 1st International Symposium on Hyperloop. National Technical University of Ulsan (UNIST). Ulsan, South Korea, 21.07.2016.
- Klühspies, Johannes (2016): Disruptive Technologies and their long term perspectives: The case of the Japanese Chuo Maglev Transportation System. Keynote Speech/Invited Talk. VSJF Annual Conference 2016 (Vereinigung für sozialwissenschaftliche Japanforschung e.V.) - Mobility and the city of the future. Duisburg, 18.11.2016.
- Kluge, Christian (2016): Statistik statt Stehen - Optimierung der Reichweitschätzung. 3. Tag der Forschung - Themenbereiche Wirtschaft und Gesundheit. Technische Hochschule Deggendorf. Deggendorf, 25.02.2016.
- Kohlmeier, Marion (2016): LogLab - Störungen in der Logistik schnell entgegenwirken. 3. Tag der Forschung - Themenbereiche Wirtschaft und Gesundheit. Technische Hochschule Deggendorf. Deggendorf, 25.02.2016.
- Komberec, Paul (2016): Lebensmittelverschwendung reduzieren durch intelligente Prognose und Disposition im Handel. 3. Tag der Forschung - Themenbereiche Wirtschaft und Gesundheit. Technische Hochschule Deggendorf. Deggendorf, 25.02.2016.
- Schindler, Magdalena (2016): KMU Zukunftcheck - Wie fit ist Ihr Unternehmen für die Zukunft? 3. Tag der Forschung - Themenbereiche Wirtschaft und Gesundheit. Technische Hochschule Deggendorf. Deggendorf, 25.02.2016.

### **Zeitungsartikel**

Allinger, Hanjo (2016): Echte Hilfe für Griechenland. In: Mittelbayerische Zeitung, 27.07.2016.

## **Fakultät Elektrotechnik, Medientechnik und Informatik**

### **Zeitschriftenartikel**

Faber, Peter; Maier, Tanja; Schuster, Stefan (2016): Using Code Metrics for Android Programming. In: Bavarian Journal of Applied Sciences (2), S. 162–175.

Fan, H.; You, Y.; Ni, W.; Yang, Q.; Liu, L.; Benstetter, Günther; Liu, D.; Liu, C. (2016): Surface degeneration of W crystal irradiated with low-energy hydrogen ions. In: Scientific Reports (Nature Publishing Group) 6 (Article number: 23738). DOI: 10.1038/srep23738.

Jing, X.; Panhofer, Emanuel; Song, X.; Grustan-Gutierrez, E.; Hui, F.; Shi, Y.; Benstetter, Günther; Illarionov, Y.; Grasser, T.; Lanza, M. (2016): Fabrication of scalable and ultra low power photodetectors with high light/dark current ratios using polycrystalline monolayer MoS<sub>2</sub> sheets. In: Nano Energy 30 (December), S. 494–502. Online verfügbar unter <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211285516304517>.



Küspert, Stefan; Zink, Roland (2016): PUBinPLAN. In: gis.BUSINESS - Das Magazin für Geoinformation (6), S. 31.

Liu, L.; Liu, D.; Hong, Y.; Fan, H.; Ni, W.; Yang, Q.; Bi, Z.; Benstetter, Günther; Li, S. (2016): High-flux He+ irradiation effects on surface damages of tungsten under ITER relevant conditions. In: Journal of Nuclear Materials 471 (April), S. 1-7. DOI: 10.1016/j.jnucmat.2016.01.001.

Merz, Christian (2016): Harvesting aus HF. In: Elektronik wireless - Fachmedium für Entwicklungen funkbasierter Systeme (Oktober), S. 36-39.

Ramirez Camargo, Luis; Dorner, Wolfgang (2016): Comparison of satellite imagery based data, reanalysis data and statistical methods for mapping global solar radiation in the Lerma Valley (Salta, Argentina). In: Renewable Energy 99 (Dezember), S. 57-68. DOI: 10.1016/j.renene.2016.06.042.

Ramirez Camargo, Luis; Franco, J.; Sarmiento Babieri, N. M.; Belmonte, S.; Escalante, K.; Pagany, Raphaela; Dorner, Wolfgang (2016): Technical, Economical and Social Assessment of Photovoltaics in the Frame of the Net-Metering Law for the Province of Salta, Argentina. In: Energies 9 (3 (Article number 133)). DOI: 10.3390/en9030133.

Zink, Roland; Küspert, Stefan; Haselberger, Johannes; Marquardt, Anna; Schröck, Sebastian (2016): Interaktives GIS-Framework für partizipative Raumplanungsverfahren. In: AGIT - Journal für Angewandte Geoinformatik (2), S. 488-497.

#### **Buch (Monographie)**

Erdmann, L.; Hartmann, S.; Maxzin, Joerg (2016): Lukas aus der Asche - Auferstandenes Kulturerbe aus dem 3D-Labor. 1. Auflage 2016. Lindenberg: Kunstverlag Josef Fink.

#### **Beitrag in (Sammelband, Tagungsband usw.)**

Djukic, M.; Krump, Gerhard (2016): Initiative Entwicklung von synthetischen Antriebsgeräuschen für Innenräume von Elektrofahrzeugen. In: Deutsche Gesellschaft für Akustik (DEGA) (Hg.): DAGA 2016: Fortschritte der Akustik. 42. Deutsche Jahrestagung für Akustik. DAGA 2016: Fortschritte der Akustik (42. Deutsche Jahrestagung für Akustik). Aachen, 14.-17.03.2016. RWTH Aachen. Berlin: DEGA, S. 1184-1187.

Eider, Markus; Kunze, Stefan; Dorner, Wolfgang (2016): A Customizable Software Tool for Hardware in the Loop Tests. In: Proceedings of the 21st International Conference on Applied Electronics (AE) 2016 (September 6-7 2016, Pilsen, Czech Republic), S. 69-74.

Eider, Markus; Kunze, Stefan; Pöschl, Rainer (2016): FPGA Based Emulation of Multiple 1-Wire Sensors for Hardware in the Loop Tests. In: Proceedings of the 2016 IEEE Sensors Applications Symposium (SAS 2016) [Apr 20 - 22, 2016; Catania, Italy], S. 279-284.

Heckelmüller, H.; Kendl, F.; Krump, Gerhard (2016): Entwicklung eines TDR Einzahlwertes zur Charakterisierung der dynamischen Steifigkeit des Oberbaus. In: Deutsche Gesellschaft für Akustik (DEGA) (Hg.): DAGA 2016: Fortschritte der Akustik. 42. Deutsche Jahrestagung für Akustik. DAGA 2016: Fortschritte der Akustik (42. Deutsche Jahrestagung für Akustik). Aachen, 14.-17.03.2016. RWTH Aachen. Berlin: DEGA, S. 334-337.

Heigl, Michael; Aman, Martin; Fuchs, Andreas; Grzempa, Andreas (2016): Industrial Legacy System Communication Through Interconnected Embedded Plug-In Devices. In: J. Mottok, M. Reichenberger und R. Stolle (Hg.): Applied Research Conference 2016. ARC 2016 - Augsburg, 24 June 2016. 1., Auflage, neue Ausgabe (Konferenz im Forschungsmaster - Master of Applied Research, MAPRby).

Heigl, Michael; Schramm, Martin; Dörr, Laurin; Grzempa, Andreas (2016): Embedded Plug-In Devices to Secure Industrial Network Communications. In: IEEE Proceedings of the 21st International Conference on Applied Electronics (Sept 6-7 2016, Pilsen, Czech Republic).

Karl, Florian; Zink, Roland; Brotsack, Raimund; Gmach, Y.; Seebauer, K. (2016): Spatio-temporal modelling of electrical supply systems to optimize the site planning process for renewable energies - the case study Power-to-Mobility. In: Energy Procedia (Special Issue: European Geosciences Union General Assembly 2016 - Division Energy, Resources and Environment [ERE], EGU 2016), April 17th-22nd 2016; Vienna, Austria), Bd. 97 (97), S. 92-99.



Kendl, F.; Heckelmüller, H.; Krump, Gerhard (2016): Korrelation des Schallmesswagen-Pegels mit akustischer Schienenrauheit und Gleisabklingraten. In: Deutsche Gesellschaft für Akustik (DEGA) (Hg.): DAGA 2016: Fortschritte der Akustik. 42. Deutsche Jahrestagung für Akustik. DAGA 2016: Fortschritte der Akustik (42. Deutsche Jahrestagung für Akustik). Aachen, 14.-17.03.2016. RWTH Aachen. Berlin: DEGA, S. 338–340.

Krump, Gerhard; Spranger, M. (2016): Prävention lärmbedingter Hörschäden bei Kindern und Jugendlichen. In: Deutsche Gesellschaft für Akustik (DEGA) (Hg.): DAGA 2016: Fortschritte der Akustik. 42. Deutsche Jahrestagung für Akustik. DAGA 2016: Fortschritte der Akustik (42. Deutsche Jahrestagung für Akustik). Aachen, 14.-17.03.2016. RWTH Aachen. Berlin: DEGA, S. 746–749.

Merz, Christian; Kupris, Gerald (2016): High Q Impedance Matching for RF Energy Harvesting Applications. In: Proceedings of the 2016 IEEE 3rd International Symposium on Wireless Systems (IDAACS-SWS) within the IEEE International Conferences on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (September 26th-27th 2016, Offenburg), S. 45–50.

Pagany, Raphaela; Dorner, Wolfgang (2016): Spatiotemporal Analysis for Wildlife-Vehicle Collision Based on Accident Statistics of the County Straubing-Bogen in Lower Bavaria. In: The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences (XXIII ISPRS Congress, 12–19 July 2016, Prague, Czech Republic) (Volume XLI-B8), S. 739–745.

Ramirez Camargo, Luis; Dorner, Wolfgang (2016): Impact of small-scale storage systems on the photovoltaic penetration potential at the municipal scale. In: Geophysical Research Abstracts, EGU2016-7318 (18).

Ramirez Camargo, Luis; Dorner, Wolfgang (2016): Impact of small-scale storage systems on the photovoltaic penetration potential at the municipal scale. In: Energy Procedia (Special Issue: European Geosciences Union General Assembly 2016 - Division Energy, Resources and Environment [ERE], EGU 2016), April 17th-22nd 2016; Vienna, Austria) (97), S. 133–140.

Ramirez Camargo, Luis; Dorner, Wolfgang (2016): Integrating satellite imagery-derived data and GIS-based solar radiation algorithms to map solar radiation in high temporal and spatial resolutions for the province of Salta, Argentina. In: Proceedings of the SPIE Remote Sensing Conference - Earth Resources and Environmental Remote Sensing/GIS Applications (September 27-29 2016; Edinburgh, GB).

