DECEMBER 2017 NO. 3

BAVARIAN JOURNAL OF APPLIED SCIENCES



DECEMBER 2017 NO. 3



PRINCIPAL EDITOR

Sperber, Peter Prof. Dr. rer. nat. praesident@th-deg.de
Grzemba, Andreas Prof. Dr.-Ing. andreas.grzemba@th-deg.de

EDITORIAL BOARD

Ahrens, Diane Prof. Dr. (THD)

diane.ahrens@th-deg.de

Benstetter, Günther Prof Dr.-Ing. (THD)

guenther.benstetter@th-deg.de

Börret, Rainer Prof. Dr.-Ing (HS Aalen)

rainer.boerret@hs-aalen.de

rainund.brotsack@th-deg.de

Dorner, Wolfgang Prof. Dr. (THD)

wolfgang.dorner@th-deg.de

Hiller, Jochen Prof. Dr.-Ing. (THD)

jochen.hiller@th-deg.de

Hofmann, Peter Dr. (Universität Salzburg /IABG)

HofmannP@iabg.de

Klühspies, Johannes Prof. Dr. habil. (THD)

johannes.kluehspies@th-deg.de

Kunhardt, Horst Prof. Dr. biol. hum. (THD)

horst.kunhardt@th-deg.de

Lanza, Mario, PhD (Soochow University, VR China) mlanza@suda.edu.cn Rascher, Rolf Prof. Dr.-Ing. (THD) rolf.rascher@th-deg.de

Schönwetter, Gerald, Prof. Dr. (FH Oberösterreich) gerald.schoenwetter@fh-steyr.at Valeske, Bernd, Prof. Dr.-Ing. (HTW Saar Fraunhofer IZFP) bernd.valeske@izfp.fraunhofer.de

EDITORIAL TEAM

Seffer, Kristin Dr. kristin.seffer@th-deg.de
Kinateder, Esther esther.kinateder@th-deg.de

PRODUCTION EDITOR & DESIGN

Rockinger, Sabrina sabrina.rockinger@th-deg.de

ISSN: 2366-3952

The Bavarian Journal of Applied Sciences is published annually.

CONTACT US

Bavarian Journal of Applied Sciences Technische Hochschule Deggendorf Dieter-Görlitz-Platz 1

94469 Deggendorf, Germany Phone: ++49 (0) 991 3615-0 Fax: ++49 (0) 991 3615-297

E-Mail: info@jas.bayern Deggendorf Institute of Technology Web: www.jas.bayern All rights reserved.

This is an open access journal which means that all content is freely available without charge to the user or his/her institution. Users are allowed to read, download, copy, distribute, print, search, or link to the full texts of the articles in this journal without asking for prior permission from the publisher or the author under the condition that the original publication is properly cited. This is pursuant to the BOAI definition of open access.

Copyright © 2017

LNELNO

INHALT

Vorwort Editorial	230
Sonar, Arne; Bleyer, Bernhard; Heckmann, Dominikus Zur Synergie von reflexiver Technikbewertung und E(L)SA-Begleitforschung: Eine Bewertungstheorie sozio-technischer Systemgefüge im Rahmen der Digitalisierung	234
Zink, Roland; Steininger, Martin Augmented Reality for Digital Geo-Based Participation to Integrate Citizens in Municipality Planning Processes	248
Gegenfurtner, Andreas; Spagert, Lina; Weng, Gabriele; Bomke, Christine; Fisch, Karina; Oswald, Andreas; Reitmaier-Krebs, Martina; Resch, Christine; Schwab, Nina; Stern, Wolfgang; Zitt, Alexander LernCenter: Ein Konzept für die Digitalisierung berufsbegleitender Weiterbildungen an Hochschulen	261
Semmelbauer, Peter Industrial-Ethernet-Protokolle: Sicherheitsrisiko Layer-2-Switch (Reprint)	277
Fischer, Thomas; Salzinger, Mario; Heinz, Daniel; Hiller, Jochen Quantitative Untersuchung zur Reduzierung der Messzeit in der dimensionellen Computer- tomographie	282
Call for Papers Issue No. 4 (2018)	297
Impressum	298

VORWORT

Digitalisierung durchdringt zunehmend alle Lebensbereiche. So nutzen mittlerweile fast alle Teile der Gesellschaft das Internet in der Freizeit, aber auch zunehmend im Arbeitsleben. Digitalisierung umfasst in diesem Zusammenhang vor allem technologische Veränderungen und Entwicklungen in der Industrie und der Wirtschaft sowie im öffentlichen Bereich. Dabei eröffnet und erweitert sie teilweise ungeahnte Möglichkeiten und birgt gleichzeitig neu entstehende Risiken. Diese Durchdringung – und die damit wachsenden Risiken und Herausforderungen – bedingt zunehmend informationstechnologisches Knowhow und erzwingt gleichzeitig die Einbindung anderer fachlicher Expertise und somit eine interdisziplinäre Herangehensweise in der Grundlagen- und in der anwendungsorientierten Forschung.

Die vorliegende dritte Ausgabe des Bavarian Journal of Applied Sciences deutet in ihrer Vielfalt die unterschiedlichen Dimensionen und die Komplexität des Phänomens Digitalisierung an. Die Beiträge verdeutlichen, dass für die anwendungsorientierte Forschung, die Entwicklung technologischer Neuerungen in Zusammenhang mit Digitalisierung nicht nur die technische Innovation oder das Produkt in den Blick genommen werden sollte, sondern auch die Nutzerseite (in der Produktion und der finalen Anwendung) einschließen muss.

Der erste Beitrag von Arne Sonar, Bernhard Bleyer und Dominikus Heckmann (OTH Amberg-Weiden) beschäftigt sich mit den ethischen und sozialen Begleiterscheinungen von Technik im Pflege- und Gesundheitsbereich. Der Beitrag fragt, wie die ethische und soziale Dimension von Technik erfasst werden kann und wie sich Technik im Hinblick auf diese Gesichtspunkte bewerten lässt. Die Autoren plädieren für die Entwicklung eines Modells, das nicht nur für das Produkt, sondern bereits für den Produktionsprozess Technikfolgenbewertung mit ethischer und sozialer Begleitforschung kombiniert.

Roland Zink und Martin Steininger beschäftigen sich mit den Möglichkeiten und Grenzen des Einsatzes einer Planungssoftware im öffentlichen und raumplanerischen Bereich. Die an der THD entwickelte App PUBinPLAN zeigt Möglichkeiten digitaler Komponenten für öffentliche Beteiligungsprozesse auf. Gleichzeitig verdeutlichen die Autoren, wie wichtig es ist, darauf zu achten, dass beteiligte Anwender technisch oder informatorisch nicht überfordert werden und dass die Nutzung des digitalen Austausches nicht den Partizipationsansatz durch Missbrauch (Verbreitung von Fake News) oder Störungen (anonyme Anfeindungen) konterkariert wird.

Das Autorenteam um Andreas Gegenfurtner geht auf die zunehmende Digitalisierung in der Lehre ein und stellt ein Lernkonzept vor, das am Weiterbildungszentrum der THD entwickelt wurde. Dieses Konzept betrachtet vor allem den Bereich Fernstudium in der Weiterbildung. Die Autorinnen und Autoren plädieren dafür, Vorteile aus den Lernelementen des digitalen Selbststudiums, von Webkonferenzen und Präsenzveranstaltungen so miteinander zu kombinieren, dass die jeweiligen Nachteile ausgeglichen werden, die jede Komponente für sich alleine genommen hätte

Alle drei Beiträge deuten darauf hin, dass Technik in ihrer Entwicklung und in der Anwendung immer wieder reflektiert und angepasst werden muss.

FDITORIAL

Digitization is increasingly permeating all areas of our lives. Today, almost all parts of society are using the internet in their spare time, but also more and more in their working lives. In this respect, digitization encompasses, above all, technological innovations and developments in industry and the economy as well as in the public sector. Digitization creates and expands possibilities, at times in previously unimaginable ways, while at the same time entailing new risks and challenges. The technical innovations brought about by digitization, and the growing risks and challenges involved, require an ever increasing expertise in information technology. At the same time, it is becoming necessary to also consider other relevant expert knowledge, and hence, to deploy an interdisciplinary approach in basic and applied research and when developing and implementing new, digitized technologies.

The contributions in the present third issue of the Bavarian Journal of Applied Sciences attempt to outline the many dimensions of the digitization phenomenon and its complexity. The first three papers underscore the view that when developing digital technological innovations in applied research, the focus should not solely be on the innovation or the product itself, but also on the user side, meaning the critical reflection of production and final application.

The first contribution is by Arne Sonar, Bernhard Bleyer and Dominikus Heckmann from OTH Amberg-Weiden. They discuss ethical and social side effects of technical innovations in the healthcare sector. The authors pose the question of how to assess the ethical and social dimensions of technology and how to evaluate technology accordingly. The authors suggest developing a model that combines reflexive technology impact assessment with accompanying E(L)SA research and applying it to both the product itself and the production process.

Roland Zink and Martin Steininger analyze the opportunities and challenges which arise when using digital applications in public spatial planning processes. By discussing PUBinPLAN, an application developed at Deggendorf Institute of Technology (DIT), the authors emphasize the necessity of not tiring the users with too many technical and IT knowledge requirements. Moreover, digital exchange in participation has to be prevented from being thwarted by abuse (e.g. by users spreading fake news) or anonymous hostilities towards other users.

In another contribution, the increasing implementation of digital elements in further education is discussed by a group of authors around Andreas Gegenfurtner. They present a learning concept that was developed at DIT's Further Education Center, in which the specific advantages of different teaching and learning methods, i.e. self-study, web conferences and classroom-based education, are combined in order to minimize the downsides of all individual elements.

These three contributions suggest that the development of technology and its application must always be critically reflected and re-adapted.

As far as digitization is concerned, security is another quite important aspect. The risks associated with the architecture of layer 2 switches are discussed in a reprint of an article originally published in the German journal Industrie 4.0. Layer 2 switches are computer networking devices that allow the exchange of data packages. Peter Semmelbauer outlines the attack scenario of port stealing, and discusses adequate protection measures.

VORWORT

Darüber hinaus sollten Sicherheitsrisiken nicht unterschätzt und Schutzmaßnahmen vorgenommen werden. Entsprechend widmet sich der Reprint in diesem Heft, der ursprünglich im Industrie 4.0-Magazin – Zeitschrift für die vierte industrielle Revolution erschienen ist, dem Sicherheitsrisiko, das der Architektur von Layer-2-Switches immanent ist. Layer-2-Switches sind Kopplungselemente für Netzwerksegmente, die das Versenden von Datenpaketen ermöglichen. Peter Semmelbauer skizziert das Angriffsszenario des Port-Stealing und präsentiert mögliche Schutzmaßnahmen.

Digitalisierung impliziert auch immer mehr oder weniger direkt das Ziel, Effizienz zu erhöhen und folglich Zeiteinsparnisse zu erreichen. Thomas Fischer, Mario Salzinger, Daniel Heinz und Jochen Hiller vom Fraunhofer Anwendungszentrum CT in der Messtechnik an der THD beschäftigten sich mit dem Aspekt bildgebender digitaler Verfahren in der Produktion. Sie vergleichen unterschiedliche Verfahren der Computertomographie, die Bauteile auf Fehlerhaftigkeit untersuchen, und konzentrieren sich dabei vor allem auf die Möglichkeit, Messzeit zu reduzieren ohne dass die Messgenauigkeit dabei in den Hintergrund rückt.

Die Herausgeber danken den Reviewern aller eingereichten Beiträge für ihre wertvolle Arbeit und ihre Zeit. Für die dritte Ausgabe des Bavarian Journal of Applied Sciences wünschen wir Ihnen aufschlussreiche Einblicke in die anwendungsorientierten Forschungsbereiche und eine anregende Lektüre.

FIDITORIAL

Digitization always implies the aim of increasing efficiency and, consequently, of saving time. Jochen Hiller, Daniel Heinz, Mario Salzinger and Thomas Fischer of the Fraunhofer Application Center for Computed Tomography in Metrology (CTMT), which is affiliated to DIT, evaluate imaging processes in production. The authors compare different computed tomography procedures for the purpose of detecting material defects. They focus on the possibilities for reducing scan time without any loss in measurement accuracy.

The editorial team would like to thank the reviewers of the submitted articles. We very much appreciate the time and effort they invested in providing reviews. We wish you inspiring insights when reading this new issue of the Bavarian Journal of Applied Sciences.



Zur Synergie von reflexiver Technikbewertung und E(L)SA-Begleitforschung

Eine Bewertungstheorie sozio-technischer Systemgefüge im Rahmen der Digitalisierung

Arne Sonar¹

Bernhard Bleyer²

Dominikus Heckmann³

ABSTRACT

Die zunehmende Verknüpfung von Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) mit den Möglichkeiten des Internet of Things (IoT) stellt im Entwicklungsprozess von Produkten neue Anforderungen hinsichtlich ihrer Implementierung, Integration und Anwendung. Aus der Perspektive der E(L)SA-Begleitforschung (Ethical, Legal and Social Aspects) erweist sich eine frühzeitige, in den gesamten Hervorbringungsprozess integrierte, reflexive Begleitung als ebenso bedeutsam wie die Bewertung des Produkts in seinen Anwendungskontexten. Digitalisierte Technik soll nicht nur hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit bewertet, sondern aktiv im Prozess der Produktherstellung mitgestaltet werden. Es gilt ein methodisches Vorgehen zu konzipieren, welches die vorhandenen Modelle der Technikfolgenbewertung aufgreift, ihre Kompatibilitäten prüft und die Synergien von reflexiver Technikbewertung und E(L)SA-Begleitforschung zur Geltung bringen kann.

Due to the increasing interaction between information and communication technologies (ICT) and the possibilities of the Internet of Things (IoT), product development today is confronted with new challenges concerning implementation, integration and use. From the perspective of accompanying E(L)SA research (ethical, legal and social aspects), the reflexive monitoring of technical developments right from the start and throughout the entire development and production process turns out to be just as relevant as evaluating the product in its various usage contexts. Digitized technologies should not only be assessed with respect to their applicability and the challenges of their implementation, rather should they be actively codesigned throughout the entire product production process. It is therefore necessary to devise a methodological approach in which the existing models of reflexive technology impact assessment are taken up, their compatibilities are examined and the synergies of reflexive technology assessment and accompanying E(L)SA research are emphasized.

KEYWORDS

Technikbewertung, ELSA, methodologischer Pluralismus, sozio-technische Systeme

Technology Assessment, ELSA, methodological pluralism, socio-technical systems

¹ Ostbayerische Technische Hochschule (OTH) Amberg-Weiden, Fakultät Elektrotechnik, Medien und Informatik (EMI) und Institut für Nachhaltigkeit in Technik und Wirtschaft, Geb. G: R. 111, Kaiser-Wilhelm-Ring 23, 92224 Amberg, a.sonar@oth-aw.de.

² Ostbayerische Technische Hochschule (OTH) Amberg-Weiden, Institut für Nachhaltigkeit in Technik und Wirtschaft, ATC (Amberger Technologie-Campus) (Geb. F): Raum 106, Kaiser-Wilhelm-Ring 23, 92224 Amberg, b.bleyer@oth-aw.de.

³ Ostbayerische Technische Hochschule (OTH) Amberg-Weiden, Fakultät Elektrotechnik, Medien und Informatik (EMI), Geb. G: R. 023, Kaiser-Wilhelm-Ring 23, 92224 Amberg, d.heckmann@oth-aw.de.

Gefördert von:

GEFÖRDERT VOM



The GlycoRec project is funded by the Federal Ministry of Education and Research (BMBF) under the funding scheme Adaptive, Learning Systems (Adaptive, lemende Systeme).

1. Einleitung

Wie die Begrifflichkeiten "Technotop" [1, 2] und "technische Zivilisation" unterstreichen, ist die Hervorbringung von technischen Innovationen untrennbar mit den sozialen Dimensionen ihrer Anwendung und dementsprechend mit den Bedingungen ihrer Implementierung verknüpft. In der zunehmenden **Technisierung** aller gesellschaftlichen Funktionsbereiche und -ebenen [4] zeigt sich, dass besonders die gestiegene Bedeutung von Daten, der Umfang ihrer Generierung und Verarbeitung, vor allem aber ihre essentielle Bedeutung für die grundlegende Funktionalität. neuer technischer Anwendungen hervorzuheben ist. Die Kombination der Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) mit den Möglichkeiten des Internet of Things (IoT) bedeutet, dass der semiotische Charakter neuer Technologien an Bedeutung gewinnt.