Ramirez Camargo, Luis; Pagany, Raphaela; Dorner, Wolfgang (2016): Optimal sizing of active solar energy and storage systems for energy plus houses. In: Proceedings of the 11th ISES EuroSun Conference - International Conference on Solar Energy for Buildings and Industry (October 11-14 2016; Palma de Mallorca, Spain).

Röhrl, Franz; Jakob, Johannes; Bogner, Werner; Hageneder, D.; Zorn, Stefan (2016): Differential Wideband Interconnects for Organic Millimeter Wave Chip Packages. An effort to design an all-purpose RF chip package. In: Proceedings of the 46th European Microwave Conference (EuMC)/European Microwave Week (EuMW) 2016 (October 03-07 2016, London, UK), S. 1465–1468.

Röhrl, Franz; Jakob, Johannes; Bogner, Werner; Hageneder, D.; Zorn, Stefan (2016): Differential Wideband Interconnects for Organic Millimeter Wave Chip Packages. An effort to design an all-purpose RF chip package. In: Proceedings of the 11th European Microwave Integrated Circuits Conference 2016 (October 03-04 2016, London, UK), S. 536–539.

Steininger, Martin; Stephan, Christoph; Böhm, Christian; Sauer, Fabian; Zink, Roland (2016): Mapping the Surroundings as a Requirement for Autonomous Driving. In: J. Faigl und J. Vokřínek (Hg.): ACTA Polytechnica CTU Proceedings (Student Conference on Planning in Artificial Intelligence and Robotics [PAIR 2016]; Degendorf) (Vol. 6), S. 28–33.

Winterfeldt, Götz; Studt, R. (2016): Educating Professional Collaboration Competencies using Google Tools. In: L. Gómez Chova, A. López Martínez und I. Candel Torres (Hg.): EDULEARN16 (8th Annual International Conference on Education and New Learning Technologies; July 4th-6th 2016; Barcelona, Spain). Conference Proceedings. [Barcelona]: IATED Academy (EDULEARN proceedings (Internet)).

Winterfeldt, Götz; Studt, R. (2016): Usage of Founder Show Formats as a Didactical Method in Entrepreneurial Education. In: L. Gómez Chova, A. López Martínez und I. Candel Torres (Hg.): INTED 2016 (10th Internatio-

nal Technology, Education and Development Conference; March 7th-9th 2016; Valencia, Spain). Conference Proceedings. Valencia: IATED Academy, S. 6406–6413.

Zink, Roland; Diepold, F.; Küspert, Stefan (2016): Regional Energy Partnerships for a sustainable rural development. In: Pána, L., et al. (Hg.): Nástroje a aktuální problémy regionální politiky. České Budějovice, S. 32–40.

### **Vortrag**

Djukic, M.; Krump, Gerhard (2016): Initiative Entwicklung von synthetischen Antriebsgeräuschen für Innenräume von Elektrofahrzeugen. DAGA 2016: Fortschritte der Akustik (42. Deutsche Jahrestagung für Akustik). RWTH Aachen. Aachen, 14.03.2016.

Dörr, Laurin; Heigl, Michael; Grzemba, Andreas; Boiger, Christian (2016): IT-Security-Architektur für Next-Generation Kommunikationssysteme im Automobil. 32. VDI/VW-Gemeinschaftstagung: Fahrerassistenzsysteme und automatisiertes Fahren. Wolfsburg, 08.11.2016.

Grzemba, Andreas (2016): Sicherheit in der technischen Infrastruktur von Rechenzentren. future thinking 2016 - Der RZ-Kongress. Darmstadt, 20.04.2016.

Grzemba, Andreas; Schuster, Stefan (2016): Einsatz eines empirischen cloudbasierten Reichweitenmodells für ein energieeffizientes Fahr- und Antriebsmanagement. 8. E-MOTIVE Expertenforum „Elektrische Fahrzeugantriebe“. Schweinfurt, 07.09.2016.

Grzemba, Andreas (2016): E-WALD - Elektromobilität Bayerischer Wald. Tagung Elektromobilität im ländlichen Raum. Institut für Verbandsforschung und -beratung SVV e.G.; Regierung von Niederbayern. Landshut, 11.10.2016.

Grzemba, Andreas (2016): E-WALD Schnellladetechnik. Deggendorfer Fachsymposium „Elektromobilität der Zukunft“. Technische Hochschule Deggendorf. Deggendorf, 27.10.2016.

Grzemba, Andreas (2016): Car IT Security - Wo geht die Reise hin? Automotive Forum. Regensburg, 22.11.2016.

Heckelmüller, H.; Kendl, F.; Krump, Gerhard (2016): Entwicklung eines TDR Einzahlwertes zur Charakterisierung der dynamischen Steifigkeit des Oberbaus. DAGA 2016: Fortschritte der Akustik (42. Deutsche Jahrestagung für Akustik). RWTH Aachen. Aachen, 14.03.2016.

Hofer, Alexander; Berthold, Tobias; Greppmair, A.; Benstetter, Günther; Brandt, M. S. (2016): Nanoscale characterization of laser-sintered Ge nanoparticle layers. 2nd International Conference on Functional Integrated nano Systems (nanoFIS). Graz, Österreich, 27.06.2016.

Hofer, Alexander; Berthold, Tobias; Greppmair, A.; Brandt, M. S.; Benstetter, Günther (2016): Nanoscale electrical conductivity of laser-sintered Ge nanoparticle layers. The 8th International Conference On Technological Advances Of Thin Films and Surface Coatings (ThinFilms 2016). Singapur, Singapur, 12.07.2016.

Kendl, F.; Heckelmüller, H.; Krump, Gerhard (2016): Korrelation des Schallmesswagen-Pegels mit akustischer Schienenrauheit und Gleisabklingraten. DAGA 2016: Fortschritte der Akustik (42. Deutsche Jahrestagung für Akustik). RWTH Aachen. Aachen, 14.03.2016.

Krump, Gerhard; Spranger, M. (2016): Prävention lärmbedingter Hörschäden bei Kindern und Jugendlichen. DAGA 2016: Fortschritte der Akustik (42. Deutsche Jahrestagung für Akustik). RWTH Aachen. Aachen, 14.03.2016.

Karl, Florian; Zink, Roland (2016): Spatio-temporal modelling of electrical supply systems to optimize the site planning process – Case study: Power to Mobility Technology. Poster-Präsentation. European Geosciences Union (EGU) General Assembly 2016. Wien, Österreich, 17.04.2016.

Küspert, Stefan (2016): Interaktives GIS-Framework für partizipative Raumplanungsverfahren. AGIT Symposium & Expo 2016 - Angewandte Geoinformatik. Salzburg, Österreich, 06.07.2016.



Kupris, Gerald (2016): DECT Ultra Low Energy as a Wireless Connectivity Technology. Wireless Congress 2016: Systems and Applications. München, 09.11.2016.

Leidl, Karl; Aman, Martin; Heigl, Michael; Grzempa, Andreas (2016): Intrusion Detection Sensoren für industrielle Netzwerke. CYBICS - Cyber Security for Industrial Control Systems (Workshop & Konferenz für IT-Sicherheit in der Industrie). Würzburg, 22.06.2016.

Merz, Christian; Kupris, Gerald (2016): High Q Impedance Matching for RF Energy Harvesting Applications. 2016 IEEE 3rd International Symposium on Wireless Systems (IDAACS-SWS) within the IEEE International Conferences on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications. Offenburg, 26.09.2016.

Pagany, Raphaela; Zink, Roland; Marquardt, Anna (2016): Charging stations location model based on spatio-temporal electromobility use patterns. Poster-Präsentation. European Geosciences Union (EGU) General Assembly 2016. Wien, Österreich, 17.04.2016.

Ramirez Camargo, Luis (2016): Impact of small-scale storage systems on the photovoltaic penetration potential at the municipal scale. (Session ERE3.1 Energy meteorology and spatial modelling of renewable energies). European Geosciences Union (EGU) General Assembly 2016. Wien, Österreich, 17.04.2016.

Ramirez Camargo, Luis (2016): Integrating satellite imagery-derived data and GIS-based solar radiation algorithms to map solar radiation in high temporal and spatial resolutions for the province of Salta, Argentina. (Session 3 - Processing Methodologies I). SPIE Remote Sensing Conference (Earth Resources and Environmental Remote Sensing/GIS Applications). SPIE, The International Society for Optics and Photonics. Edinburgh, Großbritannien, 27.09.2016.

Ramirez Camargo, Luis; Pagany, Raphaela (2016): Optimal sizing of active solar energy and storage systems for energy plus houses. Session on Solar Architecture and Net Zero Energy Buildings. 11th ISES EuroSun Conference - International Conference on Solar Energy for Buildings and Industry. International Solar Energy Society. Palma de Mallorca, Spanien, 13.10.2016.

Semmelbauer, Peter; Leidl, Karl; Aman, Martin; Dörr, Laurin; Grzempa, Andreas (2016): Schwachstellen, Angriffsszenarien und Schutzmaßnahmen bei industriellen Protokollen am Beispiel Profinet IO. Automation 2016 - Secure & reliable in the digital world. Baden-Baden, 07.06.2016.

Pagany, Raphaela; Dorner, Wolfgang (2016): Spatiotemporal Analysis for Wildlife-Vehicle Collision Based on Accident Statistics of the County Straubing-Bogen in Lower Bavaria. Poster-Präsentation. XXIII ISPRS Congress. International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS). Prag, Tschechische Republik, 12.07.2016.

Pagany, Raphaela; Zink, Roland; Marquardt, Anna; Graichen, Cornelia (2016): Ladestandorte für Elektromobilität. Poster-Präsentation. Fachsymposium Elektromobilität der Zukunft. Technische Hochschule Deggendorf. Deggendorf, 27.10.2016.

### **Forschungsbericht**

Pagany, Raphaela; Pauli, J.; Dorner, Wolfgang (2016): Monitoring Effizienzhaus Plus von Schlagmann/BayWa. Technische Hochschule Deggendorf/Technologie Campus Freyung.

Pauli, R.; Zink, Roland; Wommer, Kirsten; Küspert, Stefan; Marquardt, Anna (2016): Mit Jugendlichen den öffentlichen Stadtraum der Zukunft gestalten. Akronym: freYOUNG. Projektbericht (vorgelegt bei der Technischen Informationsbibliothek Hannover [TIB]). Technische Hochschule Deggendorf/Technologie Campus Freyung (Arbeitsgruppe Angewandte Energieforschung).

### **Zeitungsartikel**

Maxzin, Joerg (2016): Modernste Technik trifft Mittelalter. Autorin: Michaela Arbinger. In: Deggendorfer Zeitung (Rubrik Deggendorf), 21.04.2016 (Ausgabe Nr. 92), S. 21.

Maxzin, Joerg (2016): Antike aus dem 3D-Labor. Autorin: Michaela Arbinger. In: Deggendorfer Zeitung (Rubrik Deggendorf), 01.07.2016 (Ausgabe Nr. 150), S. 17.

Maxzin, Joerg (2016): Der Bildhauer mit dem Computer. Autor: Richard Mayr. In: Augsburgener Allgemeine (Rubrik Feuilleton), 13.12.2016 (Ausgabe Nr. 288), S. 30.

## Fakultät Maschinenbau und Mechatronik

### Zeitschriftenartikel

Ji, Y.; Fei, H.; Shi, Y.; Igelsias, V.; Lewis, D.; Jiebin, N.; Long, S.; Liu, M.; Hofer, Alexander; Frammelsberger, Werner; Benstetter, Günther; Scheuermann, A.; McIntyre, P. C.; Lanza, M. (2016): Characterization of the photocurrents generated by the laser of atomic force microscopes. In: Review of Scientific Instruments 87 (8), S. 83703. DOI: 10.1063/1.4960597.

Kuntz, D.; Kübert, M.; Schwinghammer, F.; Walker-Hertkorn, Simone (2016): Hat ein klassischer Thermal Response Test eine Tiefenbegrenzung? In: bbr - Fachmagazin für Brunnen- und Leitungsbau 67.

### Beitrag in (Sammelband, Tagungsband usw.)

Barthuber, Ludwig; Fyraj, Klajdo; Firsching, Peter (2016): Test concept for a mobile robot with optimized traction. In: Proceedings of ISR 2016 (47th International Symposium on Robotics, June 21-22 2016, Munich).

Kuntz, D.; Kübert, M.; Schwinghammer, F.; Walker-Hertkorn, Simone (2016): Besonderheiten und Anwendbarkeit eines TRT's an tiefen Erdwärmesonden. In: 15. Internationales Anwenderforum Oberflächennahe Geothermie (18.-19.04.2016, Kloster Banz, Bad Staffelstein). Regensburg: OTTI (Wissen für Profis).

## Fakultät Naturwissenschaften und Wirtschaftsingenieurwesen

### Zeitschriftenartikel

Fütterer, Gerald (2016): Enabling Holographic 3D Displays with Bragg Diffraction Based Volume Gratings and First Approaches to the Reduction of Diffractive Cross Talk. In: Bavarian Journal of Applied Sciences (2), S. 130-145.

Hofbauer, Engelbert; Rascher, Rolf (2016): Deflectometric Acquisition of Large Optical Surfaces DaOS. Using a new physical measurement principle: vignetting field stop procedure. In: Optik&Photonik 11 (5), S. 40-44. DOI: 10.1002/opph.201600036.

Hofbauer, Engelbert; Rascher, Rolf; Schilke, Manon; Liebl, Johannes; Richters, J.-P. (2016): Deflectometric Acquisition of Large Optical Surfaces "DaOS" Using a New Physical Measurement Principle: Vignetting Field Stop. (Reprinted from Proceedings of SPIE Volume 10009: Third European Seminar on Precision Optics Manufacturing, 100090Y [Teisnach, April 12th 2016] doi:10.1117/12.2236134). In: Bavarian Journal of Applied Sciences (2), S. 146-161.

### Beitrag in (Sammelband, Tagungsband usw.)

Fütterer, Gerald (2016): Field lens multiplexing in holographic 3D displays by using Bragg diffraction based volume gratings. In: Proceedings of SPIE 10151 (Optics and Measurement International Conference 2016 [11.-14.10.2016, Liberec, Tschechische Republik]).

Fütterer, Gerald (2016): From Holographic displays to Volume Gratings and Off-Axis Parabolic Mirrors. In: Rolf Rascher, O. Föhnle, Christine Wünsche und Christian Schopf (Hg.): Proceedings of SPIE 10009 (Third European Seminar on Precision Optics Manufacturing, 100090Y [April 12th 2016, Teisnach]), S. 1000912.

Hofbauer, Engelbert; Rascher, Rolf; Schilke, Manon; Liebl, Johannes; Richters, J.-P. (2016): Deflectometric acquisition of large optical surfaces (DaOS) using a new physical measurement principle: vignetting field stop procedure. In: Rolf Rascher, O. Föhnle, Christine Wünsche und Christian Schopf (Hg.): Proceedings of SPIE 10009 (Third European Seminar on Precision Optics Manufacturing, 100090Y [April 12th 2016, Teisnach]).

Liebl, Johannes; Linthe, Horst; Sitzberger, Sebastian; Rascher, Rolf (2016): Interferometric measurement of highly accurate flat surfaces. In: Rolf Rascher, O. Föhnle, Christine Wünsche und Christian Schopf (Hg.): Proceedings of SPIE 10009 (Third European Seminar on Precision Optics Manufacturing, 100090Y [April 12th 2016, Teisnach]).





Schilke, Manon; Liebl, Johannes; Wünsche, Christine (2016): Surface reconstruction by using Zernike polynomials. In: Rolf Rascher, O. Föhnle, Christine Wünsche und Christian Schopf (Hg.): Proceedings of SPIE 10009 (Third European Seminar on Precision Optics Manufacturing, 100090Y [April 12th 2016, Teisnach]).

Schneider, Robert; Trum, Christian (2016): Hexapod as primary kinematic system for applications in the optic industry. In: Rolf Rascher, O. Föhnle, Christine Wünsche und Christian Schopf (Hg.): Proceedings of SPIE 10009 (Third European Seminar on Precision Optics Manufacturing, 100090Y [April 12th 2016, Teisnach]).

Schopf, Christian; Rascher, Rolf (2016): Reducing forces during drilling brittle hard materials by using ultrasonic and variation of coolant. In: Proceedings of SPIE 10151. Optics and Measurement International Conference 2016 (Okt 11th 2016, Liberec, Czech Republic), S. 1015107.

Sitzberger, Sebastian; Rascher, Rolf (2016): An investigation on the efficiency of the manufacturing of components in precision optics. In: Rolf Rascher, O. Föhnle, Christine Wünsche und Christian Schopf (Hg.): Proceedings of SPIE 10009 (Third European Seminar on Precision Optics Manufacturing, 100090Y [April 12th 2016, Teisnach]).

Trum, Christian; Rascher, Rolf (2016): Improving efficiency of chemo-mechanical polishing processes by systematic selection and conditioning of the polishing suspension. In: Rolf Rascher, O. Föhnle, Christine Wünsche und Christian Schopf (Hg.): Proceedings of SPIE 10009 (Third European Seminar on Precision Optics Manufacturing, 100090Y [April 12th 2016, Teisnach]).

Vogt, Christian; Sinzinger, S.; Rohrbacher, Martin; Rascher, Rolf (2016): Prediction of grinding tool wear and lifetime by using a test bench. In: Rolf Rascher, O. Föhnle, Christine Wünsche und Christian Schopf (Hg.): Proceedings of SPIE 10009 (Third European Seminar on Precision Optics Manufacturing, 100090Y [April 12th 2016, Teisnach]).

#### **Herausgeberschaft von Tagungsband**

Rascher, Rolf; Föhnle, O.; Wünsche, Christine; Schopf, Christian (Hg.) (2016): Proceedings of SPIE 10009 (Third European Seminar on Precision Optics Manufacturing, 100090Y [April 12th 2016, Teisnach]). SPIE, The International Society for Optics and Photonics.

#### **Vortrag**

Hofbauer, Engelbert (2016): Project DoSuRe. Deflectometric Optical Surface Reference by Vignetting Field Stop Procedure. 13. Optatec 2016 - Internationale Fachmesse für optische Technologien, Komponenten und Systeme. Frankfurt am Main, 07.06.2016.

Hofbauer, Engelbert (2016): Vignettierung als neues physikalisches Messprinzip - oder: wie mache ich aus einem Problem eine Lösung? Innovationsworkshop „Innovation in der Photonik“ im Rahmen der 13. Optatec 2016 - Internationale Fachmesse für optische Technologien, Komponenten und Systeme. Frankfurt am Main, 07.06.2016.

Rascher, Rolf; Wünsche, Christine; Schopf, Christian (2016): Aspects in laser polishing of precision optical components. LaP 2016 - 2nd Conference on Laser Polishing. Aachen, 26.04.2016.

Rascher, Rolf; Weingarten, C. (2016): Hybridfertigung optischer Oberflächen. F.O.M.-Konferenz 2016 - Innovative Industrien unterstützen. Forschungsvereinigung Feinmechanik, Optik und Medizintechnik e.V. Berlin, 02.11.2016.

Rascher, Rolf (2016): Innovationsentwicklung mit der Technischen Hochschule Deggendorf. Innovationsworkshop „Innovation in der Photonik“ im Rahmen der 13. Optatec 2016 - Internationale Fachmesse für optische Technologien, Komponenten und Systeme. Frankfurt am Main, 07.06.2016.

Schopf, Christian; Rascher, Rolf (2016): Reducing forces during drilling brittle hard materials by using ultrasonic and variation of coolant. Optics and Measurement International Conference 2016. SPIE, The International Society for Optics and Photonics. Liberec, Tschechische Republik, 11.10.2016.

#### **Patentschrift**

Fütterer, Gerald (2016): Light Modulation Device am 20.01.2016. Anmeldenr: 2016051094. Veröffentlicht

chungsnummer: WO002016120131A1.

Fütterer, Gerald; Haussler, R.; Kroll, B.; Leister, N.; Reichelt, S. (2016): Combined Light Modulation Device for Tracking Users am 21.03.2016. Anmeldenr: 201615075870. Veröffentlichungsnummer: US020160202593A1.

Fütterer, Gerald (2016): Beam Divergence and Various Collimators for Holographic or Stereoscopic Displays am 24.06.2016. Anmeldenr: 201615191596. Veröffentlichungsnummer: US020160313695A1.

Fütterer, Gerald (2016): Display Device, in Particular a Head-Mounted Display, Based on Temporal and Spatial Multiplexing of Hologram Tiles am 30.06.2016. Anmeldenr: 201615199652. Veröffentlichungsnummer: US020160313556A1.

## **Fakultät Angewandte Gesundheitswissenschaften**

### **Zeitschriftenartikel**

Boßle, Michael (2016): Entzaubert den Mythos, analysiert den Jargon! In: PADUA - Die Fachzeitschrift für Pflegepädagogik, Patientenedukation und -bildung (5), S. 301-308.