Nach Peter Brödner ergibt sich für die Bewertung technischer Produkte die Notwendigkeit einer Unterscheidung zwischen solchen technischen Anwendungen, die wie mechanische und elektrische Maschinen oder chemische und biologische Prozesse primär auf Energie- und Stoffumwandlung beruhen und solcher, semiotischer Technik, bei der Computersysteme und komplexe Algorithmen integrale Bestandteile der Anwendung sind. Das wesentliche Alleinstellungsmerkmal semiotischer Maschinen zeigt sich dabei in der dualen Kopplung von signal- und somit zeichenverarbeitenden Prozessen. Einerseits erfolgt im Zuge der Mensch-Technik-Interaktion über spezifische Algorithmen eine jeweils sinnbehaftete, interpretative Verarbeitung von zugeführten Zeichen, die mit materiellen Trägern (Signalen) verbunden werden [5]. Andererseits können die konkreten Resultate derartiger Verarbeitungen "im sozialen Raum der Interaktion erneut als Zeichen interpretiert werden" [5, S. 47]. Ein neuer Prozess der

Zeichenverarbeitung wird initiiert. Brödner hält fest:

"Diesen Unterscheidungen zufolge ist die interpretatorische Flexibilität technischen Handelns hei den Maschinen und Prozessen der Energie- und Stoffumwandlung gebunden an und beschränkt durch Naturbedingungen, während sie bei semiotischen Maschinen auf Gewohnheiten und Vereinbarungen beruht, die sich ändern können und zudem in Wechselwirkung mit den implementierten formalen Handlungsabläufen stehen. Semiotische Maschinen erweisen sich somit als Medium des Organisierens; eingebettet in die Zeichenprozesse sozialer Interaktion einer Organisation, die sie partiell formalisieren, dienen sie als Arbeitsmittel oder Medium der Kooperation (...). Dementsprechend erfordert ihr Einsatz hohe Anstrengungen der Abstimmung und Koordination schon bei der Modellbildung sozialer Interaktionsprozesse wie auch bei deren Gestaltung, Einführung und Gebrauch." [5, S. 49]

In der Regel wird die Auseinandersetzung mit ethischen, rechtlichen und sozialen Aspekten technologischer Forschung allgemeinen Technikfolgenabschätzung oder Technikbewertung [6, 7] zugeordnet. Hier soll jedoch zwischen Technikbewertung und E(L) SA⁴-Begleitforschung unterschieden werden. Vorgänge der Technikbewertung verhandeln vor allem "Bedingungen und Folgen von Technik und Technisierung sowie ihrer gesellschaftlichen Bewertung" [6, S. 51], wobei der jeweilige "Untersuchungsgegenstand (\ldots) betreffende Technologie gebunden ist" [7, S. 96] und die reflexive Ausrichtung "nicht im engeren Sinn zur technischen Weiterentwicklung dieser Technologien" [7, S. 96] beiträgt. Die E(L) SA-Begleitforschung hingegen kann gerade durch ihren Fokus auf die "Akzeptanz von Technologien und Missbrauchspotentiale, über ethisch-moralische Einschätzungen und Fragen der zukünftigen Regulierung bis zur Technologievorausschau (Foresight)" Auskunft geben [7, S. 96] und konkrete Beiträge zur Gestaltung technischer Entwicklungen leisten. Technikbewertung wird von Evaluationsmodellen geleitet. Durch die Betrachtung der

ethischen, rechtlichen und sozialen Aspekte des Technikeinsatzes werden Fragen aufgeworfen, die die Bedingungen bestehender Interaktions-, Regel- und Organisationsstrukturen menschlicher Handlungen betreffen. Für jene digitalen Technologien, die diesen Beitrag betreffen, bedeutet dies:

"Die Eigentümlichkeit von Computersystemen als semiotische Maschinen (...) macht sie (...) zu administrativen Mitteln der Organisation (...). Deren Effizienz ist daher vor allem Ergebnis der Art und Weise ihrer Organisation, insbesondere der sozialen Einbettung und Aneignung (...). Diese Zusammenhänge zu verstehen, erfordert einen theoretischen Zugang, der unter Rekurs auf ein pragmatisches Verständnis des Umgangs mit Dingen, insbesondere das Zusammenspiel der Objektivierung organisationaler Praktiken in Form von Systemfunktionen und deren Aneignung als wirksame Ressourcen für eine erneuerte Praxis in den Blick nimmt." [5, S. 40]

Die folgenden Überlegungen entstanden im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Forschungsprojekts GlycoRec⁵. Von diesem ausgehend sollen die Ausführungen einerseits theoretischer Art sein, andererseits an ausgewählten Stellen den Praxisbezug beleuchten.

2. Vorüberlegungen

Der Vorgehensweise gehen grundlegende Annahmen voraus, die kurz dargelegt werden sollen. Das Anliegen ist dabei, die Nachvollziehbarkeit der konzeptionellen Grundlagen und der entsprechenden Methodik des Vorgehens zu beschreiben. Erläuterungen zum Projekt GlycoRec werden einfließen.

Der wesentliche Zweck von GlycoRec besteht darin, aufbauend auf dem System Esysta®6 und einer damit verbundenen, diabetologisch erprobten technischen Infrastruktur neue Möglichkeiten im Einsatz von Sensorik, Modellierung und der Interaktion mit Patienten zu erforschen. Die Entwicklungen sollen dazu dienen, das vorhandene System der passiven Dokumentation von relevanten Vitalparametern (wie dem Blutzuckerspiegel) über den Einbezug verschiedenster Medien der IKT und der Kopplung mit IoT-Elementen auf ein individuell patientenbezogenes, aktives Unterstützungsmedium hin zu erweitern. Neben umfangreichen Erhebungen physiologischen Faktoren wie Blutzucker, Körpergewicht und Blutdruck soll der innovative Charakter des GlycoRec-Systems vor allem darin liegen, durch Kontextmodelle ("live-to-life") auch Sekundärdaten Patienten zu erfassen. Diese sollen vor allem die jeweiligen lebensweltlichen Kontexte (Bewegungsprofile, Tageszeit, Wochentag, Einkauf, Metainformationen zu Produkten) einschließen. Durch derartige Erweiterungen in der Datenerfassung soll ein umfangreicheres Bild über das Patientenverhalten erlangt werden, was die vom System anvisierten "Beratungssituationen" und die potentiellen ärztlichen Behandlungen effizienter und effektiver gestalten soll.⁷ Ein zentrales Element von GlycoRec liegt im gegenseitigen adaptiven Lernen von Mensch und Technik. Diese Interaktivität beruht auf der Möglichkeit, dass die beratende Funktion von GlycoRec einerseits durch den Patienten selbst angefordert werden kann (beispielsweise aus situativer Unsicherheit beim alltäglichen Einkauf). Andererseits kann das System selbstständig

⁴ Die ELSA-Begleitforschung behandelt in der Regel die ethischen, rechtlichen und sozialen Aspekte der Technikinnovation. Der hier vorgelegte Beitrag beleuchtet nur die Bereiche Ethik und Soziales, weshalb das L (engl.: legal) im Text durchgehend in Klammern gesetzt wurde.

⁵ GlycoRec. Interaktives Bio-Life-Logging für einen verständlicheren Umgang mit Diabetes. Projektzeitraum: 01/2015–12/2017. Beteiligte Projektpartner: Ostbayerische Technische Hochschule (OTH) Amberg-Weiden, Private Fachhochschule (PFH) Göttingen, Deutsches Diabetes Zentrum (DDZ), L3S Forschungszentrum (Leibniz-Universität Hannover), Emperra E-Health Technologies. Beschreibung des Projekts: Diabetes mellitus ist in Deutschland die häufigste chronische Krankheit. Etwa 10 % der deutschen Bevölkerung sind betroffen, mit einer weiteren Zunahme ist zu rechnen. Die höchste Steigerung liegt bei Personen über 60 Jahren. Diabetes ist bereits einer der häufigsten Beratungsanlässe in allgemeinmedizinischen Praxen und in absehbarer Zeit wird der Beratungsbedarf aufgrund der steigenden Fallzahlen nicht mehr zu decken sein. Dabei ist es wichtig, dass Patientinnen und Patienten sich richtig verhalten, um Folgeerkrankungen zu vermeiden. Das Projekt GlycoRec untersucht, wie Betroffene im Alltag besser unterstützt werden können. Durch kontinuierliche Sammlung, Speicherung, Aufbereitung und Analyse physiologischer Daten und Umgebungsdaten werden individuelle Benutzermodelle und Kontextmodelle generiert, die es erlauben, sehr viel genauere Prognosen und individuelle Empfehlungen für die Patientin bzw. den Patienten zu entwickeln. GlycoRec stellt eine erweiterbare, integrierte Infrastruktur aus Sensorik, Modellierung und Patienteninteraktion zur Verfügung. Um eine solche Infrastruktur bereitzustellen, ist es notwendig neue Technologien und Methoden in der Sensorik, der Modellierung und der Benutzerinteraktion zu entwickeln. Diese werden dazu beitragen, dass Patientinnen und Patienten mit ihrer Krankheit besser umgehen können und weniger Folgeerkrankungen entstehen. Vgl. https://www.technik-zum-menschen-bringen.de/ projekte/glycorec.

⁶ Esysta® ist ein System des Diabetes-Monitorings und -Managements, in dem die Übertragung der vom Insulin-Pen generierten Daten (Datum, Uhrzeit, Insulinmenge) automatisch auf ein Portal erfolgt.

⁷ Durch die Möglichkeit, einen größeren Satz an Daten in den die Empfehlung generierenden Algorithmus zu integrieren, kann ein höherer Patientenbezug, d. h. ein höherer Grad an Benutzerindividualisierung des Systems erreicht werden.

agieren (beispielsweise bei Stresssituationen, in dem besondere physiologische Werte gemessen werden).

2.1 Konzeptionelle Annahmen

Den vorherigen Ausführungen folgend wird hier die Überzeugung vertreten, dass Technik als ein evolutionäres Element einer sich differenzierenden Gesellschaft wahrzunehmen ist [8]. In diesem Sinne ist Technik nicht nur als artifizielles Produkt, sondern nach Jacques Ellul [9] im Sinne von techniqué als Einflussgröße ins menschliche Handeln aufzufassen. Ein solches Verständnis betrachtet Technik als sozio-technisches Interaktionselement [10, 11]. Hierauf wurde in der Bewertung des GycoRec-Vorhabens geachtet.

Diese Perspektive hat 711 beachten. dass sich die jeweilig auftretenden Interaktionsrückkopplungen sowohl technisch als auch techno-sozial äußern [12]. Beschreibt die sozio-technische Variante "Prozesse, bei denen Netzwerkstruktur, -kommunikation und -kooperation auf die technisch vermittelte Interaktion projiziert werden", so erklärt die techno-soziale Variante diejenigen "Prozesse, bei denen Einflüsse der Technik auf die soziale Interaktion im Netzwerk wirken" [12, S. 89]. Innerhalb solcher Netzwerke wechselseitiger Rückkopplungsprozesse

eingebunden in eine organisierende Struktur von Umweltfaktoren, auf welche die Rückkopplungsprozesse wiederum ebenso Einfluss ausüben können, stellen die am soziotechnischen Interaktionssystem beteiligten menschlichen und nicht-menschlichen Faktoren aktive und passive Partizipanten dar. In ihrer Eigenschaft als aktive Entitäten erzeugen sie über Handlungsweisen einen Output, der durch unterschiedliche technische Entitäten wie Sensoren und Interaktionsmodule als physische und physiologische Signale aufgenommen und anschließend zu unterschiedlichen Datensätzen (Zeichen) verarbeitet wird. Bedingt durch ihren semiotischen Charakter werden jene Zeichen wiederum durch die (computerbasierten) technischen Elemente und den ihnen eigenen spezifischen Algorithmen analysiert und auf interpretativer Basis in wahrnehmbare Signale umgewandelt. Diese Umwandlung von Input in neuartigen Output macht die technischen Elemente selbst zu aktiven Entitäten, deren Signale durch die dann empfangenden und innerhalb des wechselseitigen Interaktionsgefüges entsprechend passiven Nutzenden als Zeichen aufgefasst und über deren Interpretation wiederum ein bestimmtes Handeln hervorgerufen werden kann. Dies führt zu einer Fortsetzung des beschriebenen systemischen Interaktionskreislaufes (siehe Abbildung 1).

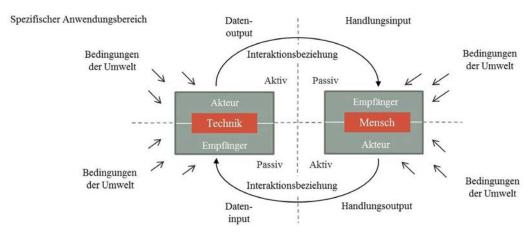


Abbildung 1: Schematisierung des Verständnisses eines sozio-technischen Gefüges (eigene Darstellung)

Wie hier verdeutlicht, lässt sich aus der Einbindung von Medien der IKT schlussfolgern, dass technische Elemente im Rahmen soziotechnischer Gefüge nicht ausschließlich passiv rezipieren, sondern aktiv das Geschehen mitgestalten. Die Kopplung mit den neuartigen Möglichkeiten des IoT und der damit einhergehenden automatisierten Vernetzung von digitaltechnischen und datenverarbeitenden Medien wird derartige Tendenzen eher steigern als mindern. Vielmehr werden die aus dem Nutzerverhalten* generierten Daten im Rahmen der Möglichkeiten eines recommend durch die technischen Elemente derart verarbeitet, dass sie gegenüber den empfangenden und diese Informationen verarbeitenden Nutzern

^{*} Aus Gründen einer besseren Lesbarkeit wird im weiteren Verlauf des Textes alleinig das generische Maskulinum verwendet. Im Verständnis werden hierbei jedoch stets alle Geschlechter impliziert.

wiederum selbst zu aktiven Elementen im Systemgefüge werden können. Die Interaktivität solcher sozio-technischer Systemgefüge beruht demnach auf strukturellen, wechselseitigen Interdependenzen. In diesem Sinne sind alle im sozio-technischen Systemgefüge inkludierten, technischen und nicht-technischen Entitäten im Rahmen der Mensch-Technik-Interaktion als Aktanten aufzufassen, die Netzwerke bilden [13]. Deshalb sind sozio-technische Systemgefüge als Agenturen aufzufassen, die nicht nur Agenten im Netzwerk verbinden, sondern auch als Agentennetzwerk miteinander verbunden sind. Hierdurch kann die von Ropohl definierte Kopplung von funktionalen Teilsystemen (Sachsysteme und soziale Systeme) und deren Substitutionsbeziehungen berücksichtigt werden. Gleichzeitig ermöglicht dies nach Rammert, die semiotische Netzwerkeinheit von Aktanten zu berücksichtigen [14].

2.2 Methodische Annahmen

Um mit der Synergie reflexiver aus Technikbewertung und E(L)SA-Begleitforschung Einfluss auf die Entwicklung und die späteren Integrationsprozesse von Technik ausüben zu können, bedarf das methodische Vorgehen einer theoretischen Klärung. Ein entsprechendes Gerüst kann über die Modellierung kontextueller Betrachtungsperspektiven (Schalen) konstruiert werden [15, 16]. Der Ansatz zeigt zwei besondere Eigenschaften:

- Zum einen kann die Anwendung innovativer Techniken mit verschiedenen Bewertungsmodellen reflektiert werden.
- Zum anderen wird im Zuge der E(L)SA-Forschung ermöglicht, die Interaktionsfelder zu identifizieren und im Entwicklungsprozess aktiv mitzugestalten.

Elementar für eine problemorientierte Bewertung von technischen Anwendungen ist die Orientierung an Leitbildern [15, 16].

"Leitbilder formulieren eine gesellschaftliche auf wünschbare Aussage in Bezug Entwicklungen" [16, S. 487]. Leitbilder stellen geeignete Orientierungskriterien zur Verfügung. Sie haben einen normativen Charakter, betrachten nicht den Einzelfall und bieten den erwartbaren Anwendungsszenarien eine grundsätzliche Ausrichtung an [16]. Für die konkrete Anwendung von Technik gilt es spezifischere Orientierung zu geben, die sich aus den Leitbildvorgaben ableiten lässt. Technische Elemente können in konkreten Anwendungszusammenhängen üblicherweise als Werkzeuge, Maschinen oder Systeme charakterisiert werden. Richtet man den Blick jedoch auf semiotisch-technische Anwendungen, so lässt sich feststellen, dass diese, abhängig von der jeweiligen Betrachtungsperspektive, sowohl als Werkzeuge und Maschinen, als auch als Systeme gelten können [17] (siehe Abbildung 2). Die Anwendungsdimension des Werkzeugs bildet einen Kontext, um die funktionalen Intentionen einer technischen Anwendung zu begutachten. Sie adressiert vor allem die Mikro-Ebene der Anwendung einer technischen Applikation, also insbesondere das funktionale Verhältnis einer technischen Anwendung gegenüber den Nutzenden. Sowohl im zweiten (Maschine – Bezug Werkzeug), als auch im dritten (Maschine - Bezug System) Betrachtungskontext steht die maschinelle Dimension einer technischen Anwendung Fokus der Betrachtung. Gefestigtere Anwendungszusammenhänge [17] treten Dementsprechend adressiert Kontext die Meso-Ebene. Die Bedürfnisse der Nutzer und der Einsatz der Technik treffen auf Umweltbedingungen. Die Interaktionen werden konkret. Mit dem vierten Kontext werden die systemische Dimension und die Perspektive der Folgen aufgegriffen. Dieser Kontext adressiert dabei vor allem die Makro-Ebene der Applikationsnutzung und reflektiert organisationsspezifische und gesellschaftliche Komponenten der Technikanwendung.

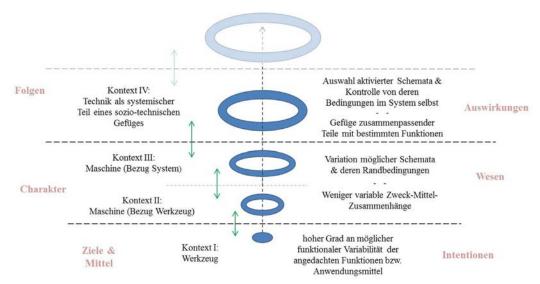


Abbildung 2: Schematisierung der methodischen Vorüberlegungen (eigene Darstellung).

Für GlycoRec bedeutet dies, dass Medien Smartphone, Smartwatch), innerhalb des sozio-technischen Gefüges die Aufgabe der Vitaldatengenerierung erfüllen, als artifizielle Produkte und als Einflussgrößen für menschliches Handeln aufgefasst werden müssen. Die Medien sind in einen konkreter werdenden Zweck-Mittel-Zusammenhang [17] eingebunden. Sobald die verarbeitenden Daten dem Nutzer zugänglich sind, wird neues Verhalten angestoßen. Die technischen Elemente stehen in einer kreislaufartigen Verkettung von Schemata, weshalb der gesamte Vorgang als System beschrieben werden kann [17]. Um Anforderungen der verschiedenen Kontexte gerecht zu werden, wurde im Rahmen von GlycoRec auf einen angewandten, methodischen Pluralismus zurückgegriffen. Verschiedene Modelle der Technikevaluation wurden berücksichtigt: die VDI-Richtlinie 3780 [18], sentha [19, 20], MAST [21, 22] und MEESTAR [23].8 Trotz ihrer spezifischen Unterschiede [24] erwies sich für GlycoRec eine auf Kohärenz und Synergie bedachte, integrative Kopplung der einzelnen Modelle und Methoden als sinnvoll. Die Stärken der Technikbewertung wurden betont und Schwachpunkte kompensiert [24]. Im Folgenden werden die Modelle kurz erläutert.

VDI-Richtlinie 3780

In der VDI-Richtlinie 3780 spiegelt sich das Bestreben wieder, auch nicht-technische Komponenten wie Entstehungsbedingungen und Nutzungsfolgen als Teile der Technik und ihrer Genese [18], somit als grundlegende Reflexionsund Gestaltungsbestandteile einer technischen Anwendung zu berücksichtigen [24]. Die VDI-Richtlinie 3780 umfasst dabei die Wertebereiche Funktionsfähigkeit. Wirtschaftlichkeit, Wohlstand, Sicherheit. Gesundheit. Umweltqualität, Persönlichkeitsentfaltung und Gesellschaftsqualität. Diese sind wiederum für sich spezifisch untergliedert und spannen einen grundlegenden Orientierungsrahmen auf [18]. In ihrer Konzeption bezieht sich die VDI-Richtlinie 3780 nicht auf spezifische Anwendungsfelder, sondern begutachtet Technik im Allgemeinen [24]. Sie impliziert hierbei keine für die Technikgestaltung unmittelbar Methodik. Sie ermöglicht ein grundsätzliches Identifizieren von Problemfeldern, welche Verbindung mit einer technischen Anwendung stehen können, und dient als erster Orientierungsrahmen [24].

Sentha (Seniorengerechte Technik im häuslichen Alltag)

Mit sentha erfolgt der Einbezug einer Methodik der Technikgestaltung, die sich an den spezifischen Bedürfnissen und Wünschen bestimmter Nutzergruppen orientiert [20]. Sentha schult den Blick auf die Entwicklung spezifisch ausgelegter Produktkonzeptionen – nicht auf die Entwicklung der Produkte. Es ist entlang einer Triade (normative, strategische und operative Ebene) aufgebaut.

Die normative Ebene adressiert grundlegende Anforderungen und generiert aus einer

⁸ Der Einbezug der ausgewählten Modelle und Methoden entstand primär aus der Perspektive des GlycoRec-Projektes und ist, ebenso wie die Anordnung der Reihenfolge ihres Einbezugs, eher als hypothetischer Vorschlag als eine kategorische Setzung zu verstehen.

Gegenüberstellung von Produktaufgaben und -zielen einen Maßstab zur Bewertung der konzeptionellen Idee einer technischen Anwendung hinsichtlich seiner angedachten Aufgaben. Ihre dimensionale Untergliederung liegt einerseits in der Salutogenese (der Orientierung an Stärken, Bedürfnissen und Wünschen der potentiell Nutzenden) und andererseits in der Fokusgruppenspezifik (der Orientierung an den Bedürfnissen der Nutzergruppen). Die Aufgabe der strategischen Ebene liegt darin, die normativen Ziele in strategische zu übersetzen und die dafür geeigneten Mittel zu identifizieren. Die Untergliederung folgt einerseits der Bedeutung Selbstlernens (der Konkretisierung möglicher Flexibilitätsanforderungen Sicherstellung Lernfähigkeit der einer Anwendung), andererseits der Ermittlung des Synergiepotentials (der bestmöglichen Ergänzung einzelner Anwendungskomponenten im Dienst ihrer wechselseitigen funktionalen Stärkung). Auf der operativen Ebene werden die spezifischen Anforderungen reflektiert. Hier geht es um die konkrete Art und Weise der Ausgestaltung und um "operative Leitlinien, mit denen sich die strategischen und normativen Ziele verwirklichen lassen" [19, S. 118]. Die operative Ebene fächert sich in die Aspekte Partizipation, Kooperation und Empathie auf [19]. Diese bilden die operativen Zielwerte in der Konzeption des soziotechnischen Gefüges. Die Methodik von sentha wurde für die Berücksichtigung spezifischer Bedürfnisse von älteren Nutzergruppen entworfen, ist aber mit entsprechender "Operationalisierung [...] im jeweiligen konkreten Anwendungsfall" [24, S. 303] für Konzeptionsentwicklungen von sämtlichen fokusgruppenspezifischen Produktund Dienstleistungskonzeptionen nutzbar [19, 24].

MAST (Model for Assessment of Telemedicine Applications)

Das MAST-Modell bewertet telemedizinische Applikationen und wird als "multidisciplinary process that summarizes and evaluates information about the medical, social, economic and ethical issues related to the use of telemedicine in a systematic, unbiased, robust manner" [21, S. 16] beschrieben. Das Vorgehen bei MAST besteht dabei in einem Dreischritt aus vorausgehenden Betrachtungen, einer multidisziplinären Bewertung und einer Bewertung der Übertragbarkeitsfähigkeit von Ergebnissen.

Die vorausgehenden Betrachtungen reflektieren die Relevanz und Notwendigkeit einer technischen Anwendung. Krankheitssituation der Patientengruppen, der mögliche Nutzen der Technikanwendung und der Vergleich zu anderen, üblichen Versorgungsmethoden werden in dieser Phase thematisiert. Das wesentliche Ziel liegt vor allem in der Identifikation von möglichen Problemen und Hindernissen. Die gesetzlichen Anforderungen und der Entwicklungsgrad der technischen Anwendung [21] werden entsprechend begutachtet. Im zweiten Schritt erfolgt die konkrete Bewertung der technischen Anwendung anhand der sieben Bereiche: 1) Gesundheitsproblem und Beschreibung der Gebrauchseigenschaften, 2) Sicherheit, 3) klinische Effizienz, 4) Patientenperspektive(n), 5) ökonomische Aspekte, 6) organisationale Aspekte sowie 7) ethische, legale und soziokulturelle Aspekte. Der dritte und letzte Schritt von MAST überprüft die Übertragbarkeit der Ergebnisse von Schritt zwei, indem verschiedene Anwendungsbeurteilungen skaliert und die Generalisierbarkeit von einzelnen Ergebnissen kritisch geprüft werden [21, 22].

Im gesamten Verlauf legt MAST Wert auf eine interdisziplinär ausgerichtete Technikbewertung. Unterschiedlichste Stakeholderperspektiven (Patienten, Kliniken, Gesundheitsinstitutionen, Gesellschaft) helfen Risiken vor dem Technikeinsatz zu minimieren, den erwartbaren Anwendungsnutzen zu steigern und die Qualität der Versorgung sicherzustellen [21, 22, 24].

MEESTAR (Modell zur ethischen Evaluation sozio-technischer Arrangements)

Das Modell MEESTAR will ein Modell zur ethischen Evaluation sein. Entsprechend gilt es als "Analyseinstrument [...], das die Reflexion über den Technikeinsatz anleitet" [23, S. 13]. Die Vorgehensweise von MEESTAR ergibt sich aus drei einzelnen Schritten, die im Verlauf des konkreten Bewertungsvorgangs miteinander verknüpft werden: Die ethischen Betrachtungsdimensionen (Fürsorge, Selbstbestimmung bzw. Autonomie, Sicherheit, Privatheit, Gerechtigkeit, Teilhabe Selbstverständnis) werden unter Einbezug einer jeweiligen Beobachtungsperspektive (individuell, organisational, gesellschaftlich) einer bestimmten Stufe der ethischen Bewertung (Stufe I: ethisch unbedenklich, Stufe II: ethisch sensibel, Stufe III: ethisch

äußerst sensibel, Stufe IV: ethisch abzulehnen) zugeordnet [23, 24].

Bezogen werden die entsprechenden ethischen Evaluierungen immer auf Einzelfälle, also immer auf ein bestimmtes sozio-technisches Arrangement, das sich wiederum aufgliedert in "eine konkrete Person mit ihrem konkreten sozialem Umfeld (...) [mit einem] konkreten Assistenzbedarf, der durch eine Verbindung von personalem und technischem Arrangement geleistet werden soll" [23, S. 13]. Gekennzeichnet sind diese konkreten Betrachtungen und die daraus resultierenden Urteile vor allem durch die perspektivische Abhängigkeit (z. B. Nutzer vs. Entwickler) [23]. Um trotzdem ein möglichst großes Spektrum an Stakeholdern berücksichtigen zu können, nutzt MEESTAR die verschiedenen Ebenen des Individuellen, Organisationalen und Gesellschaftlichen [23,24].

"MEESTAR liefert keine Bewertungen, die allgemeine zeitlose Gültigkeit beanspruchen können. Es ist vielmehr ein Instrument, mit dem jederzeit aktuelle ethische Verortungen

organisationale Entitâten (Unternehmen, Institutionen)

Entitât 4

Entitât 5

Entitât 2

Entitât 3

Entitât 1

Entitât 1

Entitât 1

Entitât 2

Entitât 2

und Klärungen vorgenommen werden können, um sich über ethische Bedenklichkeiten bzw. Unbedenklichkeiten für konkrete Anwendungen altersgerechter Assistenzsysteme zu verständigen." [24, S. 21]

Nach der Darstellung der grundlegenden konzeptionellen Annahmen und einer ersten Einführung der gewählten Modelle von Technikbewertung und -gestaltung soll nun anschließend deren Einbettung in die E(L) SA-Begleitforschung bei GlycoRec aufgezeigt werden.

3. Konkretisierung des Vorgehens

Bei GlycoRec erwies es sich zunächst als hilfreich, Schemata der Beziehungsnetzwerke relevanter Entitäten des Gefüges zu erstellen. So genannte triadische Beziehungsgefüge (Beziehungsdreiecke) zeigen die Interaktionsbeziehungen an. Abbildung 3 veranschaulicht eine solche Schematisierung der Beziehungsnetzwerke.

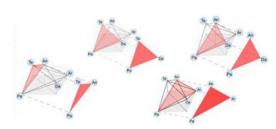


Abbildung 3 (a, b): Netzwerk-Schema möglicher Beziehungen von Gefüge-Entitäten (links Abb.3a) und dessen Operationalisierung über triadische Beziehungsgefüge im Zuge von GlycoRec (rechts Abb. 3b)⁹ [eigene Darstellung].

Die Darstellung triadischer Beziehungsgefüge, wie oben dargestellt, weist den Vorteil auf, dass Beziehungsnetzwerke zwischen zwei Entitäten (Elementen des Systemgefüges) im Kontext eines Dritten betrachtet werden können. Dadurch eröffnet sich die Möglichkeit, ein gewisses Abstraktionsniveau beizubehalten konkrete, anwendungsorientierte Fragestellungen zu Beziehungsstrukturen und deren Bedingungen zu analysieren. Darauf aufbauend können interaktive Schwerpunkte gekennzeichnet werden, welche einem vorher gewählten Leitbild folgen.10 Im Rahmen von GlycoRec wurden vier Kriterien definiert (siehe Abbildung 4).

- Ein höchstmögliches Maß an Compliance der Nutzenden zielt darauf, dass die Technik gemäß ihrer funktionalen Intentionen als hilfreiches Werkzeug zur Erreichung der individuellen Nutzungsziele verstanden und eingesetzt werden kann.
- Unter dem Begriff der Zugänglichkeit wird die Technik als Maschine und als Werkzeug betrachtet. Die Technik ist in den Interaktionsdreiecken so zu gestalten, dass der Nutzer Zugang zu den Applikationen finden kann und bei möglichen Schwierigkeiten durch die Technik selbst Unterstützung angeboten wird.

⁹ Für GlycoRec wurden folgende relevante Entitäten identifiziert: Patient/Nutzer (Pa), Arzt (Ar), Technik (Te), Daten (Da) und Systemanbieter (An).

¹⁰ Im Fall von GlycoRec wurde ein solches Leitbild beispielsweise in einer Förderung von Akzeptanz auf Seiten der Stakeholder, besonders der möglichen Nutzer gesehen.

- Die allgemeine Interaktions- und Systemfunktionalität in den Mensch-Technik-Gefügen garantiert die zweckorientierten Informationsflüsse in den Beziehungsnetzwerken und ist mit den zentralen charakterlichen Eigenschaften einer technischen Anwendung verbunden.
- Eine partizipative Reflexion der möglichen Folgen beim Einsatz des sozio-technischen Gefüges betrachtet die direkte Umwelt des Anwendungsbereiches und die gesellschaftlichen Konsequenzen, die durch den Einsatz der Technik entstehen würden.



Abbildung 4: Schematisierung der definierten Kriterien und Ansatzpunkte der Akzeptanzbeförderung im Zuge von GlycoRec (eigene Darstellung).

Nun lassen sich spezifische Kontexte ableiten, welche die technischen Anwendungen reflexiv bewerten können. Die entsprechenden Betrachtungsperspektiven müssen hierbei durch konzeptionelle, pragmatische und reflexive Orientierung geprägt sein. Dadurch

können nicht nur die Wechselwirkungen in den Beziehungsgeflechten herausgearbeitet, sondern diese zugleich als konstruktive Elemente der Technikgestaltung nutzbar gemacht werden (siehe Abbildung 5).

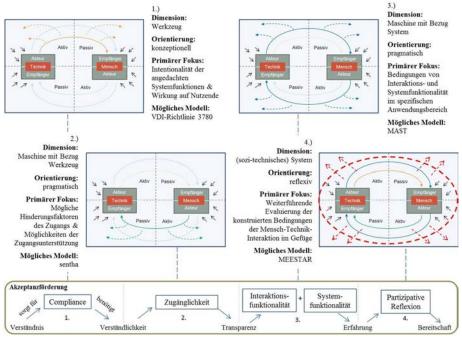


Abbildung 5: Schematische Verallgemeinerung der Vorgehensweise (eigene Darstellung).