Ghaderi, Zahed; Saboori, B.; Khoshkam, M. (2016): Does security matter in tourism demand? In: Current Issues in Tourism 19 (Published online: March 2016).

Gronwald, Stephan (2016): Über die Bedürfnisse zu Arbeitsschutz und Unternehmenskultur. In: Perspektiven - Zeitschrift für Fach- und Führungskräfte (Hg: Verband Die Führungskräfte) (1/2), S. 8-9. Online verfügbar unter <https://www.die-fuehrungskraefte.de/aktuell/perspektiven-fachzeitschrift/>.

Rester, Christian; Grebe, C.; Bauermann, E.; Pankofer, R.; Bleyer, B. (2016): Klinische Ethikberatung und subjektive Belastungen von Mitarbeitern in der unmittelbaren Patientenversorgung. In: HeilberufeScience (November (Online first)), S. 1-7.

### **Buch (Monographie)**

Melchart, D.; Gronwald, Stephan (2016): Gesundheitsförderung für kleine Unternehmen. Fakten und Praxistipps aus der Lebensstilforschung. 1. Auflage. Wiesbaden, GERMANY: Springer Fachmedien Wiesbaden (Essentials).

### **Beitrag in (Sammelband, Tagungsband usw.)**

Boßle, Michael (2016): Studieren an der PTHV. In: H. Brandenburg, M. Hülsken-Giesler und E. Sirsch (Hg.): Vom Zauber des Anfangs und von den Chancen der Zukunft. Festschrift zum 10-jährigen Bestehen der Pflegewissenschaftlichen Fakultät an der Philosophisch-Theologischen Hochschule Vallendar. Unter Mitarbeit von Michael Boßle. 1. Auflage. Bern: Hogrefe, S. 69-73.

Kunhardt, Horst (2016): Individuelles Gesundheitsmanagement als Wertbeitrag für die Gesundheitswirtschaft - Gesundheit als Wert. In: M. A. Pfannstiel, C. Rasche und H. Mehlich (Hg.): Dienstleistungsmanagement im Krankenhaus. Nachhaltige Wertgenerierung jenseits der operativen Exzellenz. 1. Aufl. 2016: Gabler Verlag; Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, S. 71-92.

Pillmayer, Markus (2016): Developing markets - the neoliberalization of tourism structures in Jordan: the example of Aqaba Special Economic Zone. In: J. Mosedale (Hg.): Neoliberalism and the political economy of tourism. London, New York: Routledge; New edition Edition (Current developments in the geographies of leisure and tourism), S. 71-88.

## **Hochschulleitung und -einrichtungen**

### **Zeitschriftenartikel**

Jaburek, Gregor (2016): Der „European Campus“: EVTZ mbH als Modell internationaler Hochschulkooperation. In: Wissenschaftsrecht (WissR) - Zeitschrift für deutsches und europäisches Wissenschaftsrecht 49, S. 56 ff.

Jaburek, Gregor (2016): Rezension: Hartmer/Detmer „Hochschulrecht. Ein Handbuch für die Praxis“, 3. Auf-



lage 2016. In: Wissenschaftsrecht (WissR) - Zeitschrift für deutsches und europäisches Wissenschaftsrecht 49, S. 343 f.

Jaburek, Gregor (2016): Wer hat inwieweit das Sagen? Zur Kompetenzverteilung zwischen Hochschulkanzler und Präsident. In: Zeitschrift für Beamtenrecht (ZBR) - Fachzeitschrift für das Beamtenrecht und das öffentliche Dienstrecht, S. 236 ff.

Jaburek, Gregor (2016): Zur Umsetzung verbeamteter Professoren. In: Zeitschrift für Beamtenrecht (ZBR) - Fachzeitschrift für das Beamtenrecht und das öffentliche Dienstrecht (375 ff.).

#### **Beitrag in (Sammelband, Tagungsband usw.)**

Jaburek, Gregor (2016): Kommentierung von Art. 101 BayHSchG (Übergangsvorschrift betreffend Studienbeiträge). Hg. v. C. von Coelln und J. F. Lindner (Beck`scher Online-Kommentar Hochschulrecht Bayern (Verlag C.H. Beck)).

Jaburek, Gregor (2016): Kommentierung von Art. 14 BayHSchG (Hochschulentwicklungsplanung). Hg. v. C. von Coelln und J. F. Lindner (Beck`scher Online-Kommentar Hochschulrecht Bayern (Verlag C.H. Beck)).

Jaburek, Gregor (2016): Kommentierung von Art. 15 BayHSchG (Zielvereinbarungen). Hg. v. C. von Coelln und J. F. Lindner (Beck`scher Online-Kommentar Hochschulrecht Bayern (Verlag C.H. Beck)).

Jaburek, Gregor (2016): Kommentierung von Art. 18 BayHSchPG (Berufung von Professoren). Hg. v. C. von Coelln und J. F. Lindner (Beck`scher Online-Kommentar Hochschulrecht Bayern (Verlag C.H. Beck)).

Jaburek, Gregor (2016): Kommentierung von Art. 20 BayHSchG (Hochschulleitung). Hg. v. C. von Coelln und J. F. Lindner (Beck`scher Online-Kommentar Hochschulrecht Bayern (Verlag C.H. Beck)).

Jaburek, Gregor (2016): Kommentierung von Art. 21 BayHSchG (Präsident). Hg. v. C. von Coelln und J. F. Lindner (Beck`scher Online-Kommentar Hochschulrecht Bayern (Verlag C.H. Beck)).

Jaburek, Gregor (2016): Kommentierung von Art. 22 BayHSchG (Weitere gewählte Mitglieder der Hochschulleitung). Hg. v. C. von Coelln und J. F. Lindner (Beck`scher Online-Kommentar Hochschulrecht Bayern (Verlag C.H. Beck)).

Jaburek, Gregor (2016): Kommentierung von Art. 23 BayHSchG (Kanzler). Hg. v. C. von Coelln und J. F. Lindner (Beck`scher Online-Kommentar Hochschulrecht Bayern (Verlag C.H. Beck)).

Jaburek, Gregor (2016): Kommentierung von Art. 25 BayHSchPG (Bestellung von Honorarprofessoren). Hg. v. C. von Coelln und J. F. Lindner (Beck`scher Online-Kommentar Hochschulrecht Bayern (Verlag C.H. Beck)).

Jaburek, Gregor (2016): Kommentierung von Art. 26 BayHSchPG (Rechtsstellung von Honorarprofessoren). Hg. v. C. von Coelln und J. F. Lindner (Beck`scher Online-Kommentar Hochschulrecht Bayern (Verlag C.H. Beck)).

Jaburek, Gregor (2016): Kommentierung von Art. 27 BayHSchPG (Widerruf der Bestellung von Honorarprofessoren). Hg. v. C. von Coelln und J. F. Lindner (Beck`scher Online-Kommentar Hochschulrecht Bayern (Verlag C.H. Beck)).

Jaburek, Gregor (2016): Kommentierung von Art. 28 BayHSchG (Dekan). Hg. v. C. von Coelln und J. F. Lindner (Beck`scher Online-Kommentar Hochschulrecht Bayern (Verlag C.H. Beck)).

Jaburek, Gregor (2016): Kommentierung von Art. 28 BayHSchPG (Privatdozenten). Hg. v. C. von Coelln und J. F. Lindner (Beck`scher Online-Kommentar Hochschulrecht Bayern (Verlag C.H. Beck)).

Jaburek, Gregor (2016): Kommentierung von Art. 29 BayHSchG (Prodekan). Hg. v. C. von Coelln und J. F. Lindner (Beck`scher Online-Kommentar Hochschulrecht Bayern (Verlag C.H. Beck)).

Jaburek, Gregor (2016): Kommentierung von Art. 29 BayHSchPG (außerplanmäßige Professoren). Hg. v. C. von Coelln und J. F. Lindner (Beck`scher Online-Kommentar Hochschulrecht Bayern (Verlag C.H. Beck)).

Jaburek, Gregor (2016): Kommentierung von Art. 30 BayHSchG (Studiendekan). Hg. v. C. von Coelln und J. F. Lindner (Beck`scher Online-Kommentar Hochschulrecht Bayern (Verlag C.H. Beck)).

Jaburek, Gregor (2016): Kommentierung von Art. 30 BayHSchPG (Widerruf der Lehrbefugnis). Hg. v. C. von Coelln und J. F. Lindner (Beck`scher Online-Kommentar Hochschulrecht Bayern (Verlag C.H. Beck)).

Jaburek, Gregor (2016): Kommentierung von Art. 31 BayHSchG (Fakultätsrat). Hg. v. C. von Coelln und J. F. Lindner (Beck`scher Online-Kommentar Hochschulrecht Bayern (Verlag C.H. Beck)).

Jaburek, Gregor (2016): Kommentierung von Art. 31 BayHSchPG (Lehrbeauftragte). Hg. v. C. von Coelln und J. F. Lindner (Beck`scher Online-Kommentar Hochschulrecht Bayern (Verlag C.H. Beck)).

Jaburek, Gregor (2016): Kommentierung von Art. 32 BayHSchG (Fakultätsvorstand). Hg. v. C. von Coelln und J. F. Lindner (Beck`scher Online-Kommentar Hochschulrecht Bayern (Verlag C.H. Beck)).

Jaburek, Gregor (2016): Kommentierung von Art. 32 BayHSchPG (Lehrauftragsvorschriften). Hg. v. C. von Coelln und J. F. Lindner (Beck`scher Online-Kommentar Hochschulrecht Bayern (Verlag C.H. Beck)).

Jaburek, Gregor (2016): Kommentierung von Art. 33 BayHSchG (Studienfakultäten). Hg. v. C. von Coelln und J. F. Lindner (Beck`scher Online-Kommentar Hochschulrecht Bayern (Verlag C.H. Beck)).

Jaburek, Gregor (2016): Kommentierung von Art. 33 BayHSchPG (sonstige nebenberuflich Tätige). Hg. v. C. von Coelln und J. F. Lindner (Beck`scher Online-Kommentar Hochschulrecht Bayern (Verlag C.H. Beck)).

Jaburek, Gregor (2016): Kommentierung von Art. 38 BayHSchG (Wahlen). Hg. v. C. von Coelln und J. F. Lindner (Beck`scher Online-Kommentar Hochschulrecht Bayern (Verlag C.H. Beck)).

Jaburek, Gregor (2016): Kommentierung von Art. 4 BayHSchG (Gleichberechtigung von Männern und Frauen). Hg. v. C. von Coelln und J. F. Lindner (Beck`scher Online-Kommentar Hochschulrecht Bayern (Verlag C.H. Beck)).