Wie in Abbildung 5 zu sehen, wurden bei GlycoRec vier Betrachtungsphasen beziehungsweise vier kontextuelle Betrachtungsperspektiven eröffnet. Jede dieser Betrachtungsphasen und -perspektiven weist einen kontextuellen Schwerpunkt auf und berücksichtigt im Rahmen seiner jeweiligen operationalen Orientierung ein spezifisches Modell der Technikbewertung. Gleichzeitig ist mit jedem Kontext ein bestimmtes Kriterium der Akzeptanzbeförderung assoziiert, durch welches das abstrakt gefasste Leitbild umsetzbar wird. Die spezifischen Betrachtungsphasen, ihre jeweiligen Kontexte, die mit ihnen assoziierten Perspektiven sowie die Art und Weise des Einbezugs der jeweiligen Modelle der Technikbewertung sollen nachfolgend erläutert werden.

Der erste Betrachtungskontext richtet sich an den Intentionen der technischen Anwendung aus. Das Ziel dieser Phase liegt vor allem darin, die möglichen Auswirkungen des Technikeinsatzes auf das Nutzerverhalten zu evaluieren. Die VDI-Richtlinie 3780 wurde als geeignetes Modell angesehen, um die Spannungsfelder zwischen einzelnen Funktionen und den funktionalen Intentionen von GlycoRec aufzuzeigen. Aus einer Meta-Analyse der anwendungsspezifischen Auseinandersetzung mit den durch die Richtlinie gegebenen und für GlycoRec relevanten Wertebereichen können konkrete Spannungsfelder definiert werden:

Information – Kommunikation

Das Spannungsfeld Information – Kommunikation betont mit dem Aspekt der Information mögliche technische (z.B. Ausfall einzelner Sensoren) oder menschliche (z.B. fehlerhafte Dateneingabe) Risiken, die hinsichtlich der Datensammlung auftreten können. Mit dem Aspekt Kommunikation kommen Anforderungen zur Sprache, die die Qualität von Empfehlungen (z.B. Sprachgebrauch des technischen Geräts) und von Eingaben (z.B. Sprachgebrauch des Nutzers) berücksichtigen.

• Rationalität – Emotionalität

Das adaptive Lernen im sozio-technischen Gefüge bedarf einer Ausgewogenheit zwischen rationalen Anforderungen beim Einsatz der Technik und dem subjektiven Empfinden des Patienten. Beispielsweise sollten Empfehlungen an den Patienten so gegeben werden, dass diese nicht zu negativen Empfindungen (z.B. Bevormundungs- und Zwangsempfindungen) führen. Gleichzeitig sollten sie sachlich richtig und klar verständlich sein.

Technik – Organisation

Das adaptive Lernen des Systems ist eingebettet in die sozialen Lebenswelten der Nutzer. Das Gewicht lag darauf, wie das adaptive Lernen seitens der Technik so gestaltet werden kann, dass potentielle Behinderungen oder Störungen der alltäglichen Nutzer-Lebenswelt vermindert werden können. Es können konkrete Vorschläge erarbeitet werden, wie dem zu begegnen ist. Beispielsweise wurde mehrfach der Schwellenwert getestet, ab wann das Gerät eine Empfehlung sichtbar machen soll.

Der zweite Schritt behandelt die maschinelle Betrachtungsdimension von GlycoRec. Die Überprüfung der Nutzer-Zugänglichkeit zur Technik deckte sowohl die hindernden als auch die unterstützenden Faktoren auf. Nutzer sind in diesem Schritt aktive Partizipanten, die den technischen Entitäten des systemischen Gefüges Informationen liefern. Durch den Einbezug des Modells sentha [22] können die Faktoren der Zugänglichkeit identifiziert und gemäß eines eigenen Produktkonzeptes pragmatisch gestaltet werden. Hindernde Faktoren (z.B. zu hohe Komplexität der Applikation durch Multifunktionalität oder Unübersichtlichkeit Interfacedesigns) des werden behoben. Handlungsleitend bleibt die Überlegung: Einerseits den bestmöglichen Zugang auf unterschiedlichen Levels von Umgangskompetenzen zu ermöglichen und andererseits die Einfachheit der funktionalen Elemente zu garantieren. Konkrete Umsetzung findet dies exemplarisch durch verschiedene, je nach eigenem Kompetenzempfinden wählbare Systemversionen mit unterschiedlicher Komplexität und Quantität an Funktionen. Ein anderes Beispiel wäre die Bereitstellung einer analogen Bedienungsanleitung und eines interaktiven Tutorials.

Der dritte Schritt verbleibt auf der maschinellen Anwendungsdimension. Die Interaktionsund Systemfunktionalität der technischen Anwendung wird hier verhandelt. Technische und menschliche Systementitäten sind aktive und passive Faktoren. Der Einbezug des Modells MAST erweist sich durch seine Betonung der Gebrauchseffektivität und Qualitätssteigerung als hilfreich. Beim GlycoRec-Projekt wurde so offenkundig, dass sich die Gebrauchseffektivität technischen Anwendung in unterschiedliche Bereiche ausdifferenzierte: Die Interaktionsfunktionalität hatte assistierenden Charakter und konnte dem Ambient Assisted Living (AAL) zugeordnet werden,

allgemeine Systemfunktionalität wies hingegen Merkmale telemedizinischer Anwendungen auf. GlycoRec wurde ursprünglich als digitale telemedizinische Anwendung gesehen. Dieser Schritt half das Gesamtprojekt in einen stärker assistenzorientierten Zusammenhang zu stellen.

Der letzte Schritt widmet sich einer Evaluation der Mensch-Technik-Interaktionen und ihrer institutionellen sowie gesellschaftlichen Auswirkungen. Potentielle Nutzungserfahrungen, beispielsweise Rahmen von Testphasen sind hierbei nach Möglichkeit partizipativ einzubinden. Ohne methodische Veränderungen kann auf das Modell MEESTAR zurückgegriffen werden. Mögliche Fragen lauten beispielsweise, ob die Anwendungsnutzung tatsächlich zu einem Kompetenzanstieg im Umgang mit der Diabetes-Erkrankung einhergeht oder ob Selbstbestimmung und Autonomie durch technisch bedingten Paternalismus gemindert werden oder ob die umfangreich generierte Datenbasis zu Mitteln institutioneller Diskriminierung führen kann. Eine endgültige Evaluierung kann jedoch erst nach einer einschlägigen Patientenstudie erfolgen.

4. Fazit

Durch die umfangreiche Beteiligung der reflexiven Technikbewertung im gesamten Entwicklungsprozess einer technischen Innovation und durch die gleichzeitige Auseinandersetzung mit den ethischen und sozialen Aspekten im sozio-technischen Gefüge kann eine Vielzahl an bestehenden gesellschaftlichen Normen hinsichtlich Anwendung technischer Elemente berücksichtigt und in den Gestaltungsprozess eingebracht werden. In diesem Sinne ergänzen die Modelle der Technikbewertung und der E(L)SA-Begleitforschung. methodische Vorgehensweise, die bestrebt ist, sich nicht nur auf ein Modell zu fokussieren, versucht, einen vorhandenen Bestand an Möglichkeiten zu verarbeiten, kann dabei für sich beanspruchen, Technik in verschiedenen Anwendungskontexten und -dimensionen, aus verschiedenen Perspektiven unterschiedlichen Schwerpunkten zu evaluieren. Die gestiegene Komplexität von Problemstellungen, die mit der Entwicklung, Integration und Anwendung von technischen Innovationen verbunden ist, fordert geradezu, die Modelle miteinander zu verknüpfen.

Erklärung zu möglichen Interessenskonflikten:

Die Autoren erklären, dass in Zusammenhang mit der vorliegenden Arbeit keinerlei Interessenkonflikt besteht.

5. Literatur

- Ropohl, Günter (2009): Allgemeine Technologie. Eine Systemtheorie der Technik. 3., überarbeitete Auflage. Karlsruhe: Universitätsverlag Karlsruhe.
- [2] Erlach, Klaus (2000): Das Technotop. Die technologische Konstruktion der Wirklichkeit. Münster: Lit Verlag (Technikphilosophie, Band 2).
- [3] Halfmann, Jost (Hg.) (1998): Technische Zivilisation. Zur Aktualität der Technikreflexion in der gesellschaftlichen Selbstbeschreibung. Opladen: Leske + Budrich.
- [4] Rammert, Werner (2009): Die Macht der Datenmacher in der fragmentierten Wissensgesellschaft. In: Sandro Gaycken und Constanze Kurz (Hg.): 1984.exe. Gesellschaftliche, politische und juristische Aspekte moderner Überwachungstechnologien. 2., unveränderte

- Auflage. Bielefeld: transcript Verlag (Science Studies), S. 181–193.
- [5] Brödner, Peter (2008): Das Elend computergestützter Organisation. In: Dorina Gumm, Monique Janneck, Roman Langer und Edouard J. Simon (Hg.): Mensch, Technik, Ärger? Zur Beherrschbarkeit soziotechnischer Dynamik aus transdisziplinärer Sicht. Berlin: Lit Verlag (Arbeitsgestaltung, Technikbewertung, Zukunft, Band 19), S. 39–60.
- [6] Grunwald, Armin (2002): Technikfolgenabschätzung Eine Einführung. Berlin: Edition Sigma (Gesellschaft Technik Umwelt, Neue Folge 1).
- [7] Fiedeler, Ulrich; Nentwich, Michael (2009): Begleitforschung. Zur Klärung eines politischen Begriffs. In: TATuP (Technikfolgenabschätzung Theorie und Praxis) [Zeitschrift des Instituts für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse ITAS] 18 (2), S. 94–102.

- [8] Halfmann, Jost (1998): Von der Perfektion zur Imperfektion der Technik – Die Beschreibung moderner Gesellschaft als "technische Zivilisation". In: Jost Halfmann (Hg.): Technische Zivilisation. Zur Aktualität der Technikreflexion in der gesellschaftlichen Selbstbeschreibung. Opladen: Leske + Budrich, S. 105–123.
- [9] Ellul, Jacques (1964): The Technological Society. A penetrating analysis of our technical civilization and of the effect of an increasingly standardized culture on the future of man. New York: Vintage Books (Vintage books, V-390. Sociology & political science).
- [10] Hülsken-Giesler, Manfred (2007): Pflege und Technik – Annäherung an ein spannungsreiches Verhältnis. Zum gegenwärtigen Stand der internationalen Diskussion. 2. Teil. In: Pflege 20 (3), S. 164–169.
- [11] Rammert, Werner (1993): Materiell Immateriell Medial Die verschlungenen Bande zwischen Technik und Alltagsleben. In: Werner Rammert (Hg.): Technik aus soziologischer Perspektive. Band 1: Forschungsstand, Theorieansätze, Fallbeispiele Ein Überblick. Opladen: Westdeutscher Verlag, S. 291–308
- [12] Finck, Matthias: Janneck, Monique (2008): Das Unvorhergesehene steuern? Zum Umgang mit der komplexen Dynamik in Technologieaneignungsprozessen. In: Gumm, Monique Janneck, Roman Langer und Edouard J. Simon (Hg.): Mensch, Technik, Ärger? Zur Beherrschbarkeit soziotechnischer Dynamik aus transdisziplinärer Sicht. Berlin: Lit Verlag (Arbeitsgestaltung, Technikbewertung, Zukunft, Band 19), S. 85-101.
- [13] Latour, Bruno (2007): Eine neue Soziologie für eine neue Gesellschaft. Einführung in die Akteur-Netzwerk-Theorie (aus dem Englischen von Gustav Rossler). 1. Auflage. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- [14] Rammert, Werner (2004): Technik als verteilte Aktion – Wie technisches Wirken als Agentur in hybriden Aktionszusammenhängen gedeutet werden kann. In: Klaus Kornwachs (Hg.): Technik - System - Verantwortung. Münster: Lit Verlag (Technikphilosophie, Band 10), S. 219–231.
- [15] Karafyllis, Nicole Christine (2000): Nachwachsende Rohstoffe. Technikbewertung zwischen den Leitbildern Wachstum und Nachhaltigkeit. Opladen: Leske und Budrich (Soziologie und Ökologie, Band 5).
- [16] Karafyllis, Nicole Christine (2004): Zum

- Systemverständnis von Leitbildern in der Technikentwicklung und -gestaltung. In: Klaus Kornwachs (Hg.): Technik System Verantwortung. Münster: Lit Verlag (Technikphilosophie, Band 10), S. 485–498.
- [17] Gottschalk-Mazouz, Niels (2014): Werkzeug, Maschine, System Bemerkungen zu "biometrischen Bildern" und biometrischer Überwachung aus technikphilosophischer Sicht. In: Ulrich Richtmeyer (Hg.): PhantomGesichter. Zur Sicherheit und Unsicherheit im biometrischen Überwachungsbild. Paderborn: Wilhelm Fink (Schriften des Internationalen Kollegs für Kulturtechnikforschung und Medienphilosophie, Band 18), S. 73–84.
- [18] Verband Deutscher Ingenieure (VDI) (1991): VDI-Richtlinie 3780. Technikbewertung – Begriffe und Grundlagen. Düsseldorf.
- [19] Dienel, Hans-Liudger; Peine, Alexander; Blanckenburg, Christine von; Cameron, Heather (2007): Die sentha-Methode für die Konzeption seniorengerechter Produkte. In: Wolfgang Friesdorf, Achim Heine und Doris Mayer (Hg.): sentha, seniorengerechte Technik im häuslichen Alltag. Ein Forschungsbericht mit integriertem Roman. Berlin, New York: Springer, S. 115–139.
- [20] Dienel, Hans-Liudger (2007): Einführung. In: Wolfgang Friesdorf, Achim Heine und Doris Mayer (Hg.): sentha, seniorengerechte Technik im häuslichen Alltag. Ein Forschungsbericht mit integriertem Roman. Berlin, New York: Springer, S. 9–23.
- [21] Kidholm, Kristian; Granstrøm Ekeland, Anne; Bowes, Alison; Flottorp, Signe Agnes; Duedal Pedersen; Claus et al. (2010): MethoTelemed – Final Study Report (Version 2/July 2010). Hg. v. MedCom & Norwegian Centre for Integrated Care and Telemedicine, In association with University of Stirling & Norwegian Knowledge Centre for the Health Services. Online verfügbar unter http://www.mast-model.info/ Downloads/MethoTelemed_final_report_v2_11.pdf, zuletzt geprüft am 25.10.2017.
- [22] Kidholm, Kristian; Granstrøm Ekeland, Anne; Kvistgaard Jensen, Lise; Duedal Pedersen; Bowes, Alison; Flottorp, Signe Agnes; Bech, Mickael (2012): A Model for Assessment of Telemedicine Applications: MAST. In: International Journal of Technology Assessment in Health Care 28 (1), S. 44–51.
- [23] Manzeschke, Arne; Weber, Karsten; Rother, Elisabeth; Fangerau, Heiner (2013): Ethische Fragen im Bereich Altersgerechter Assistenzsysteme. Berlin.

[24] Weber, Karsten; Wackerbarth, Alena (2015): Partizipative Technikgestaltung altersgerechter Assistenzsysteme als Verfahren der angewandten Ethik. In: Matthias Maring (Hg.): Vom Praktisch-Werden der Ethik in interdisziplinärer Sicht. Ansätze und Beispiele der Institutionalisierung, Konkretisierung und Implementierung der Ethik. Karlsruhe, Baden: KIT Scientific Publishing (Schriftenreihe des Zentrums für Technik- und Wirtschaftsethik an der Universität Karlsruhe (TH). Hrsg. von Matthias Maring, 7), S. 299–314.

6. Abbildungen

[Abb. 1] A. Sonar: Schematisierung des Verständnisses eines sozio-technischen Gefüges (eigene Darstellung). Unveröffentlicht, S. 4, 2017.

- [Abb. 2] A. Sonar: Schematisierung der methodischen Vorüberlegungen (eigene Darstellung). Unveröffentlicht, S. 6, 2017.
- [Abb. 3a,b]A. Sonar: Netzwerk-Schemata möglicher Beziehungen von Gefüge-Entitäten und dessen beispielhafte Operationalisierung über triadische Beziehungsgefüge im Zuge von GlycoRec (eigene Darstellung). Unveröffentlicht, S. 7, 2016.
- [Abb. 4] A. Sonar: Schematisierung der definierten Kriterien und Ansatzpunkte der Akzeptanzbeförderung (eigene Darstellung). Unveröffentlicht, S. 8, 2017.
- [Abb. 5] A. Sonar: Schematische Verallgemeinerung der angestrebten Vorgehensweise (eigene Darstellung). Unveröffentlicht, S. 9, 2017.