Jaburek, Gregor (2016): Kommentierung von Art. 5 BayHSchG (Finanzierung). Hg. v. C. von Coelln und J. F. Lindner (Beck`scher Online-Kommentar Hochschulrecht Bayern (Verlag C.H. Beck)).

Jaburek, Gregor (2016): Kommentierung von Art. 5a BayHSchG (Verbesserung der Studienbedingungen). Hg. v. C. von Coelln und J. F. Lindner (Beck`scher Online-Kommentar Hochschulrecht Bayern (Verlag C.H. Beck)).

Jaburek, Gregor (2016): Kommentierung von Art. 6 BayHSchG (Aufgaben der Forschung und Veröffentlichung von Forschungsergebnissen). Hg. v. C. von Coelln und J. F. Lindner (Beck`scher Online-Kommentar Hochschulrecht Bayern (Verlag C.H. Beck)).

Jaburek, Gregor (2016): Kommentierung von Art. 7 BayHSchG (Koordinierung der Forschung). Hg. v. C. von Coelln und J. F. Lindner (Beck`scher Online-Kommentar Hochschulrecht Bayern (Verlag C.H. Beck)).

Jaburek, Gregor (2016): Kommentierung von Art. 71 BayHSchG (Gebühren). Hg. v. C. von Coelln und J. F. Lindner (Beck`scher Online-Kommentar Hochschulrecht Bayern (Verlag C.H. Beck)).

Jaburek, Gregor (2016): Kommentierung von Art. 73 BayHSchG (Körperschaftshaushalt, Verwaltung, Rechnungslegung). Hg. v. C. von Coelln und J. F. Lindner (Beck`scher Online-Kommentar Hochschulrecht Bayern (Verlag C.H. Beck)).

Jaburek, Gregor (2016): Kommentierung von Art. 74 BayHSchG (Rechts- und Fachaufsicht). Hg. v. C. von Coelln und J. F. Lindner (Beck`scher Online-Kommentar Hochschulrecht Bayern (Verlag C.H. Beck)).

Jaburek, Gregor (2016): Kommentierung von Art. 75 BayHSchG (Informationsrecht, Aufsichtsmittel). Hg. v. C. von Coelln und J. F. Lindner (Beck`scher Online-Kommentar Hochschulrecht Bayern (Verlag C.H. Beck)).

Jaburek, Gregor (2016): Kommentierung von Art. 8 BayHSchG (Forschung mit Mitteln Dritter). Hg. v. C. von Coelln und J. F. Lindner (Beck`scher Online-Kommentar Hochschulrecht Bayern (Verlag C.H. Beck)).



Jaburek, Gregor (2016): Kommentierung von Art. 9 BayHSchG (Künstlerische Entwicklungsvorhaben, anwendungsbezogene Forschungs- und Entwicklungsvorhaben an Fachhochschulen). Hg. v. C. von Coelln und J. F. Lindner (Beck'scher Online-Kommentar Hochschulrecht Bayern (Verlag C.H. Beck)).

### **Vortrag**

Jaburek, Gregor (2016): Das Hochschulsystem in Deutschland. Fortbildung für chinesische Hochschuldozenten. Weiterbildungszentrum der Technischen Hochschule Deggendorf, 2016.

Jaburek, Gregor (2016): Verwaltungsrecht, Verwaltungsaufbau, Verkehrsrecht. Akademie des TÜV Südbayern. (5-6 mal pro Jahr), 2016.

Jaburek, Gregor (2016): University Administration under German University Law. Konferenz „German University Education System and Administration“. Changsha, Hunan, VR China, 23.05.2016.

Jaburek, Gregor (2016): University Administration under German University Law. Panjin Vocational & Technical College. Panjin, Liaoning, VR China, 26.05.2016.

## **Sonstige Hochschulangehörige**

### **Zeitschriftenartikel**

Al Lily, A. E.; Foland, J.; Gegenfurtner, Andreas; Stoloff, D.; Gogus, A.; Erguvan, I. D.; Awshar, M. T. et al. (2016): Academic domains as political battlegrounds. A global enquiry by 99 academics in the fields of education and technology. In: Information Development (May). DOI: 10.1177/0266666916646415.

Gegenfurtner, Andreas; Kok, E.; van Geel, K.; Bruin, A. de; Jarodzka, H.; Szulewski, A.; van Merriënboer, J.J.G. (2016): The challenges of studying visual expertise in medical image diagnosis. In: Medical Education 51 (1), S. 97–104. DOI: 10.1111/medu.13205.

Gegenfurtner, Andreas; Könings, K. D.; Kosmajac, N.; Gebhardt, M. (2016): Voluntary or mandatory training participation as a moderator in the relationship between goal orientations and transfer of training. In: International Journal of Training and Development 20 (4), S. 290–301. DOI: 10.1111/ijtd.12089.

Gegenfurtner, Andreas; Szulewski, A. (2016): Visual expertise and the Quiet Eye in sports. Comment on Vickers. In: Current Issues in Sport Science 1 (1), S. 108. DOI: 10.15203/CISS\_2016.108.

Szulewski, A.; Gegenfurtner, Andreas; Howes, D.; Sivilotti, M.; van Merriënboer, J.J.G. (2016): Measuring physician cognitive load: Validity evidence for a physiologic and a psychometric tool. In: Advances in Health Sciences Education - Theory and Practice (October), S. 1–18. DOI: 10.1007/s10459-016-9725-2.

### **Vortrag**

Bartscher, Thomas (2016): Einbindung und Entwickeln schafft Mehrwert: Zur strategischen und konzeptionellen Relevanz der Personalentwicklung in Veränderungsprozessen. Impulsvortrag. Workshop Geschäftsführer Spezial der bayme vbe, Juni 2016.

Gegenfurtner, Andreas (2016): Systematic literature reviews in educational research. Invited Talk/Keynote. EERA (European Educational Research Association) Summer School. Johannes Kepler Universität Linz. Linz, Österreich, 14.07.2016.

Gegenfurtner, Andreas (2016): Systematic literature reviews in educational research. Invited Talk/Keynote. EERA (European Educational Research Association) Summer School. Johannes Kepler Universität Linz. Linz, Österreich, 14.07.2016.

Knogler, M.; Gegenfurtner, Andreas (2016): An interest theory perspective on learning: What is in for the effective design of learning environments? Symposium. International Conference on Motivation 2016: The Odyssey to the Ithaca of Learning. Thessaloniki, Griechenland, 24.08.2016.



## PUBLIKATIONEN UND VORTRÄGE 2015\*

### **Fakultät Angewandte Wirtschaftswissenschaften (School of Management)**

#### **Zeitschriftenartikel**

Arunraj, Nari Sivanandam; Ahrens, Diane (2015): A Hybrid Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average and Quantile Regression for Daily Food Sales Forecasting. In: International Journal of Production Economics 170 (Part A), S. 321–335. DOI: 10.1016/j.ijpe.2015.09.039.

Boulesteix, A.-L.; Hable, Robert; Lauer, S.; Eugster, M.J.A. (2015): A Statistical Framework for Hypothesis Testing in Real Data Comparison Studies. In: The American Statistician 69 (3), S. 201–212. DOI: 10.1080/00031305.2015.1005128.

Fishkis, O.; Wachten, M.; Hable, Robert (2015): Assessment of soil water repellency as a function of soil moisture with mixed modelling. In: European Journal of Soil Science 66 (5), S. 910–920. DOI: 10.1111/ejss.12283.

Herde, Georg; Fischer, D. (2015): Performance Measurement of Audit Software Tools. In: Bavarian Journal of Applied Sciences 1 (1), S. 27–39.

Schulze, Henning S.; Sejkora, K. (2015): Burnout: Psychodynamik und Arbeitsansätze. In: Zeitschrift für Transaktionsanalyse (ZTA) 32 (1), S. 38–59.

Sperber, Peter; Juds, Katrin; Schuster, Stefan; Hartmann, Ariane; Sellner, Diana (2015): Entwicklung und Einsatz des Optimierten Reichweitenmodells im Verbundprojekt E-WALD. In: Zeitschrift für die gesamte Wertschöpfungskette Automobilwirtschaft (ZfAW), S. 53–59.

#### **Buch (Monographie)**

Hable, Robert (2015): Einführung in die Stochastik. Ein Begleitbuch zur Vorlesung. Berlin [u.a.]: Springer (SpringerSpektrum Lehrbuch).

Schulze, Henning S.; Sejkora, K. (2015): Positive Führung: Resilienz statt Burnout. 1., Auflage 2015. München: Haufe-Lexware (Haufe Fachbuch).

#### **Beitrag in (Sammelband, Tagungsband usw.)**

Alefs, Ralf (2015): Aufzeichnungspflichten. In: Haufe Praxishandbuch Umsatzsteuer. Freiburg [Breisgau]: Haufe (Steuern in der Praxis).

Alefs, Ralf (2015): Basiswissen Umsatzsteuer. In: Haufe Praxishandbuch Umsatzsteuer. Freiburg [Breisgau]: Haufe (Steuern in der Praxis).

Alefs, Ralf (2015): Differenzbesteuerung. In: Haufe Praxishandbuch Umsatzsteuer. Freiburg [Breisgau]: Haufe (Steuern in der Praxis).

Alefs, Ralf (2015): Kfz-Handel. In: Haufe Praxishandbuch Umsatzsteuer. Freiburg [Breisgau]: Haufe (Steuern in der Praxis).

Alefs, Ralf (2015): Sachbezüge. In: Haufe Praxishandbuch Umsatzsteuer. Freiburg [Breisgau]: Haufe (Steuern in der Praxis).

Alefs, Ralf (2015): Vereine (gemeinnützige). In: Haufe Praxishandbuch Umsatzsteuer. Freiburg [Breisgau]: Haufe (Steuern in der Praxis).

Alefs, Ralf (2015): Vorsteueraufteilung. In: Haufe Praxishandbuch Umsatzsteuer. Freiburg [Breisgau]: Haufe (Steuern in der Praxis).

Schoor, H. W.; Alefs, Ralf; Fasel, A. (2015): Freier Beruf. Einkommenssteuer/Umsatzsteuer/Sozialversicherung. In: Lexikon des Steuer- und Wirtschaftsrechts (LSW), Gr. 4/131 (Heft Nr. 11/2015). Freiburg im Breisgau: Haufe-Lexware GmbH & Co. KG, S. 7–22.

\*gemeldet nach Redaktionsschluss für Forschungsbericht 2014-2015



Schulze, Henning S.; Sejkora, K. (2015): Das DICTA Resilienz Inventory. In: D. Riess-Beger (Hg.): Zukunft denken - Wandel gestalten. Perspektiven zu persönlicher Entwicklung, gesellschaftlicher Veränderung und ökonomischem Erfolg; Reader zum 36. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Transaktionsanalyse. Lengerich: Pabst Science Publishers, S. 180–204.