Danksagung

Die Autoren danken dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) der Bundesrepublik Deutschland für die Förderung im Rahmen des Verbundprojekts "GlycoRec" (FKZ: 16SV7175).



Arne Sonar, M.A.

Arne Sonar (M.A.) studierte "Kulturund Technik" mit dem Schwerpunkt Technik- und Technologieentwicklung im öffentlichen Diskurs an der Brandenburgischen Technischen Universität (BTU) Cottbus-Senftenberg. Seit 2015 ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Nachhaltigkeit in Technik und Wirtschaft der Ostbayerischen Technischen Hochschule (OTH) Amberg-Weiden und arbeitet im Forschungsprojekt GlycoRec. Schwerpunktmäßig beschäftigt er sich hierbei insbesondere mit der ELSA-Begleitforschung zu GlycoRec.

Arne Sonar (M.A.) studied "Culture and Technology" at the Brandenburg University of Technology Cottbus-Senftenberg with an main focus on technology development in the public discourse. Since 2015 he is scientific employee at the Institute for Sustainability in Technology and Economics at the Technical University of Applied Sciences Amberg-Weiden. On this occasion he is working in the research project GlycoRec and deals mainly with the accompanying ELSI-research.

Kontakt / Contact

☑ a.sonar@oth-aw.de



Dr. Bernhard Bleyer

Dr. Bernhard Bleyer leitet das Institut für Nachhaltigkeit in Technik und Wirtschaft an der Ostbayerischen Technischen Hochschule Amberg-Weiden. Neben dem Arbeitsschwerpunkt Theorie und Praxis nachhaltiger Unternehmensführung werden dort Projekte zur ethischen Technikbewertung angewandter Forschung durchgeführt. GlycoRec ist eines dieser Projekte

Dr. Bernhard Bleyer is the head of the Institute for Sustainability in Technology and Economics at the Technical University of Applied Sciences Amberg-Weiden. In addition to the focus on the theory and practice of sustainable corporate governance, projects are being carried out there for ethical technology assessment of applied research. GlycoRec is one of these projects.

Kontakt / Contact

☑ b.bleyer@oth-aw.de



Prof. Dr.-Ing. Dominikus Heckmann

Prof. Dr.-Ing. Dominikus Heckmann studierte Informatik an der Universität des Saarlandes sowie Künstliche Intelligenz an der University of Edinburgh. Von 2001 bis 2005 war er Mitglied und Stipendiat im Europäischen Graduiertenkolleg "Sprachtechnologie und kognitive Systeme" (Universität des Saarlandes und School of Informatics, University of Edinburgh), das er mit der Promotion abschloss. Seit 2008 ist er stellvertretender Sprecher der Fachgruppe "Adaptivität und Benutzermodellierung in interaktiven Softwaresystemen" der Gesellschaft für Informatik und seit 2013 an der Fakultät Elektro- und Informationstechnik der OTH Amberg-Weiden im Lehrgebiet "Mensch-Computer-Interaktion" tätig.

Prof. Dr.-Ing. Dominikus Heckmann studied informatics at the Saarland University and artificial intelligence at the University of Edinburgh. From 2001 to 2005 he was member and received a stipend of the International Post-Graduate College of Language Technology and Cognitive Systems (Saarland University and School of Informatics, University of Edinburgh) which he finished with the PhD. Since 2008 he is deputy speaker at the Association for Informatics for Adaptation and User Modelling of Interactive Software Systems and since 2013 he is working at the Faculty for Electrical Engineering and Information Technology of the Technical University of Applied Sciences Amberg-Weiden in the teaching area of human computer interaction.

Kontakt / Contact

☑ d.heckmann@oth-aw.de



Augmented Reality for Digital Geo-Based Participation to Integrate Citizens in Municipality Planning Processes

Roland Zink*

Martin Steininger*

ABSTRACT

The effective participation of citizens is regarded as an essential aspect when social friction in spatial and regional planning is to be avoided. However, in which form participation should be enabled is often controversial and is currently undergoing a significant change as communication and spatial planning become increasingly digitized. Motivated by this social and economic relevance, this paper presents the development of the digital application PUBinPLAN which aims at rendering spatial planning processes more transparent and interactive. In order to meet this challenge, the approach combines the methods of Public Participation GIS, Crowdsourcing and Augmented Reality. As a browser solution (HTML5, CSS, JavaScript, CakePHP), an application is created for both desktop and mobile use. In addition to the conceptual description of PUBinPLAN, this publication focuses on the Augmented Reality application which is developed as a hybrid app. In combination with Wikitude SDK the cross-platform Cordova is used as a development framework. First results show a 3D park bench from Trimble SketchUP 3D Warehouse visualized via Mobile Monitor Augmented Reality.

Eine wirksame Bürgerbeteiligung gilt heute als wesentlicher Baustein, um gesellschaftliche Friktionen bei der Raum- und Regionalplanung zu vermeiden. Die Form der Partizipation ist jedoch oftmals umstritten und unterliegt aufgrund der Digitalisierung von sowohl Kommunikationsweisen als auch von Raumplanungsprozessen aktuell einem starken Wandel. Motiviert durch die hohe gesellschaftliche und wirtschaftliche Relevanz von Beteiligung beschreibt der Beitrag die Entwicklung der digitalen Anwendung PUBinPLAN, mit der sich räumliche Planungsprozesse transparenter und interaktiver gestalten lassen. Um diesem Anspruch gerecht zu werden, kombiniert PUBinPLAN Methoden des Public Participation GIS mit Crowdsourcing und Augmented Reality. Umgesetzt als Browserlösung (HTML5, CSS, JavaScript, CakePHP) entsteht eine Anwendung, die sowohl für den Desktop- als auch für den mobilen Einsatz geeignet ist. In Ergänzung zur konzeptionellen Beschreibung von PUBinPLAN fokussiert die vorliegende Veröffentlichung auf die Augmented-Reality-Applikation, welche als hybride Applikation entwickelt wird. In Kombination mit Wikitude SDK wird die Crossplattform Cordova als Entwicklungsumgebung verwendet. Erste Ergebnisse zeigen eine 3D-Parkbank aus der Trimble SketchUP 3D Warehouse-Datenbank, die über Mobile Monitor Augmented Reality visualisiert wird.

^{*}Technische Hochschule Deggendorf, Technologiecampus Freyung.

KEYWORDS

Augmented Reality, cross-platform Apache Cordova, Wikitude, citizen participation, crowdsourcing

Augmentierte Realität, Cross-Plattform Apache Cordova, Wikitude, Bürgerbeteiligung, Crowdsourcing

Gefördert von:

occănosov una





1. Introduction

Social frictions in numerous large-scale infrastructure projects show that citizen participation in regional and spatial planning processes has become a central challenge. Examples cited in Germany are Stuttgart 21 [1] or Munich's and Hamburg's applications to host Olympic Games [2], which were all embedded in the context of urban development. Citizens want to participate in the shaping of their living environment and articulate and discuss their concerns. At the same time, the digital transformation of our society and everyday life is the reason why such discussions often take place in social networks or in online forums. The increasing number of online petitions and the increasing politicization of social media are an expression of this development [3]. Rinne and Zimmermann [4] conclude from the extensive digital penetration that social and economic participation is hardly conceivable without digital participation in the future. It is therefore necessary to rethink citizens' participation in order to support and improve traditional structures and processes of both spatial planning, respectively sustainable regional development and participation through digitization.

Although many citizens already make extensive use of social media and digital forms of communication, and despite the fact that digital transformation increases the quantity and range of communication, the digitization of participatory processes in spatial planning, especially in municipality scale or in rural areas, is still in very early stages of development. Because of their spatial dimension, Geographic Information Systems (GIS) offer innovative approaches to integrate citizens in planning processes. Public Participation GIS ([5] according to [6]; [7]), Volunteered Geographic Information (VGI) [8, 9] or digital geomedia [10] are relevant keywords. With the help of these techniques, citizens have the possibility to collaborate and participate at all levels, from information to involvement to co-decision, and over the entire duration of the project. There is always a risk of having complex and time-intensive planning done for nothing if it is not possible to implement a comprehensive participation of citizens including traditional and digital forms of communication.

The present article provides an insight into the project PUBinPLAN, which was funded by the German Federal Ministry of Education and Research (BMBF). It displays both the potential for digital innovation in citizens' participation and the PUBinPLAN approach with a focus on the Augmented Reality application. After a brief introduction on current approaches to the digitization of participatory processes, digital geomedia and AR technology, the idea of PUBinPLAN and the approach to integrate the AR technology into the concept are explained. Subsequently, the AR development using the Wikitude SDK and the cross-platform Cordova is described, and the differences between native app development and Cordova are discussed.

The conclusion section summarizes the experiences in development work and provides an outlook on the use of AR in participatory spatial planning processes.

2. State of the art

2.1 Citizen participation, smart cities and (geo-based) digital media

The development of the internet from a pure platform for retrieving information (Web 1.0) to an interactive medium with bi-directional data and information flows (Web 2.0) [11] not only changes the way web services are handled, but also leads to a successive integration into everyday life. The Web 2.0 focuses on users and provides them with the opportunity to create and present their own content (user-generated content). Users become prosumers by providing their own information and opinions or by sharing data about their behavior (i.e. GPS tracker or smart activity tracker) and environment (i.e. traffic information). According to Hanrath and Leggewie [12], the use of interactive Web 2.0 services even helps to create new forms of political culture and to strengthen the prepolitical space by challenging the dichotomies public versus private, institutional versus civil society, and professional politics versus grass root initiatives (p. 159f).

By integrating further sensors and using comprehensive network technology, digitization is marked by smart cities in a spatial urban context. Although the smart city vision has been extensively described from a conceptual perspective [13], the term is losing conceptual power through its current inflationary use. The term smart city unites all areas in which information and communication technologies are used to improve urban cohabitation, to make cities more efficient and sustainable and to enable a better quality of life. Examples for this are smart governance, smart mobility, smart environment or smart user [14]. This paper focuses on the increasing digital communication between authorities and citizens as well as on the increasing digitization of spatial and urban planning processes. In this context, digital transformation should provide citizens with more opportunities to play an active part in shaping their environment in accordance with the demands of the urban community [15]. Westholm ([16], p. 127) assigns digital participation as an important part to the concept of e-democracy and points out the importance of embedding digital forms of participation in the context of the planning process in order to justify the use.

In recent years, various online tools like blogs, votings or forums have been enriching communication between government, decision makers and citizens. Also participation platforms with a focus on spatial planning or urban and regional development have been developed and were scientifically and practically tested [17-19]. The platforms "Frankfurt gestalten" (Open Knowledge Foundation Deutschland e.V.; [20]), "Sag's doch" (Stadt Friedrichshafen; [21] or "Meldemax"³ (Where Group GmbH & Co.KG; [22]) are popular examples in Germany. Mobile devices and smart phones, which allow citizens/ people to participate in municipal information and planning processes on-site and in a flexible time manner, make these applications an important interface between citizens, planning and public space.

2.2 Augmented Reality (AR)

Although several definitions of the term AR exist [23, 24], this paper refers to the following two definitions as they highlight the significance of the spatio-temporal dimension. Accordingly, AR is "a real-time direct or indirect view of a physical real-world environment that has been enhanced/augmented by adding virtual computer-generated information to it" [25]. Graham et al. ([26], p. 465) define AR as "the material/virtual nexus mediated through technology, information and code, and enacted in specific and individualised space/time configurations". That is to say, AR means the enrichment of the environment with digital information which is achieved by using the position and time information of a device, generated by embedded sensors such as GPS, in combination with digital information of the current location such as texts, audio or video data, pictures or 3D models. With the spatiotemporal interactions of physical reality and digital data on one hand and the massive spread of mobile devices on the other hand, new ways of communicating spatial data are emerging.

¹ http://www.frankfurt-gestalten.de/.

² https://sags-doch.de/.

³ https://www.wheregroup.com/de/meldemax.

AR methods can be classified by the tracking technology which is used to identify the position and orientation of the mobile device and the target. A distinction is made between markerbased and marker-less like feature-based and/ or (geo-)location-based AR. Marker-based AR uses unique designed patterns (marker) to identify the position of where the virtual object is displayed. In addition, the marker is also used to recognize the corresponding virtual information. Black and white patterns or quick response codes (QR code) [27] are examples for markers. Marker-less solutions rely on natural feature points which are visible in the environment of the device [28]. Both technologies use visual tracking algorithms. The environment is recorded with the optical camera of the mobile device and the AR application searches for the markers or features in the generated images.

Geolocation-based AR or sensor marker-less tracking [28] uses GNSS receivers (Global Navigation Satellite System) and inertial sensors embedded into the mobile devices to determine both the geographical position (longitude/latitude) and heading, pitch and roll of the device. The use of the Global Positioning System (GPS) is the most common method for geo-positioning. However, GPS often does not provide sufficient location accuracy, so that the digital objects positioned on the screen will jump. The accuracy and the availability of GPS is significantly influenced by shadowing from obstacles in the environment such as trees or buildings and signal reflections. As many outdoor AR applications focus on built-up areas and cities (architecture, spatial planning, city leaders, etc.), this effect is often found. To improve the quality of positioning and facilitate user tracking, Broll [29] points out the use of differential GPS (DGPS) or satellite-based augmentation systems (SBAS).

Using geolocation-based AR enables digitally stored spatial information to be visualized on views of the physical real world, since the digital contents are also georeferenced. Once the AR device is located at the geographic location of a virtual content, this information can be retrieved. As with marker-based AR, various digital media can be added to the physical reality via the screen of the mobile device using the geographical position of the information

(Geodata). Well-known examples are Wikitude World Browser 4 , Layar Reality Browser 5 or Pokemon Go 6 .

Until recently, AR primarily focused on specific applications, i.e. in the medical field, logistics or manufacturing [30, 31]. However, it is increasingly spreading to the everyday life of citizens (i.e. shopping, tourism or gaming). The technical basis for mass application of AR is the combination of high-performance processors, high-resolution cameras, inertial measurement unit (IMU), global satellite positioning services and the internet on mobile devices. In construction industry, architecture, spatial and environmental planning as well as in participatory decision-making processes the potential of AR is also increasingly recognized [32-36]. All of these disciplines work with spatial data. AR can help to visualize draft plans, new buildings or architectural designs so that citizens may get a visual representation of the proportions and the extent of construction and infrastructure projects. In the same way, historic and bygone buildings can be reconstructed and visualized within their surroundings. Thus, with AR technology, these data can be presented to customers as well as to citizens in a graphically vivid and interactive manner. In this way, AR enriches communication and the information process, but also calls on the citizens to make use of new possibilities for getting information and for actively participating in planning and decision making processes.

3. The concept of PUBinPLAN

The aim of the presented application PUBinPLAN (acronym for public in spatial planning supported by information and communication technology) is to involve more citizens in rural and urban information, communication, planning and development processes and to address new target groups who are otherwise not interested in this issue. PUBinPLAN is an interactive WebGIS for both desktop and mobile devices and is based on the concepts of Crowdsourcing and AR. It is specifically designed and customized for the use in rural and urban development and infrastructure projects [37]. Via the crowdsourcing tool, which was developed with HTML5, CSS and JavaScript, planners, architects or the local administration may communicate with the

⁴ https://www.wikitude.com/wikitude-world-browser-augmented-reality/.

⁵ https://www.layar.com/.

⁶ http://www.pokemongo.com/de-de/.

citizens. All of them have the possibility to post georeferenced ideas, comments or notes on an interactive map, using Open Street Map as base map. Planners on the one hand can visualize their project proposals by importing their data from DesktopGIS Software (i.e. QGIS) to PUPinPLAN. On the other hand, citizens may contribute their local and regional knowledge during the planning process and generate VGI. In addition to text annotations, the application offers the opportunity to upload and place own generated computer aided design (CAD) models or use already constructed models, accessible by the public and free-to-use CAD models from Trimble SketchUP 3D Warehouse⁷ on the map. COLLAborative Design Activity (COLLADA), an open standard XML schema, is used as interchange format.

Today, modern mobile devices are powerful enough to display not only the text annotations, but also virtual 3D content in real-time. As far as AR is concerned, the devices have all necessary hardware components such as camera, GPS (geolocation and distance) or IMU and can calculate and fuse them with the model for displaying accurately on the screen [38].

Therefore, the second part of PUBinPLAN is an AR application to provide a visual feedback function for participants. All text annotations and 3D contents uploaded by the users in the first step of project development or crowdsourcing are visualized (see fig. 1). Thus, planners may interactively present their designs and citizens may contribute their ideas. If citizens complain, for instance, about a missing park bench, they can virtually place a suitable 3D model and put their design proposal to discussion.

The implementation is carried out as Monitor Augmented Reality (MAR), which describes the visualization of additional digital information on a monitor. If the technology is used on mobile devices such as smartphones or tablet PCs, it is also called Mobile Monitor Augmented Reality (MMAR). The observers see their environment both directly (on site) and through the camera perspective of the device plus additional digital information on the monitor. The development framework is Apache Cordova, the AR functionality is implemented via Wikitude SDK. The result is a hybrid smartphone application.

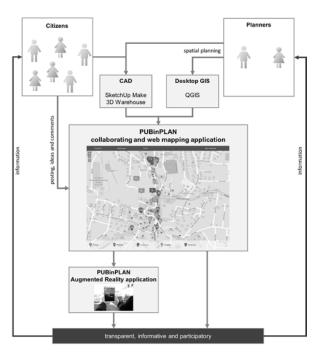


Figure 1: Concept and workflow of PUBinPLAN.

By integrating citizens' everyday experience through PUBinPLAN, the planning process can be qualified and the acceptance increased.

Participants find transparent information about the project, its status and its progression and have the possibility to collaborate at all levels.

⁷ https://3dwarehouse.sketchup.com/.

By giving feedback to the visualized 3D models or comments, the project ideas are discussed at an early stage of the process. Figure 1 shows the concept and workflow of PUBinPLAN with the interaction and communication of citizens and planners and the visualization on a map and in AR. As a result, the platform not only provides transparent information, but also enables citizens to participate from the beginning and in an interactive manner. The developed GIS framework is described in the publication by Zink et al. [39]. The development of the AR application is presented in the next chapter.

4. Augmented Reality in PUBinPLAN

4.1 Designing AR with Wikitude SDK and cross-platform Cordova

Displaying possible landscape and urban changes, AR can help citizens to understand the specific elaboration of individual measures and is therefore a central component in PUBinPLAN. Following Azuma [40], AR systems have three characteristics: (1) they combine real and virtual, (2) they are interactive in real time and (3) they are registered in 3D. In the context of PUBinPLAN and for the sake of using the AR app on mobile devices and being accessible by as many users and devices as possible, the development should be strictly independent of platforms and compliant with existing mobile standards. Therefore, we decided to develop a hybrid app using standard web technologies such as HTML5, CSS, JavaScript and build an app for the platforms iOS, Android, and Windows Phone with Cordova framework. Thus, the app can also be used in a standard browser via desktop computer.



Figure 2 shows three different types of mobile applications: native, web and hybrid apps.

Native apps are written in the particular target platform's native programming language like Java for Android or Objective C for iOS. This approach provides direct access to each system and device API and consequently to sensors, display, cameras as well as touch events and other inputs like a user pressing a button. In web apps, a webpage is displayed in the mobile devices' browser. By using responsive design, it is possible to make it look (almost) like a native app, but due to system restrictions, pure web apps are not fully capable of accessing mobile devices' hardware such as GPS, accelerometer, gyro on any device and even camera access on iOS devices. Hence a solution for developing a platform-independent app with nearly full access to hardware such as sensors and camera had to be found. In the third type displayed in figure 2, a cross-platform is used to build hybrid apps. With the cross-platform Cordova, you get a so called native container in which webpages are displayed. Cordova APIs provides access to the device's hardware and system APIs.

Wikitude SDK was chosen after internal testing several AR frameworks including some free SDKs, toolkits and frameworks as well as paid ones. Most tested toolkits implemented marker-based tracking for 3D model positioning or augmentation in general. Vuforia⁸ has no native geolocation-based markerless Augmented Reality solution. ARToolKit⁹ was not maintained regularly, then it was still in beta status when obtained by DAQRI [41]. ARToolKit is available as an open source and is currently being maintained again. Metaio¹⁰ was considered as alternative, however, it got acquired by Apple in 2015 and is therefore no longer available on the free market [42].

Finally, Cordova was chosen. Cordova is an open source framework which allows to develop cross-platform applications using web technology such as HTML, CSS and JavaScript. The framework was originally developed as PhoneGap during the iPhoneDevCamp event in 2009. In 2011, Adobe acquired Nitobi (the original developer) and contributed the PhoneGap source code to the Apache Foundation. Apache Cordova was started as a new project. PhoneGap is an Apache Cordova distribution. Both PhoneGap and Cordova are used as synonyms nowadays [43].

⁸ https://www.vuforia.com/.

⁹ https://artoolkit.org/.

¹⁰ https://blogs.wsj.com/digits/2015/05/28/apple-buys-german-augmented-reality-firm-metaio/.

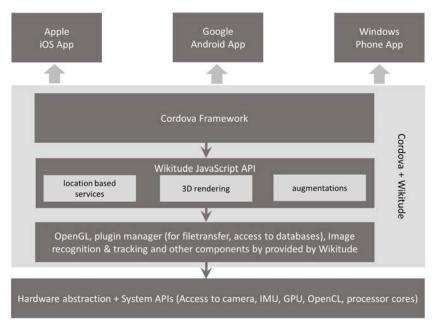


Figure 3: Wikitude SDK Architecture in Cordova framework.

As can be seen in figure 3, Wikitude and Cordova offer the possibility to gain access to the system's and the device's hardware without specifically and exactly knowing each single piece of hardware. Using hardware abstraction makes sense, because it is not necessary to implement a new app for a specific device. Both hardware abstraction layer and C++ layer with a native implementation of OpenGL for Android and iOS way, as well as app and system-specific plugins offer the usage of different standardized processes such as file transfer and database which are both absolutely necessary for loading and displaying one or more 3D models in an efficient way out of a database. On top, there are layers for using plain and simple JavaScript, HTML5, CSS code to write the app. Cordova provides interfaces to the system's (iOS, Android, Windows Phone) native APIs.

4.2 Development

During the pre-development planning phase, the following requirements came up for an AR application so as to generate an added value for PUBinPLAN. First, the app should be developed as platform-independent in order to address as many users as possible. Thus, it should at least be runnable and usable on iOS and Android devices and rely on current web technologies like HTML5, CSS3, JavaScript, Databases and a REST backend. Second, the application should not use any markers or features for positioning the augmentations on the mobile devices' displays. Therefore, the mobile devices' sensors GPS, IMU and cameras have to be integrated. Third, a connection to the PUBinPLAN database is necessary for displaying the information and models which were collected in the crowdsourcing tool.



Figure 4: PUBinPLAN AR flow chart.

Figure 4 shows the flow chart of the PUBinPLAN AR application being started on a mobile device. Every computation on 3D models or positioning of points of interest is done on the device. When PUBinPLAN Augmented Reality application is launched from the PUBinPLAN website by clicking a given information in a project, the first thing done is to check if there's one or more 3D models existing in the provided project-based JSON document. If this is the case, every project-based model and its pertinent information is loaded from the PUBinPLAN database. Due to the increasing capabilities of smart devices every 3D model is computed on the device itself. If there is no model given, project-based information is loaded from the database to provide so-called points of interest (see figure 4) as augmented information on screen. The second step is to get access to hardware such as camera, GNSS (global navigation satellite system) sensors, accelerometer, gyroscope and compass and use this data for computing an exact position and positioning of the mobile device.

5. First results from the AR implementation

PUBinPLAN is currently tested in rural and urban development projects: a project for site planning for solar heating in municipality scale, in a primary school and a university project. The focus is on the usability of the crowdsourcing tool and its implementation in planning and participation processes. At the same time, the comments and postings of the crowdsourcing were used for testing the AR application. Comments or points of interest (POI) are shown when there's no model given for the current message in the PUBinPLAN project, as you can see in the screenshot in figure 5. For better orientation, a radar with all comments in the vicinity of the current location is additionally displayed. The screenshot shows the visualization as it is done by Wikitude. By using the touch-optimized web framework jQuery mobile [44], more possibilities for designing the comments are given. This will be developed in a next step.

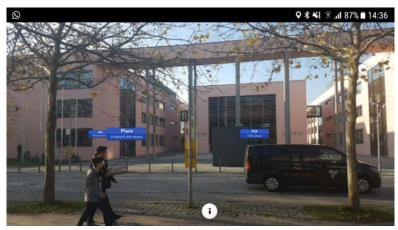


Figure 5: Comments and POIs in AR.

As described in chapter 3, PUBinPLAN offers the functionality to add 3D models to the crowdsourcing WebGIS and visualize them via AR. The screenshot (see fig. 6) shows the monitor of a smartphone (Samsung Galaxy S7 Edge, Android 7 Nougat) where a bench is displayed in AR. The 3D model of the bench comes from the Trimble SketchUP 3D Warehouse database (dumor, October 12th, 2017). Although AR can visualize the landscape change, there is still a need for development. In the example (figure 6), the bench is correctly positioned in the lawn, but

the bench's scale appears too large. This results from an inaccurate distance estimation between smartphone and 3D model. The use of GPS at a building's window might be responsible for this. Currently, the orientation of the model given by the parameters heading, roll and tilt is fixed. In a next step, the user him/herself should be able to specify this information. To this end, the map from the crowdsourcing application is used. The models can thus be purposefully integrated into the landscape or environment and visualized via AR.



Figure 6: Bench in AR.

6. Conclusion

Using AR as an additional information and communication tool for citizens to participate in municipality and spatial planning processes has both advantages and drawbacks. On the one hand, powerful smartphones with high-quality cameras and displays have become standard. This makes access to the AR technology

possible for many people. Citizens may get informed in an innovative way, thus reaching the first step of Arnstein's ladder of citizen participation [45]. Furthermore, internet and Web 2.0 offer the opportunity to bring citizens together and make the information consumer also an information producer (prosumer). Because of the change in interpersonal communication and the digitization of planning processes, interactive communication, called

many-to-many, is becoming increasingly important. Innovative participation has to take up the possibilities of digital transformation, as citizens, according to Portmann et al. ([15], p. 1), will be given the opportunity to play an active part in shaping their environment, which is in accordance with the requirements of the community. AR can therefore also serve as a motivation for citizens to search information about local issues and to participate in local planning and decision-making processes.

On the other hand, these technologies often over-challenge individuals (especially older people) and, in the case of technical problems, they might even lead to frustration. In order to avoid frustration, user-friendliness, a clear user interface and moderating planning processes can help. Digital forms of participation should not be understood as a mere game, but as an additional offer for both citizens and stakeholders to contribute to sustainable and accepted planning processes. It is therefore necessary to analyze the effectiveness of different forms of participation [46], which especially applies to digital participation by crowdsourcing and augmented reality. This is not about the abolition of existing participation solutions, but the integration of digital possibilities into participation processes. In current and future projects and beyond, the further development of the platform PUBinPLAN has to be evaluated with regard to its impact and the outcome of participation on planning and with regard to the goals to simplify, improve and enrich participation in public planning processes.

7. Acknowledgments

The project PUBinPLAN, public in spatial planning supported by information and communication technology, is founded by the program FHProfUnt from the Federal Ministry of Education and Research (BMBF, FKZ 03FH027PX4). Leading Partner is Deggendorf Institute of Technology. The Universities of Passau (Geography) and Bayreuth (Urban and regional development) are scientific partners. Further partners are KlimaKom eG, hausfreunde – Architekten GbR, Landschaft+Plan and the Agency for Rural Development in Lower Bayaria.

8. References

- Krüger, Sebastian (2012): Stuttgart 21 Interessen, Hintergründe, Widersprüche. In: Informationen zur Raumentwicklung (11), p. 589–604.
- [2] Beitzer, Hannah (2015): Den Bürger umarmen. In: Süddeutsche Zeitung, 03.06.2015. Available online at http://www.sueddeutsche.de/sport/hamburgerolympiabewerbung-den-buerger-umarmen-1.2503923.
- [3] Schürmann, Benjamin (2016): Die Struktur politischer Online-Partizipation - Eine empirische Analyse der Nutzer von openPetition. In: Laura Leißner, Halina Bause und Lennart Hagemeyer (Eds.): Politische Kommunikation - neue Phänomene, neue Perspektiven, neue Methoden. 1st Edition. Berlin: Frank & Timme Verlag für wissenschaftliche Literatur (Düsseldorfer Forum Politische Kommunikation (DFPK), 6).
- [4] Rinne, Ulf; Zimmermann, Klaus F. (2016): Die digitale Arbeitswelt von heute und morgen. In: Aus Politik und Zeitgeschichte (APuZ) 66 (18-19), p. 3–9.
- [5] Tsai, Bor-Wen; Lu, Dau-Jye; Chung, Ming-Kuang; Lien, Mei-Chih (2013): Evaluation of PPGIS empowerment — A case study of Meinong Yellow Butterfly Valley in Taiwan. In: Journal of Environmental Management 116 (February), p. 204–212.
- [6] Harris, Trevor M.; Weiner, Daniel (2002): Implementing a community-integrated GIS: perspectives from South African fieldwork. In: William J. Craig, Trevor M. Harris und Daniel Weiner (Hg.): Community participation and geographic information systems. New York: Taylor & Francis, p. 246–258.
- [7] Sieber, Renee (2006): Public Participation Geographic Information System: A Literature Review and Framework. In: Annals of the American Geographers 96 (3), p. 491–507.
- [8] Goodchild, Michael F. (2010): Twenty years of progress. GIScience in 2010. In: Journal of Spatial Information Science (JOSIS) (1), p. 3–20.
- [9] Sui, Daniel Z.; Elwood, Sarah; Goodchild, Michael F. (2013): Crowdsourcing geographic knowledge. Volunteered geographic information (VGI) in theory and practice. Dordrecht, New York: Springer.
- [10] Kanwischer, Detlef (2014): Digitale Geomedien und Gesellschaft. Zum veränderten Status geographischen Wissens in der Bildung. In: Geographische Rundschau (6), p. 12–17.

- [11] O'Reilly, Tim (2009): What is Web 2.0. Design patterns and business models for the next generation of software. Sebastopol, CA, USA: O'Reilly Media, Inc.
- [12] Hanrath, Jan; Leggewie, Claus (2013): Revolution 2.0? Die Bedeutung digitaler Medien für politische Mobilisierung und Protest. In: Stiftung Entwicklung und Frieden Institut für Entwicklung und Frieden, Tobias Debiel, Jochen Hippler, Michèle Roth und Cornelia Ulbert (Hg.). Bonn (Schriftenreihe der Bundeszentrale für Politische Bildung, 1366), p. 157– 172
- [13] Finger, Matthias; Razaghi, Mohamad (2017): Conceptualizing "Smart Cities". In: Informatik Spektrum 40 (1), p. 6–13.
- [14] Günther, Stephan; Jakubowski, Peter; Schweitzer, Eva (2017): Ansatzpunkte für die digitale Transformation der Städte in Deutschland. In: Geographische Rundschau (7-8), p. 44–51.
- [15] Portman, Edy; Finger, Matthias; Engesser, Hermann (2017): Smart Cities. In: Informatik Spektrum 40 (1), p. 1–5.
- [16] Westholm, Hilmar (2012): e-Democracy. In: Astrid Ley und Ludwig Weitz (Eds.): Praxis Bürgerbeteiligung. Ein Methodenhandbuch. 4th Edition Bonn: Verlag Stiftung Mitarbeit (Arbeitshilfen für Selbsthilfe- und Bürgerinitiativen, 30).
- [17] Broschart, Daniel; Zeile, Peter; Streich, Bernd (2013): Augmented Reality as a Communication Tool in Urban Design Processes. In: Manfred Schrenk (Ed.): Planning times. You better keep planning or you get in deep water, for the cities they are a-changin'. Proceedings of the 18th International Conference on Urban Planning, Regional Development in the Information Society (20-23 May 2013; Rome, Italy) [REAL CORP 2013 Planning times]. Schwechat-Rannersdorf: Eigenverlag des Vereins CORP - Competence Center of Urban and Regional Planning, p. 119–126.
- [18] Helbig, Dirk; Pietsch, Matthias; Schütz, Lars; Bade, Korinna; Richter, Andreas; Nürnberger, Andreas (2016): Online-Beteiligung in Entscheidungs- und Planungsprozessen - Anforderungen aus der Praxis. In: AGIT - Journal für Angewandte Geoinformatik (2), p. 508–517.
- [19] Küpper, Patrick; Levin-Keitel, Meike; Maus, Friederike; Müller, Peter; Reimann, Sara; Sondermann, Martin et al. (Eds.) (2014): Raumentwicklung 3.0
 Gemeinsam die Zukunft der räumlichen Planung gestalten. 15. Junges Forum der ARL (June 6-8,