### **Vortrag**

Allinger, Hanjo (2015): Regionale Pflegeplanung gemäß § 7 APG NRW für den Kreis Euskirchen. Kommunale Konferenz Alter und Pflege. Euskirchen, 20.01.2015.

Allinger, Hanjo (2015): Von Humankapital, effizienten Signalen und Bildungsrenditen. AUEG Bundeskongress. Detmold, 16.06.2015.

Allinger, Hanjo (2015): Wieviele Pflegeleistungen werden nachgefragt? Kreisverwaltung Düren. Düren, 31.08.2015.

Arunraj, Nari Sivanandam (2015): Time Series Sales Forecasting in Food Retail Industry. 1. Bayerisch-Tschechische Wissenschaftskonferenz „Datenanalyse“. Jindřichův Hradec, Tschechische Republik, 02.07.2015.

Fallah Tehrani, Ali (2015): Learning Classifiers on the Use of Monotone Learning. 1. Bayerisch-Tschechische Wissenschaftskonferenz „Datenanalyse“. Jindřichův Hradec, Tschechische Republik, 02.07.2015.

Hable, Robert (2015): Statistical Properties of Support Vector Machines and Related Methods from Machine Learning: Theory and Applications. 1. Bayerisch-Tschechische Wissenschaftskonferenz „Datenanalyse“. Jindřichův Hradec, Tschechische Republik, 02.07.2015.

Hable, Robert (2015): Maschinelles Lernen: Datenanalyse mit Methoden der künstlichen Intelligenz. Gastvortrag in Vorlesung zu „Big Data-Algorithms and Systems“. Hochschule Landshut. Landshut, 07.07.2015.

Hable, Robert (2015): Nichtparametrische Klassifikation und Regression mit maschinellen Lernverfahren: Theorie und Anwendungen. Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik (ITWM), Kaiserslautern. Hochschule Landshut, 03.08.2015.

Kohlmeier, Marion (2015): Big Data in the Supply Chain Management. 1. Bayerisch-Tschechische Wissenschaftskonferenz „Datenanalyse“. Jindřichův Hradec, Tschechische Republik, 02.07.2015.

Komberec, Paul (2015): Realization and Implementation of an automated Forecast and Disposition System for reducing food waste in retail industry. 1. Bayerisch-Tschechische Wissenschaftskonferenz „Datenanalyse“. Jindřichův Hradec, Tschechische Republik, 02.07.2015.

Schulze, Henning S. (2015): Strokes: Geschichten von Macht und Machtmissbrauch. Eskalation und Deeskalation in Konflikten. 5. DSGTA Kongress für Transaktionsanalyse: „Transaktionsanalyse und Macht - Was ist Macht?“. Zürich, Schweiz, 13.03.2015.

Schulze, Henning S. (2015): From Theory Orientation to Application Orientation: The „Turned Discount Matrix“ and the „Stroke Cube Workshop“. EATA Colloquium: Legacy and heritage of TA in Europe/ENRICHMENT BY SHARING - Coming together - going ahead. Paris, Frankreich, 27.03.2015.

Schulze, Henning S.; Sejkora, K. (2015): Burnout - Resilienz. Zukunft der Menschheit: Schrankenloser Narzissmus oder gesunder Strokeaustausch? Workshop im Rahmen des 36. Kongresses der DGTA: „Zukunft denken - Wandel gestalten“. Augsburg, 01.05.2015.

Schulze, Henning S. (2015): Creating a Network: Transactional Analysis in Universities. Round Table. 1st EATA Theory Development and Research Conference: „Beyond the Limits: Verifying the Development of TA Theory Through Research. Rom, Italien, 08.07.2015.

Schulze, Henning S. (2015): Mutation du monde du travail: le syndrome du burn-out dans une perspective psychodynamique. Workshop. 30ième Congrès d'Analyse Transactionnelle de l'Institut Analyse Transactionnelle (IFAT); Congrès de La Rochelle/Changer d'ère: mutation, transmission, création. La Rochelle, Frankreich, 03.10.2015.

### **Forschungsbericht**

Allinger, Hanjo; Emmerich, R.; Lüdeke, H.; Siebenschuh, A. (2015): Pflegeplanung für den Kreis Euskirchen. Forschungsbericht.

### **Zeitungsartikel**

Allinger, Hanjo (2015): EU-Krise. Konkursverschleppung macht Bankrott nicht billiger. In: Wochenblatt, 14.07.2015.

Allinger, Hanjo (2015): Öffentliche Diskussion um Krise in Griechenland muss dringend entemotionalisiert werden. In: PNP Campus, 14.07.2015.

## **Fakultät Elektrotechnik, Medientechnik und Informatik**

### **Zeitschriftenartikel**

Berthold, Tobias; Benstetter, Günther; Frammelsberger, Werner; Rodríguez, R.; Nafría, M. (2015): Nanoscale characterization of CH<sub>3</sub>-terminated Self-Assembled Monolayer on copper by advanced scanning probe microscopy techniques. In: Applied Surface Science 356, S. 921–926. Online verfügbar unter <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169433215020061>.

Daiminger, Franz Xaver; Gruber, Martin; Dendorfer, Christian; Zahner, T. (2015): Experimental investigations on the offset correction of transient cooling curves of light emitting diodes based on JESD51-14 and simple semi-empirical approximations. In: Microelectronics Journal 46 (12/Part A), S. 1208–1215.

Dietl, T.; Röhl, Franz (2015): Thermisches Management für Leiterplatten-basierte Hochfrequenz-Packages. In: PLUS - Fachzeitschrift für Aufbau und Verbindungstechnik in der Elektronik: Produktion von Leiterplatten und Systemen (Dezember).

Maxzin, Joerg (2015): habemus lucam. 3D-Technik verhilft Kulturerbe zu neuem Leben. In: Restauo - Zeitschrift für Konservierung und Restaurierung (Callwey Verlag) (8), S. 14–19.

Merz, Christian; Kupris, Gerald (2015): Effizienzsteigerung von Energy Harvesting Schaltungen durch High-Q-Matching. In: Bavarian Journal of Applied Sciences 1 (1), S. 94–104.

Ni, W.; Yang, Q.; Fan, H.; Liu, L.; Berthold, Tobias; Benstetter, Günther; Liu, D. (2015): Ordered arrangement of irradiation-induced defects of polycrystalline tungsten irradiated with low-energy hydrogen ions. In: Journal of Nuclear Materials 464, S. 216–220. Online verfügbar unter <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S002231151500255X>.

Yang, Q.; Fan, H.; Ni, W.; Liu, L.; Berthold, Tobias; Benstetter, Günther; Liu, D.; Wang, Y. (2015): Observation of interstitial loops in He<sup>+</sup> irradiated W by conductive atomic force microscopy. In: Acta Materialia 92, S. 178–188.

Yang, Q.; You, Y.-W.; Liu, L.; Fan, H.; Ni, W.; Liu, D.; Liu, C. S.; Benstetter, Günther; Wang, Y. (2015): Nanostructured fuzz growth on tungsten under low-energy and high-flux He irradiation. In: Scientific Reports (Nature Publishing Group) 5 (Article number: 10959), S. 1–9. DOI: 10.1038/srep10959.

Zink, Roland; Ramirez Camargo, Luis; Dorner, Wolfgang (2015): Modell zur regionalen Optimierung der Stromversorgung aus Photovoltaik. In: Bavarian Journal of Applied Sciences 1 (1), S. 14–26.

### **Beitrag in (Sammelband, Tagungsband usw.)**

Aboubacar, Diarra; Zimmermann, A.; Grzempa, Andreas (2015): Improved Clock Synchronization Start-Up Time for Switched Ethernet-Based In-Vehicle Networks. In: Proceedings of the 20th IEEE International Conference on Emerging Technology & Factory Automation 2015 (ETFA) [September 8 - 11, 2015; Luxemburg], S. 1–8.

Belmonte, S.; Sarmiento, N.; Escalante, K.; Franco, J.; Ramirez Camargo, Luis; Dorner, Wolfgang (2015): Aportes a la planificación energética en salta. información de base, marco legal y desafíos al corto plazo. In: Acta de la XXXVIII Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente; INENCO: Salta, Argentina (3), S. 12.61-12.72.



Faber, Peter; Gröbinger, A. (2015): A Comparison of GPGPU Computing Frameworks on Embedded Systems. In: IFAC-PapersOnLine/13th IFAC and IEEE Conference on Programmable Devices and Embedded Systems — PDES 2015 48 (4), S. 240–245. DOI: 10.1016/j.ifacol.2015.07.040.

Kupris, Gerald; Merz, Christian (2015): Improving the Efficiency of RF Energy Harvesting. In: Proceedings of Wireless Congress 2015: Systems & Applications (09.-10.11.2015, München).

Ramirez Camargo, Luis; Altamirano, M.; Belmonte, S.; Dorner, Wolfgang (2015): Comparación de fuentes satelitales, de re-análisis y métodos estadísticos para el mapeo de la radiación solar en el valle de Lerma (Salta-Argentina). In: Acta de la XXXVIII Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente; INENCO: Salta, Argentina (3), S. 11.31-11.42.

Röhrli, Franz; Jakob, Johannes; Bogner, Werner; Hageneder, D. (2015): Wideband RF interconnects for organic chip packages comparison of single ended and differential transitions. An effort to design an all-purpose RF chip package. In: Proceedings of the 45th European Microwave Conference (EuMC)/European Microwave Week (EuMW) 2015 (September 06-11 2015, Paris, France), S. 781–784.

Wellisch, Daniel; Kunze, Stefan; Pöschl, Rainer (2015): A Modular Software Implementation for Smart Charging Station. In: Proceedings of the 2015 International Symposium on Smart Electric Distribution Systems and Technologies (EDST) [08.-10.09.2015, Wien, Österreich], S. 254–259.

### **Vortrag**

Benstetter, Günther; Hofer, Alexander; Greppmair, A.; Brandt, M. S. (2015): A review of physical characterization methods for nanostructured thermoelectric materials. Invited Talk. 3rd International Congress on Energy Efficiency and Energy Related Materials (ENEFM). Oludeniz, Türkei, 19.10.2015.

Feneberg, G.; Schmid, M.; Krump, Gerhard (2015): Mess- und Bewertungsverfahren für die Audio-Aufnahmequalität von Smartphones. DAGA 2015: Fortschritte der Akustik (41. Deutsche Jahrestagung für Akustik). Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg. Nürnberg, 16.03.2015.