- 2012 in Hanover, Germany). 1st Edition. Hannover: Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Arbeitsberichte der ARL, 8).
- [20] Open Knowledge Foundation Deutschland e.V. (Ed.): Frankfurt gestalten. Available online at http://www. frankfurt-gestalten.de.
- [21] Stadt Friedrichshafen (2016): Sag's doch. Available online at https://sags-doch.de/#pageid=1, last verified on Jan 20th, 2016.
- [22] Where Group GmbH & Co. KG (2016): Meldemax. Available online at https://meldemax.com/, last verified on Jan 20th, 2016.
- [23] Caudell, Thomas P.; Mizell, David W. (1992): Augmented Reality: An application of heads-up display technology to manual manufacturing processes. In: Proceedings of the Twenty-Fifth Hawaii International Conference on System Sciences (7-10 Jan 1992; Kauai, HI, USA). Los Alamitos, CA, USA: IEEE Computer Society Press, p. 659–669.
- [24] Kato, Hirokazu; Billinghurst, Mark (1999): Marker tracking and HMD calibration for a video-based augmented reality conferencing system. In: Proceedings of the 2nd IEEE and ACM International Workshop on Augmented Reality 1999 (IWAR, '99), p. 85–94.
- [25] Carmigniani, Julie; Furht, Borko; Anisetti, Marco; Ceravolo, Paolo; Damiani, Ernesto; Irkovic, Misa (2011): Augmented reality technologies, systems and applications. In: Multimedia Tools and Applications 51 (1), p. 341–377.
- [26] Graham, Mark; Zook, Matthew; Boulton, Andrew (2013): Augmented reality in urban places: contested content and the duplicity of code. In: Transactions of the Institute of British Geographers 38 (3), p. 464–479.
- [27] Kan, Tai-Wei; Teng, Chin-Hung; Chen, Mike Y. (2011): QR Code Based Augmented Reality Applications. In: Borko Furht (Hg.): Handbook of Augmented Reality. 1. Aufl. New York, NY: Springer Science+Business Media, LLC, p. 339–354.
- [28] Cirulis, Arnis; Brigmanis, Kristaps Brigis (2013): 3D Outdoor Augmented Reality for Architecture and Urban Planning. In: Procedia Computer Science 25, p. 71–79.
- [29] Broll, Wolfgang (2013): Augmentierte Realität. In: Ralf Dörner, Wolfgang Broll, Paul Grimm und Bernhard Jung (Hg.): Virtual und Augmented Reality (VR/ AR). Grundlagen und Methoden der Virtuellen und

- Augmentierten Realität. Berlin, Heidelberg: Springer (eXamen.press), p. 241–294.
- [30] Morkos, Beshoy; Taiber, Joachim; Summers, Joshua; Mears, Laine; Fadel, Georges; Rilka, Torsten (2012): Mobile devices within manufacturing environments. A BMW applicability study. In: International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM) 6 (2), p. 101–111.
- [31] Stocker, Alexander; Spitzer, Michael, Kaiser, Christian; Rosenberger, Manfred; Fellmann, Michael (2017): Datenbrillengestützte Checklisten in der Fahrzeugmontage. In: Informatik Spektrum 40 (3), p. 255–263.
- [32] Broschart, Daniel; Höhl, Wolfgang (2015): Augmented Reality in Architektur und Stadtplanung. In: GIS Science 1, p. 20–29.
- [33] Bilge, Gulsah; Hehl-Lange, Sigrid; Lange, Eckart (2016): The use of mobile devices in participatory decision-making. In: JoDLA - Journal of Digital Landscape Architecture, p. 234–242.
- [34] Bähler, Lukas; Stark, Hans-Jörg (2012): Augmented Reality auf Smartphones in der Bauplanung. In: Josef Stobl, Thomas Blaschke und Gerald Griesebner (Hg.): Angewandte Geoinformatik 2012. Beiträge zum 24. AGIT-Symposium Salzburg. Symposium für Angewandte Geoinformatik (Salzburg; 04.-06.06.2012). Berlin: Wichmann.
- [35] Reinwald, Florian; Berger, Martin; Stoik, Christop; Platzer, Mario; Damyanovic, Doris (2014): Augmented Reality at the Service of Participatory Urban Planning and Community Informatics-a case study from Vienna. In: The Journal of Community Informatics 10 (3). Available online at http://ci-journal.net/index.php/ciej/ article/view/1087/1107.
- [36] Rockmann, Lisa; Adler, Simon (2015): Augmented-Reality als Erweiterungs-Tool des partizipativen Austausches in Planungsprozessen zum Ziel einer integrativen städtebaulichen Entwicklung. In: Manfred Schrenk, Vasily V. Popovic, Peter Zeile, Pietro Elisei und Clemens Beyer (Eds.): Plan together. Right now. Overall. Proceedings of the 20th International Conference on Urban Planning, Regional Development and Information Society (REAL CORP) 2015 (May 5-7, 2015; Ghent, Belgium). Wien: Eigenverlag des Vereins CORP Competence Center of Urban and Regional Planning, p. 83–92.

- [37] Küspert, Stefan; Zink, Roland (2017): Concept of a Digital Communication Platform to Increase the Citizens' Interest in Spatial Planning. In: Journal of Digital Landscape Architecture (JoDLA) (2), p. 136– 143.
- [38] Gosch, Phil (2016): 3D Modelloptimierung für mobile Endgeräte. Hg. v. Codefluegel GmbH. Available online at https://codefluegel.com/de/3d-modelloptimierungfuer-mobile-endgeraete/, last verified on Oct 4th, 2017.
- [39] Zink, Roland; Küspert, Stefan; Haselberger, Johannes; Marquardt, Anna; Schröck, Sebastian (2016): Interaktives GIS-Framework für partizipative Raumplanungsverfahren. In: AGIT - Journal für Angewandte Geoinformatik (2), p. 488–497.
- [40] Azuma, Ronald T. (1997): A Survey of Augmented Reality. In: Presence: Teleoperators and Virtual Environments 6 (4), p. 355–385.
- [41] Kim, Michelle (2015): DAQRI Acquires Augmented Reality Software Pioneer ARToolworks, Makers of Open Source Augmented Reality Platform. ARToolKit. DAQRI to Offer ARToolKit Free and Open Source to the AR Community. Hg. v. Business Wire Inc. und Brew Media Relations. Available online at http:// www.businesswire.com/news/home/20150513006304/ en/DAQRI-Acquires-Augmented-Reality-Software-Pioneer-ARToolworks, last verified on Oct 3rd, 2017.
- [42] Miller, Ron; Constine, Josh: Apple Acquires Augmented Reality Company Metaio. Hg. v. Oath Inc. Available online at https://techcrunch.com/2015/05/28/ apple-metaio/.
- [43] Steyer, Ralph (2017): Cordova. Entwicklung plattformneutraler Apps. Wiesbaden: Springer Vieweg.
- [44] jQuery Foundation (2017): jQuery mobile. A Touch-Optimized Web Framework. Unter Mitarbeit von A. Schmitz, A. Colom, G. Schulhof, G. Sguin und J. de Groot. Available online at https://jquerymobile.com, last verified on Oct 6th, 2017.
- [45] Arnstein, Sherry R. (1969): A Ladder Of Citizen Participation. In: Journal of the American Institute of Planners 35 (4), p. 216–224.
- [46] Selle, Klaus (2013): Über Bürgerbeteiligung hinaus: Stadtentwicklung als Gemeinschaftsaufgabe? Analysen und Konzepte. Detmold: Rohn (Edition Stadt-Entwicklung). Available online at http://www. pt.rwth-aachen.de/inprogress.



Prof. Dr. Roland Zink

Roland Zink received his doctorate at the University Passau on the subject of the transition of the energy sector and the designing of a sustainable energy supply under a spatial perspective. Since 2013 he is Professor for spatial sciences and information technology at Deggendorf Institute of Technology and scientific head of the Research Group "Applied Energy Research" at the Technology Campus Freyung and also spokesman of the Research Group "Energy Systems and Technologies". In addition to further development of spatio-temporal energy models, his current research focuses on innovative opportunities for participation of stakeholders in spatial planning processes through new media.

Roland Zink promovierte an der Universität Passau zum Thema der Transformation des Energiesektors und der Gestaltung nachhaltiger Energieversorgungsstrukturen aus einer räumlichen Perspektive. Seit 2013 ist er Professor für Raumwissenschaften und Informationssysteme an der Technischen Hochschule Deggendorf und wissenschaftlicher Leiter der Forschungsgruppe "Angewandte Energieforschung" am Technologie Campus Freyung sowie Sprecher der Forschungsgruppe "Energiesysteme und Technologien". Neben der weiteren Entwicklung raum-zeitlicher Energiemodelle, konzentriert sich seine aktueller Forschungstätigkeit auf innovative Partizipationsmöglichkeiten von Akteuren in räumlichen Planungsprozessen durch neue Medien.

Kontakt / Contact

☑ roland.zink@th-deg.de



Martin Steininger B.A.

Martin Steininger holds a Bachelor's degree in Internet Computing from Passau University. After having worked some time in Hamburg he returned to Bavaria and is currently focusing on mobile and spatial systems, autonomous vehicle technology and geoinformatics as part of the degree programme Applied Computer Science at DIT. He is a member of the Applied Energy Research Group at the technology campus in Freyung where he also helps elaborating concepts and solutions through new media and AR within the framework of a participation platform for spatial planning processes.

Martin Steininger machte an der Universität Passau den BA Internet Computing. Nach einem Zwischenstopp in Hamburg fokussiert er sich im Studiengang Angewandte Informatik an der THD auf mobile und räumliche Systeme, autonome Fahrzeugtechnik und Geoinformatik. Am Technologie Campus in Freyung ist er in der Forschungsgruppe "Angewandte Energieforschung" tätig und erarbeitet im Rahmen einer Partizipationsplattform für räumliche Planungsprozesse durch den Einsatz neuer Medien Konzepte und Lösungen im Bereich der Augmented Reality.

Kontakt / Contact

☑ martin.steininger@th-deg.de



LernCenter: Ein Konzept für die Digitalisierung berufsbegleitender Weiterbildungen an Hochschulen

Andreas Gegenfurtner* Nina Schwab Andreas Oswald

Gabriele Weng Alexander Zitt Christine Resch

Karina Fisch Lina Spagert Wolfgang Stern

Martina Reitmaier-Krebs Christine Bomke

ABSTRACT

Im Zuge der Digitalisierung akademischer Lehre öffnet eine wachsende Zahl an Hochschulen ihre Lehr- und Studienangebote für nicht-traditionell Studierende und konzipiert entsprechende berufsbegleitende Weiterbildungen bzw. Studiengänge mit Anteilen an E-Learning und Blended Learning. Dabei stellen sowohl die Digitalisierung wie auch die Zielgruppe der nicht-traditionell Studierenden manche Hochschulen vor didaktische Herausforderungen. Um diesen Herausforderungen digitalisierter Bildung zu begegnen, wurde im Rahmen des Forschungsprojekts DEG-DLM (Deggendorfer Distance Learning Modell) das LernCenter-Konzept entwickelt. LernCenter integrieren die Vorteile von Präsenzveranstaltungen, Webkonferenzen und digitalen Selbstlernphasen. Das Ziel dieses Artikels ist, das Konzept des LernCenters als Antwort auf die didaktischen Herausforderungen in der Weiterbildungspraxis mit nichttraditionell Studierenden, die im Zuge einer zunehmenden Digitalisierung akademischer Lehre an die Hochschulen kommen und an den dortigen Lehr- und Studienangeboten partizipieren, vorzustellen sowie deren Bedarfe aufzuzeigen. Der Artikel vergleicht zuerst verschiedene didaktische Lehrformate. Danach werden didaktische und technische Elemente des LernCenter-Konzepts näher beschrieben. Abschließend situieren zwei Beispiele berufsbegleitender Studienangebote für nicht-traditionell Studierende das LernCenter-Konzept in der Praxis virtueller Lehre an Hochschulen.

In the wake of digitizing their academic teaching, an increasing number of colleges and universities worldwide develop on-the-job training and degree programmes for non-traditional students incorporating elements of e-learning and blended learning. At the same time, the teaching practices at some higher education institutes are challenged by the digitization process as well as the characteristics of the group of nontraditional students. To respond to the specific challenges of digitized education, the concept of LernCenters was developed within the realms of the research project DEG-DLM (Deggendorf Distance Learning Model). LernCenters combine the elements of classroom teaching, webinars, and virtual self-directed learning opportunities. The aim of this paper is to present the LernCenter concept as a response to the didactic challenges higher education institutes face as non-traditional students and training participants enter technology-enhanced training and degree programs in higher education. First, this article compares different teaching formats. Second, didactic and technical elements of the LernCenter concept are described. And finally, two examples of university-based training and degree programs are used to contextualize the concept of LernCenters for on-the-job virtual teaching of non-traditional students in higher education.

^{*} Alle Autorinnen und Autoren sind Angehörige des Instituts für Qualität und Weiterbildung der Technischen Hochschule Deggendorf.

Andreas Gegenfurtner, Lina Spagert, Gabriele Weng, Christine Bomke, Karina Fisch, Andreas Oswald, Martina Reitmaier-Krebs, Christine Resch, Nina Schwab, Wolfgang Stern, Alexander Zitt

KEYWORDS

Digitalisierung, virtuelle Lehre, nicht-traditionell Studierende, Weiterbildung, Hochschule.

Digitization, virtual teaching, non-traditional students, training, higher education

Dieser Beitrag im BJAS wurde gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen des Förderprogramms "Aufstieg durch Bildung: Offene Hochschulen"



1. Einleitung

Mehr und mehr Hochschulen öffnen ihre Lehrund Studienangebote für nicht-traditionell Nicht-traditionell Studierende Studierende. sind Personen, die nicht direkt nach dem Abschluss der Sekundarstufe, sondern erst nach einer beruflichen Ausbildung, nach beruflicher Tätigkeit, nach Eltern- oder Erziehungszeiten oder anderen Unterbrechungen Studium aufnehmen [1-3]. Dabei sind gerade nicht-traditionell Studierende 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 [4]. Die Lernaktivitäten werden in der Regel freiwillig besucht [5] und 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 konfligieren können [1,2,4] und zu einer geringeren Beschäftigung mit den Lerninhalten [6] oder sogar zu einem Kursabbruch bzw. Drop Out führen können [7-9]. Durch den Abbruch des Studiums bzw. der Weiterbildungsmaßnahme ergeben sich nicht nur für die Teilnehmenden negative Folgewirkungen in Form geringeren Wissens, geringerer Selbstwirksamkeit oder fehlender Qualifikation [10-16]. Auch die Arbeitgeber bzw. die Anbieter von Weiterbildungsangeboten sehen sich durch den Abbruch der Kursteilnahme mit organisatorischen und monetären Defiziten konfrontiert [15-17].

Es ist daher für verschiedene Stakeholder eine relevante Frage, wie für nicht-traditionell Studierende die Vereinbarkeit zwischen der Teilnahme an Studium bzw. Weiterbildung an Hochschulen einerseits und familiären bzw. beruflichen Anforderungen andererseits erhöht werden kann. Im Idealfall bietet eine universitäre Weiterbildung den Teilnehmenden zeitliche und räumliche Flexibilität, sowie Freiraum für individuelles Lernen nach eigenem Lerntempo. Daneben bietet ein Studium bzw. eine Weiterbildung idealerweise 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. Diese Integration von Präsenzlehre, Webkonferenzen und digitalen Selbstlernphasen in Studien- und

Weiterbildungsangeboten an Hochschulen bietet das Konzept des LernCenters.

Das Ziel dieses Artikels ist, das Konzept des LernCenters als Antwort auf die didaktischen Herausforderungen in der Weiterbildungspraxis mit nicht-traditionell Studierenden, die im Zuge einer zunehmenden Digitalisierung akademischer Lehre an die Hochschulen kommen und an den dortigen Lehr- und Studienangeboten partizipieren, vorzustellen und deren Bedarfe aufzuzeigen. In einem ersten Schritt werden daher zunächst verschiedene Lernformatevergleichendgegenübergestelltund es wird dargelegt, wie das LernCenter-Konzept die Vorteile dieser Formate integriert. In einem zweiten Schritt wird der theoretische Rahmen beschrieben, der das LernCenter-Konzept in didaktischen und bildungswissenschaftlichen Ansätzen fundiert. Abschließend werden Beispiele berufsbegleitender Studiengänge

und Weiterbildungen für nicht-traditionell Studierende erläutert, die das LernCenter-Konzept praktisch situieren. Die Entwicklungsund Implementationserfahrungen beim LernCenter werden strukturiert aufgearbeitet. Dabei erfolgt zudem eine Einbindung konzeptioneller Bezüge zum Flexiblen Lernen und des Blended Learning-Ansatzes.