Grzempa, Andreas (2015): High Speed Data Communication in Automotive. POF 2015 - The 24th International Conference on Plastic Optical Fibers. Technische Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm. Nürnberg, 22.09.2015.

Krump, Gerhard (2015): Akustische Untersuchung von Elektrogeräten. DAGA 2015: Fortschritte der Akustik (41. Deutsche Jahrestagung für Akustik). Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg. Nürnberg, 16.03.2015.

Krump, Gerhard (2015): Akustische Untersuchung von Motorsägen. DAGA 2015: Fortschritte der Akustik (41. Deutsche Jahrestagung für Akustik). Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg. Nürnberg, 16.03.2015.

Krump, Gerhard; Hoock, H.; Müller, S. (2015): Untersuchungen zur Geräuschbelastung in Speise- und Trinklokalen. DAGA 2015: Fortschritte der Akustik (41. Deutsche Jahrestagung für Akustik). Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg. Nürnberg, 16.03.2015.

Krump, Gerhard; Rohr, J. (2015): Methodik zur Messung von Raumimpulsantworten für reale virtuelle Klänge. DAGA 2015: Fortschritte der Akustik (41. Deutsche Jahrestagung für Akustik). Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg. Nürnberg, 16.03.2015.

Küspert, Stefan (2015): Partizipation bei kommunalen Vorhaben. Vortrag innerhalb der Workshopreihe zur Energiekonferenz VOŠ a SPŠ Volyně. Energiekonferenz - VOŠ a SPŠ Volyně. Volyně, Tschechische Republik, 29.04.2015.

Küspert, Stefan; Marquardt, Anna; Zink, Roland (2015): Bürgerbeteiligung bzw. Schülerbeteiligung mit Geographischen Informationssystemen. GIS Day 2015. Pädagogische Hochschule Linz. Linz, Österreich, 18.11.2015.

Marquardt, Anna (2015): Geographische Informationssysteme als Planungsinstrument. Vortrag innerhalb der Workshop-Reihe zur Energiekonferenz. Energiekonferenz - VOŠ a SPŠ Volyně. Volyně, Tschechische Republik, 15.04.2015.

Merz, Christian; Kupris, Gerald (2015): Improving the Efficiency of RF Energy Harvesting. Wireless Congress 2015: Systems & Applications. München, 09.11.2015.

Pagany, Raphaela (2015): Open Geodata for energy planning and modelling - Availability and demand. Konferenz Geoinformatics 2015 - CVUT. Prag, Tschechische Republik, 11.06.2015.

Pauli, J.; Pagany, Raphaela (2015): Das Effizienzhaus Plus - Monitoringbericht. Energiekonferenz - VOŠ a SPŠ Volyně. Volyně, Tschechische Republik, 01.04.2015.

Skowronek, R.; Krump, Gerhard (2015): Private Telefonie im Fahrzeuginnenraum durch Sprachmaskierung. DAGA 2015: Fortschritte der Akustik (41. Deutsche Jahrestagung für Akustik). Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg. Nürnberg, 16.03.2015.

Schiebl, K.; Hofer, Alexander; Benstetter, Günther (2015): Atomic Force Microscopy analysis of laser-sintered Germanium nanoparticles for thermoelectric applications. 3rd International Congress on Energy Efficiency and Energy Related Materials (ENEFM). Oludeniz, Türkei, 19.10.2015.

### **Forschungsbericht**

Graichen, Cornelia; Marquardt, Anna; Pagany, Raphaela; Pauli, J.; Zink, Roland (2015): Energiekonzept Eppenschlag. Projektbericht. Technische Hochschule Deggendorf/Technologie Campus Freyung (Angewandte Energieforschung).

Graichen, Cornelia; Marquardt, Anna; Pagany, Raphaela; Pauli, J.; Zink, Roland (2015): Energiekonzept Innernzell. Projektbericht. Hg. v. Technologie Campus Freyung. Technische Hochschule Deggendorf/Technologie Campus Freyung (Angewandte Energieforschung).

Pagany, Raphaela; Marquardt, Anna; Dorner, Wolfgang (2015): Sozialstudie zur Akzeptanz Erneuerbarer Energien - ein bayerisch-tschechischer Vergleich. Im Rahmen des europäisch geförderten Interreg-Projekts „Grenzüberschreitendes Ausbildungszentrum für Erneuerbare Energien und einen schonenden Umgang mit Energieressourcen“. Hg. v. Technologie Campus Freyung. Technische Hochschule Deggendorf.

### **Zeitungsartikel**

Maxzin, Joerg (2015): Das zweite Leben des Lukas. Bericht über das Forschungsprojekt Theatinerkirche. Björn Engel (Autor). In: Die Welt (Sonderausgabe Denkmalschutz), Frühjahr 2015.

Maxzin, Joerg (2015): Pionier der Denkmalpflege. Bericht über das Forschungsprojekt Theatinerkirche. Richard Mayr (Autor). In: Augsburgsburger Allgemeine (Rubrik Feuilleton), 19.05.2015 (Ausgabe Nr. 113), S. 30.

Maxzin, Joerg (2015): Die Rückkehr des Heiligen Lukas. Bericht über das Forschungsprojekt Theatinerkirche. Unbekannter Autor. In: Abendzeitung München (Rubrik München), 21.05.2015 (Ausgabe Nr. 115).

Maxzin, Joerg (2015): Mit Lukas' Hand hat alles begonnen. Bericht über das Forschungsprojekt Theatinerkirche. Birgitt Süß (Autorin). In: Deggendorfer Zeitung (Rubrik „Die Seite 3“), 21.05.2015 (Ausgabe Nr. 115), S. 3.

Maxzin, Joerg (2015): Die Auferstehung des Heiligen Lukas. Bericht über das Forschungsprojekt Theatinerkirche. Sabine Reithmaier (Autorin). In: Süddeutsche Zeitung (Rubrik München), 22.05.2015 (Ausgabe Nr. 116).

### **Radio- oder Fernsehsendung**

Maxzin, Joerg (2015): Theatinerkirche München: Die Auferstehung des Lukas. Bericht über das Forschungsprojekt Theatinerkirche (Capriccio). Bayerisches Fernsehen, 07.05.2015. Online verfügbar unter <https://www.youtube.com/watch?v=Uie6HQ0ApiU>.

Maxzin, Joerg (2015): Enthüllung der Evangelistenfigur Lukas in der Theatinerkirche. Bericht über das Forschungsprojekt Theatinerkirche. Unter Mitarbeit von Vanessa Biermann (Redaktion) (TV Bayern live). RTL, 22.05.2015. Online verfügbar unter <https://www.youtube.com/watch?v=KKVuL6lEm9o>.

Maxzin, Joerg (2015): Fast ein Wunder: Die Auferstehung des Lukas. Bericht über das Forschungsprojekt Theatinerkirche. Unter Mitarbeit von Andreas Krieger (Redaktion) (Kulturzeit). 3SAT, 02.07.2015. Online verfügbar unter <http://www.3sat.de/mediathek/?mode=play&obj=52610>.





## Fakultät Maschinenbau und Mechatronik

### Zeitschriftenartikel

Barthuber, Ludwig; Firsching, Peter (2015): Kettenantrieb für optimierte Traktion an mobilen Robotern. In: Bavarian Journal of Applied Sciences 1 (1), S. 81–93.

### Vortrag

Schwinghammer, F.; Walker-Hertkorn, Simone (2015): Gebäudetemperierung ohne Wärmepumpe - hohe Untergrundtemperaturen auf der südlichen Schwäbischen Alb. 14. Internationales Anwenderforum Oberflächennahe Geothermie (Erdgekoppelte Wärmepumpen und unterirdische thermische Energiespeicher). Ost-bayerisches Technologie-Transfer-Institut e.V. (OTTI), Regensburg. Neumarkt i. d. Opf., 16.06.2015.

### Forschungsbericht

Griebler, Ch.; Kellermann, C.; Kuntz, D.; Walker-Hertkorn, Simone; Stumpp, Chr.; Hegler, F. (2015): Auswirkungen thermischer Veränderungen infolge der Nutzung oberflächennaher Geothermie auf die Beschaffenheit des Grundwassers und seiner Lebensgemeinschaften - Empfehlungen für eine umweltverträgliche Nutzung. Im Auftrag des Umweltbundesamtes (Forschungskennzahl 37 10 23 204).

## Fakultät Naturwissenschaften und Wirtschaftsingenieurwesen

### Zeitschriftenartikel

Biskup, Heiko; Trum, Christian; Rascher, Rolf (2015): Stabilität im Polierprozess. In: Newsletter Bayern Photonics (Innovationsnetzwerk Optische Technologien) (Oktober).

### Beitrag in (Sammelband, Tagungsband usw.)

Biskup, Heiko; Haberl, Alexander; Rascher, Rolf (2015): Surface errors in the course of machining precision optics. In: Proceedings of SPIE Volume 9575, Optical Manufacturing and Testing XI (Aug 27th 2016, San Diego, CA), S. 957500.

Hofbauer, Engelbert; Rascher, Rolf; Friedke, Felix; Stubenrauch, Thomas; Liebl, Johannes; Richters, J.-P. (2015): The vignetting field stop procedure: A new physical measurement principle for the Deflectometric acquisition of big Optical Surfaces - DaOS. In: DGaO Proceedings (116. Jahrestagung in Brno, Tschechische Republik, 25.-29.05.2015).

Vogt, Christian; Rohrbacher, Martin; Rascher, Rolf; Sinzinger, S. (2015): Dependency between removal characteristics and defined measurement categories of pellets. In: A. E. Hatheway (Hg.): Proceedings of SPIE 9573. Optomechanical Engineering 2015 (10-12 August 2015, San Diego, CA, USA).

### Vortrag

Biskup, Heiko; Schopf, Christian; Rascher, Rolf (2015): Surface roughness testing below 0.5 nm Sq. Measuring of Sub-Nanometer Surface Texture by White-Light Interferometry. 6. Fachtagung Produktionsmesstechnik für die Praxis. NTB - Interstaatliche Hochschule für Technik. Buchs, Schweiz, 03.09.2015.

Kasberger, Alois; Wistl, Christian; Förg, Raimund (2015): „3D-Glas“. 3D-Integration von Sensoren auf Glas-substraten. Kontaktierung von Glassubstraten im µm Maßstab. 2. Tag der Forschung 2015. Technische Hochschule Deggendorf. Deggendorf, 05.03.2015.

Kasberger, Alois; Wistl, Christian; Förg, Raimund (2015): Investigation in roughness transfer between mold and preform during precision glass molding. 4th EOS Conference on Manufacturing and Testing of Optical Components (EOSMTOC 2015). München, 22.06.2015.

Liebl, Johannes (2015): HLEM Round Robin Asphere Test 2015 at the Deggendorf Institute of Technology. 7th High Level Expert Meeting 2015 - Asphere Metrology On Joint Investigations. Technische Hochschule Deggendorf/Technologie Campus Teisnach. Teisnach, 17.03.2015.

Wistl, Christian; Kasberger, Alois; Förg, Raimund (2015): Precision glass molding - practical investigation in roughness transfer mechanism between mold and preform. 2nd European Seminar on Precision Optics Manufacturing. Technische Hochschule Deggendorf/Technologie Campus Teisnach. Teisnach, 14.04.2015.

### **Patentschrift**

Förg, Raimund (2015): Electronic device and method for fabricating the same am 21.01.2015. Anmeldenr: CN000104299953A.

Förg, Raimund (2015): Electronic Device and Method for Fabricating an Electronic Device am 22.01.2015. Anmeldenr: US020150021792A1.

Förg, Raimund (2015): Elektronische Vorrichtung und Verfahren zum Herstellen einer elektronischen Vorrichtung am 22.01.2015. Anmeldenr: DE102014109870A1.

Förg, Raimund (2015): Verfahren zur Herstellung eines Halbleiterbauelements oder eines Transistorbauelements mit einer dünnen Fremdmaterialschicht in einem Halbleiterkörper am 02.07.2015. Anmeldenr: DE102009027008B4.

Förg, Raimund (2015): Electrical Contact for Graphene Part am 29.07.2015. Anmeldenr: CN000104810254A.

Förg, Raimund (2015): Electrical Contact for Graphene Part am 30.07.2015. Anmeldenr: US020150214303A1.

Förg, Raimund (2015): Elektrischer Kontakt für ein Graphenteil am 13.08.2015. Anmeldenr: DE102015201385A1.

Förg, Raimund (2015): Composite Wafer Having A Graphite Core am 01.10.2015. Anmeldenr: US020150279941A1.

Förg, Raimund (2015): Halbleitervorrichtung mit lotbaren und bondbaren elektrischen Kontaktplättchen am 19.11.2015. Anmeldenr: DE102014107018A1.

Förg, Raimund (2015): Semiconductor Device Having Solderable and Bondable Electrical Contact Pads am 19.11.2015. Anmeldenr: US020150333023A1.

Förg, Raimund (2015): Membrane structures for microelectromechanical pixel and display devices and systems, and methods for forming membrane structures and related devices am 17.12.2015. Anmeldenr: US020150362722A1.

Förg, Raimund (2015): Membranstrukturen für mikroelektromechanische Pixel- und Anzeigevorrichtungen und -systeme sowie Verfahren zur Ausbildung von Membranstrukturen und damit zusammenhängende Vorrichtungen am 17.12.2015. Anmeldenr: DE102015109573A1.

Förg, Raimund (2015): Method for manufacturing a composite wafer having a graphite core, and composite wafer having a graphite core am 29.12.2015. Anmeldenr: US000009224633B2.

Fütterer, Gerald; Kroll, B.; Leister, N.; Stolle, H. (2015): Projection display and method for displaying at least one of two-dimensional and three-dimensional scene or of content. Veröffentlichungsnr: US020160004219A1.

Fütterer, Gerald; Kroll, B.; Leister, N.; Stolle, H. (2015): Projektionsvorrichtung und Verfahren zum Darstellen einer zweidimensionalen und/oder dreidimensionalen Szene oder von Inhalt. Veröffentlichungsnr: DE102015110502A1.

Fütterer, Gerald (2015): Display Device for Holographic Reconstruction am 05.01.2015. Veröffentlichungsnr: WO002015104239A3.

## **Fakultät Angewandte Gesundheitswissenschaften**

### **Zeitschriftenartikel**

Wühr, Erich; Kunhardt, Horst (2015): Kommunale Gesundheitsförderung mit System. In: Bavarian Journal of Applied Sciences 1 (1), S. 50–61.

### **Beitrag in (Sammelband, Tagungsband usw.)**

Gronwald, Stephan (2015): Betriebliche Gesundheitsförderung. Handlungshilfen für den Betrieb. In: Verbund Strukturwandel der Stadt München (Hg.): Work-Life-Balance als Chance zur Fachkräftesicherung. Handlungs-



hilfen für den Betrieb, S. 47–77.

Kunhardt, Horst (2015): Individuelles Gesundheitsmanagement als Wertbeitrag für die Gesundheitswirtschaft - Gesundheit als Wert. In: M. A. Pfannstiel, C. Rasche und H. Mehlich (Hg.): Dienstleistungsmanagement im Krankenhaus. Nachhaltige Wertgenerierung jenseits der operativen Exzellenz: Gabler, S. 71–92.

#### **Herausgeberschaft von Tagungsband**

Kunhardt, Horst (Hg.) (2015): Proceedings Medical Korea 2015. The 6th Global Healthcare & Medical Tourism Conference (April 8th-10th 2015, Seoul, South Korea).

#### **Vortrag**

Kunhardt, Horst (2015): Education Programs of TCM at DIT. Cross Border Health Care. Invited Talk. Symposium on International Communication of Chinese Medicine (Cooperation of Chinese Medicine with OBOR Countries). Tongchuan, China, 2015.

#### **Forschungsbericht**

Wühr, Erich; Kunhardt, Horst (2015): Kommunale Gesundheitsförderung mit System.

## **Hochschulleitung und –einrichtungen**

#### **Zeitschriftenartikel**

Jaburek, Gregor (2015): Rechtsfragen des Professorenberufungsverfahrens in Bayern. In: Bavarian Journal of Applied Sciences 1 (1), S. 40–49.

#### **Vortrag**

Jaburek, Gregor (2015): Das Hochschulsystem in Deutschland. Fortbildung für chinesische Hochschuldozenten. Weiterbildungszentrum der Technischen Hochschule Deggendorf, 2015.

Jaburek, Gregor (2015): Verwaltungsrecht, Verwaltungsaufbau, Verkehrsrecht. Akademie des TÜV Südbayern. (5-6 mal pro Jahr), 2015.

Jaburek, Gregor (2015): University Administration under German University Law. International Forum for Industry & Education. Zhumadian, Henan, VR China, 15.04.2015.

Jaburek, Gregor (2015): University Administration under German University Law. Conservancy Technical Institute. Kaifeng, Henan, VR China, 17.04.2015.

Jaburek, Gregor (2015): University Administration under German University Law. Xi'an Aeronautical Polytechnic Institute. Xian Shi, Shaanxi Sheng, VR China, 19.04.2015.

Jaburek, Gregor (2015): Kreativ, vielseitig, spannend: Jurist in der Hochschulverwaltung als attraktives Berufsbild. Fakultätskarrieretag der Juristischen Fakultät der Universität Regensburg. Regensburg, 05.11.2015.

## **Sonstige Hochschulangehörige**

#### **Zeitschriftenartikel**

Türnau, Marc (2015): Assessing the impact of long-term mobility choice motivation and short-term mobility means connotation on the use intention of electric cars in rural areas. In: Transportation Research Part A: Policy and Practice 75 (May), S. 16–29. DOI: 10.1016/j.tra.2015.03.006.

Winklmayr, M.; Kluge, Christian; Winklmayr, W.; Küchenhoff H.; Steiner, M.; Ritter, M.; Hartl, A. (2015): Radon balneotherapy and physical activity for osteoporosis prevention: a randomized, placebo-controlled intervention study. In: Radiation and Environmental Biophysics 54 (1), S. 123–136. DOI: 10.1007/s00411-014-0568-z.

#### **Graue Literatur/Bericht/Report**

Bartscher, Thomas; et al. (2014/2015): Schriftlicher Lehrgang HR Management. Haufe Akademie. Freiburg. Online verfügbar unter <http://www.haufe-akademie.de/75.95>.



 IMPRESSUM

**Zentrum für Angewandte Forschung (ZAF)**  
zaf@th-deg.de

**Prof. Dr.-Ing. Andreas Grzemba**  
Vizepräsident für Forschung und Wissenstransfer  
Raum: E 207 / Büro der Hochschulleitung  
+49 (0)991 3615-512  
andreas.grzemba@th-deg.de

**Martina Geier**  
Assistentin des Vizepräsidenten für Forschung und  
Wissenstransfer  
Raum: ITC2 1.54  
+49 (0)991 3615-741  
martina.geier@th-deg.de

**Dipl.-Ing. (FH) Claudia Puck**  
Leitung Wissens- und Technologietransfer (WTT)  
Raum: D 008  
+49 (0)991 3615-480  
technologietransfer@th-deg.de

**Dipl.-Ing. (Univ.) Katrin Juds**  
Referentin des Vizepräsidenten für Forschung und  
Wissenstransfer  
Raum: ITC2 1.54  
+49 (0)991 3615-621  
katrin.juds@th-deg.de

**Dr. Kristin Seffer**  
Leitung Graduiertenkolleg  
Raum: D 008  
+49 (0)991 3615-460  
kristin.seffer@th-deg.de



**Esther Kinateder**

Assistentin des Graduiertenkollegs  
Raum: D 008  
+49 (0)991 3615-402  
esther.kinateder@th-deg.de

**Albrecht Friess**

EU-Referent  
Raum: ITC2 1.54  
+49 (0)991 3615-733  
albrecht.friess@th-deg.de

**Herausgeber**

Prof. Dr.-Ing. Andreas Grzempa  
Vizepräsident für Forschung und Wissenstransfer  
Technische Hochschule Deggendorf

**Konzeption und Redaktion**

Dipl.-Ing. (FH) Claudia Puck, Dr. Kristin Seffer, Esther Kinateder

**Gestaltung, Realisierung, Satz und Layout**

Sabrina Rockinger (B.Eng.)

**Bildnachweise**

Wenn nicht anders angegeben: Technische Hochschule Deggendorf  
Fotolia

**Druck**

EBNER Verlag Druckerei  
Schauflinger Str. 15  
94469 Deggendorf

**Redaktionsschluss**

21.06.2017

**Erscheinungsdatum**

Juli 2017

**Auflage**

500

**Verwendungshinweis**

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.  
Vervielfältigung und Nachdruck – auch teilweise – nur mit schriftlicher Genehmigung der Redaktion/des Herausgebers.  
Für die einzelnen Projektberichte liegt die inhaltliche Verantwortung bei den jeweiligen Projektbegleitern.

**Anschrift**

Technische Hochschule Deggendorf  
Dieter-Görlitz-Platz 1  
94469 Deggendorf





Technische Hochschule Deggendorf  
Dieter-Görlitz-Platz 1  
94469 Deggendorf

[www.th-deg.de](http://www.th-deg.de)