2. Formate der Weiterbildung

Generell werden Studiengänge und Weiterbildungen in verschiedenen Lernformaten angeboten. Dabei lassen sich Präsenzveranstaltungen, computerunterstützte Webkonferenzen und digitale Selbstlernangebote unterscheiden [18-20]. Tabelle 1 gibt einen Überblick über Vor- und Nachteile dieser Formate.

Tabelle 1: Überblick über Formate der Weiterbildung aus Sicht der Teilnehmenden.

		Vorteile	Nachteile	
Präsenzlehre	Präsenzveranstaltung	Direkte soziale Interaktion der Teilnehmenden untereinander bzw. zwischen Teilnehmenden und Lehrenden vor Ort	Ortsgebundenheit durch Anreise zum Lernort, ver- bunden mit Anforderungen an Zeit und Mobilität	
Onlinelehre	Webkonferenz	Räumliche Unabhängigkeit	Zeitliche Gebundenheit	
	Digitale Selbstlernangebote	Individuelles Lerntempo, Ubiquität	Eingeschränkte soziale Interatkion	

In Präsenzveranstaltungen lernen Teilnehmende gemeinsam an einer Hochschule und werden von Lehrenden unterrichtet bzw. in ihrem Lernprozess begleitet. Durch das gemeinsame Lernen an einem Lernort haben Teilnehmende die Möglichkeit, in unmittelbaren Kontakt und in Interaktion mit anderen Teilnehmenden und den Lehrenden zu treten. Dies kann sich positiv auf den Erfolg des berufsbegleitenden Studiums bzw. der Weiterbildung auswirken [21]. Allerdings ist das Lernen relativ ortsgebunden und lokal von der Hochschule determiniert. Teilnehmende müssen eine Anreise zum Lernort organisieren. Dies ist mit weiteren Anforderungen an Zeit und Mobilität der Teilnehmenden verbunden, die sich ggf. Urlaub

nehmen oder andere Termine verschieben müssen, um an die Weiterbildungsstätte zu reisen und dort an der Präsenzveranstaltung zu einer vorgegebenen Zeit teilzunehmen [4].

In Webkonferenzen lernen Teilnehmende gemeinsam in einer digitalen Lernumgebung, in der häufig videobasierte Elemente eine zeitlich synchrone Interaktion zwischen den Teilnehmenden untereinander und mit den Lehrpersonen ermöglichen [21-23]. Die digitale Verfügbarkeit der Webkonferenz-Umgebung bietet dabei ein hohes Maß an räumlicher Unabhängigkeit für alle Beteiligten, da Anreisen zur Weiterbildungsstätte entfallen. Gleichzeitig impliziert die zeitlich feste

Terminierung der Webkonferenz, ähnlich einer Präsenzveranstaltung, keine zeitliche Flexibilität für Teilnehmende und Lehrende [24].

In digitalen Selbstlernangeboten lernen und erarbeiten sich Teilnehmende individuell an ihrem Endgerät die ihnen online zur Verfügung gestellten Lerninhalte [25-26]. Durch die online verfügbare Lernumgebung ist das Lernen ubiquitär, das heißt: Es ist überall möglich und nicht an einen spezifischen Lernort oder eine Weiterbildungsstätte gebunden [27]. Dadurch entfallen mögliche Anreisen der Teilnehmenden. An ihrem selbst gewählten Lernort können sich die Teilnehmenden je nach eigenem Lerntempo mit den Weiterbildungsinhalten beschäftigen. Gleichzeitig ist der Lernprozess sehr individuell, ein sozialer Austausch mit anderen Teilnehmenden oder mit den Lehrenden ist nur äußerst eingeschränkt möglich [28], etwa über Diskussionsforen. Ein individuelles, selbstgesteuertes Lernen setzt zudem Lernstrategien voraus, damit die Studien- und Weiterbildungsinhalte effektiv selbst erarbeitet werden können [28-30].

3. Das LernCenter-Konzept

Das Konzept des LernCenters integriert Präsenzveranstaltungen, Webkonferenzen und digitale Selbstlernphasen für berufsbegleitende Studiengänge und Weiterbildungen. Ziel des Konzepts ist eine Erhöhung der Vereinbarkeit zwischen den spezifischen Anforderungen der Weiterbildung und den persönlichen bzw. beruflichen Pflichten der Teilnehmenden unter gleichzeitiger Minimierung der Nachteile der im vorherigen Abschnitt beschriebenen Lernformate. Als übergeordnetes Prinzip fungiert dabei die Idee des Konzepts "Flexibles Lernen" [31]. Flexibles Lernen beinhaltet eine größtmögliche Bereitstellung von Flexibilität für die Teilnehmenden und Lehrenden insbesondere hinsichtlich ihres Lerntempos, ihrer Lernwege, sowie ihrer räumlichen und zeitlichen Partizipation am Studium bzw. der Weiterbildung, ohne dabei auf die Vorteile direkter, sozialer Interaktion in Präsenzveranstaltungen vor Ort zu verzichten. Das Konzept des Flexiblen Lernens basiert auf den Grundannahmen konstruktivistischer Lerntheorien, sowie psychologischer motivationstheoretischer Sichtweisen sieht einen kleinschrittigen Aufbau Wissensvermittlung vor. Durch den Einsatz verschiedener digitaler Lehrmethoden, wie Webkonferenzen, Videokonferenzübertragung und virtuelles Selbstlernmanagementsystem wird den Lehrenden und Lernenden ein Höchstmaß an zeitlicher und örtlicher Flexibilität geboten [31,32].

Das LernCenter-Konzept gliedert sich in ein didaktisches Konzept und ein technisches Konzept. Das didaktische Konzept basiert einem Blended-Learning-Ansatz, erweitert diesen aber punktuell. So finden Präsenzphasen in Seminarräumen statt, die an verschiedenen Lernorten lokalisiert sind. Dadurch haben Teilnehmende die Möglichkeit, den Seminarraum aufzusuchen, der am nächsten zum eigenen Wohnort gelegen ist. Über Videotechnik werden die Aktivitäten von einem Seminarraum in den anderen übertragen und umgekehrt. So entsteht trotz einer regionalen Differenzierung eine Lernatmosphäre, Präsenzveranstaltungen typisch mit Möglichkeiten zu direktem, sozialem Austausch der Teilnehmenden untereinander, sowie einer zeitlich synchronen Interaktion mit den Lehrenden. Zwischen den einzelnen Präsenzterminen an den unterschiedlichen Seminarorten finden Webkonferenzen statt. Weil die Webkonferenz online stattfindet, können die Teilnehmenden den Ort frei wählen und sind somit räumlich unabhängig. Zusätzlich werden Präsenzlehre und Webkonferenzen durch E-Learning-Materialien über digitale angeboten. Lernmanagementplattformen Diese stellen beispielsweise Lernvideos, Texte und Foren zur Verfügung, in welchen die Teilnehmenden die Möglichkeit zu asynchroner Interaktion untereinander und mit den Lehrenden haben. Das didaktische Konzept des LernCenters kombiniert die Vorteile von E-Learning und Präsenzlehre, ohne deren Nachteile zu implizieren: Die Studierenden lernen in kleinen seminaristischen Gruppen und konstruieren Wissen gemeinsam; sie können in Vorlesungen mit Kommilitonen und Lehrpersonen in Verbindung treten und sie können direkt Fragen stellen. Ein hoher Selbstlernanteil und die lokale und zeitliche Flexibilität des LernCenter-Konzepts minimieren lange Anfahrtswege und hohe zeitliche Belastungen und erhöhen somit die Vereinbarkeit von Familie, Beruf und Weiterbildungsteilnahme.

Das technische Konzept begleitet das didaktische Konzept und implementiert die infrastrukturelle Ausstattung. So beinhaltet das technische Konzept die administrative Betreuung der Lernplattformen bzw. die Einbettung der Lerninhalte für die Teilnehmenden, die Betreuung der Videoübertragung zwischen den Seminarorten bei den Präsenzveranstaltungen, sowie die Bereitstellung des virtuellen Klassenzimmers für die Webkonferenzen. Durch die vielen technischen Komponenten des LernCenters ist eine fundierte technische Unterstützung ein unverzichtbares Element für alle Lernphasen.

4. Beispiele aus der Praxis: Das Projekt DEG-DLM

Um das LernCenter-Konzept praktisch zu situieren, werden in diesem Abschnitt Beispiele dokumentiert, die das Konzept in berufsbegleitenden Weiterbildungsmaßnahmen in der Praxis anwenden. Diese Anwendung findet im Rahmen des Projekts DEG-DLM (Deggendorfer Distance Learning Modell), das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen des Programms

"Aufstieg durch Bildung - Offene Hochschulen" gefördert wird, an der Technischen Hochschule Deggendorf statt. Ziel von DEG-DLM ist dabei die Entwicklung, Erprobung und Evaluation eines innovativen Distance-Learning-Modells, welches die Vorteile digitaler Lernformen erfolgreicher didaktischer Konzepte im Rahmen des LernCenter-Konzepts kombiniert [32]. An zwei Standorten der Hochschule wurden LernCenter aufgebaut, die es Weiterbildungsinteressierten erlauben, heimatnah Vorlesungen zu besuchen und trotzdem in einer Lehrveranstaltungssituation zu studieren, die die verschiedenen Komponenten einer akademischen Ausbildung beinhalten. Abbildung 1 skizziert das Konzept. Neben Vorkursen in Mathematik und Physik wurden auf Basis einer Ist- und Bedarfsanalyse [33] zwei voneinander unabhängige Weiterbildungsangebote entwickelt: ein Hochschulzertifikat in Technischer Betriebswirtschaft und Supply Chain Management sowie ein Bachelor-Studiengang in Kindheitspädagogik. Diese werden nachfolgend näher skizziert.

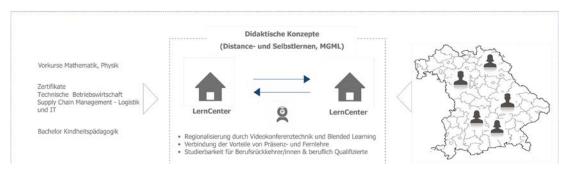


Abbildung 1: Das Deggendorfer Distance Learning Modell (DEG-DLM).

4.1 Hochschulzertifikat Technische Betriebswirtschaft

Kein Bereich des Berufslebens verändert sich so dynamisch wie der Einsatz von betrieblichen Informations- und Technologiesystemen. Die Halbwertszeit des Wissens liegt deutlich unter durchschnittlichen Abwesenheitsdauer von Frauen in der Erziehungspause. Vor allem Berufstätige in betriebswirtschaftlich orientierten Berufen der Produktionsindustrie und des Handels sind mit vielfältigen IT-Systemen sowie technischen und rechtlichen Fragestellungen konfrontiert. Orientiert an den grundständigen Vorlesungen in den betriebswirtschaftlichen Studiengängen wurde ein achtmonatiges Weiterbildungsangebot entwickelt, welches Inhalte aus den betriebswirtschaftlichen

Bereichen Logistik, Produktion, Finanzierung, Technologie und Projektmanagement enthält. Für die Vermittlung der Inhalte wurde das LernCenter-Konzept angewandt. Dies stellt ein auf die Zielgruppe zugeschnittenes Regional- und Zeitmodell dar, welches eine Teilnahme neben den familiären Pflichten ermöglicht. Zielgruppe für dieses Angebot sind Frauen, die sich in Erziehungszeiten befinden, sowie bereits Beschäftigte, die ihr Wissen über betriebswirtschaftliche Entwicklungen aktualisieren möchten. Gerade weil Erziehungsaufgaben in der Familie bzw. eine hauptberufliche Beschäftigung viel Zeit beanspruchen, eröffnet das teils dezentralisierte Lehrangebot viel Freiraum, um Familie, Beruf und eine Weiterbildung in technischer Betriebswirtschaft zu vereinbaren; dies kann dazu beitragen, den Dropout der Teilnehmenden aus dem Kurs zu minimieren. Gleichzeitig bieten die Lehrformate in Form von Webkonferenzen und digitalen Selbstlernanteilen Möglichkeit, die inhaltlichen Facetten des Kurses (besonders in den Bereichen IT und Innovation) mit diesen didaktischen Kursformaten zu verbinden. Hauptziel der Weiterbildung ist die Wiederherstellung der Berufsfähigkeit nach der Erziehungszeit bzw. die Weiterentwicklung ihres Wissens betriebswirtschaftlichen Bereich Produktionsunternehmen und Handel. In Anwendung des LernCenter-Konzepts erwarben insgesamt 28 Teilnehmende das Hochschul-Zertifikat "Technische Betriebswirtschaft" an der Technischen Hochschule Deggendorf in Präsenzveranstaltungen, Webkonferenzen und digitalen Selbstlernphasen.

Charakteristisch für diese Teilnehmergruppe an der THD ist die beachtliche Ausprägung ihrer Heterogenität. Die Unterschiedlichkeit tritt in verschiedenen Bereichen auf - etwa in der beruflichen Vorbildung und den Tätigkeitsfeldern, in denen die Teilnehmenden aktiv waren und/oder sind. Auch hinsichtlich der familiären Situation spiegelt sich die Heterogenität wider. Während einerseits kinderlose oder ledige Teilnehmende ohne familiäre Verpflichtungen partizipieren, gibt es andererseits Teilnehmende, die aufgrund von familiärer Verpflichtungen zusätzlich belastet sind. Homogenität zeigt sich hingegen bezüglich der Gründe für die Teilnahme an der Weiterbildungsmaßnahme: Die meisten erkennen darin eine Chance der Wiedereinstiegsmöglichkeit in den Beruf bzw. eine Auffrischung berufsrelevanter Inhalte. Zusätzliche Motivation bietet auch die Kostenfreiheit des Angebots.

Durch das LernCenter-Konzept können die verschiedenen Ausprägungen der Heterogenität adressiert werden. Vor allem die digitalen Lehrmethoden – wie Webkonferenzen und das Selbstlernmanagementsystem – bieten den Lernenden ein Höchstmaß an zeitlicher und örtlicher Flexibilität und somit eine höhere Vereinbarkeit der Weiterbildung mit Familie und/oder Beruf, als es in herkömmlichen Präsenzveranstaltungen gegeben wäre.

4.2 Bachelor-Studiengang Kindheitspädagogik

Auf Grundlage des Tagesbetreuungsaus-

baugesetzes und des Kinderförderungsgesetzes wurde in den vergangenen Jahren der quantitative Ausbau von Betreuungseinrichtungen - vor allem für Kinder unter drei Jahren mit einem Rechtsanspruch auf einen Betreuungsplatz in Deutschland enorm vorangetrieben. Führungskräfte von Kindertagesstätten und in Krippen bzw. in der Kindertagespflege tätige Personen stehen nun vor zahlreichen neuen qualitativen Herausforderungen, die es erfolgreich zu bewältigen gilt. Mit dem zehnsemestrigen Bachelor-Studiengang Kindheitspädagogik werden Kompetenzen zur Bewältigung dieser Herausforderungen vermittelt. eine Akademisierung des Berufsbildes vorangetrieben und eine Qualifizierung für Führungsaufgaben in der Kindheitspädagogik angestrebt. In Anwendung des LernCenter-Konzepts partizipieren an der Technischen Hochschule Deggendorf insgesamt 21 Teilnehmende am Bachelor-Studiengang in Präsenzveranstaltungen, Webkonferenzen und digitalen Selbstlernphasen. Ganz konkret beinhaltet das Lernmodul "Soziale Prozesse und Interaktion" einige Selbstlerneinheiten mit Tests zu Zeitmanagement und Lernstrategien. Diese Selbst-Tests sind als digitale Angebote in das Lern-Management-System eingebettet, um den Teilnehmenden die Chance zu geben, in Ruhe von zu Hause aus ihr Zeitmanagement und ihr Repertoire an Lernstrategien zu überprüfen und ggf. mit bereitgestellten Lernvideos und begleitenden Inhalten zu vertiefen. Darüber hinaus wird im Modul "Soziale Prozesse und Interaktion" das Lernen mit neuen Medien thematisiert und gleichzeitig mit digitalen Arbeits- und Lerntools (wie der Portfolio-Umgebung Mahara) implementiert. Durch diese Verzahnung der inhaltlichen Ausrichtung und der didaktischen Konzeption wird das Lernen mit neuen Medien erlebbar und die ubiquitäre und zeitlich asynchrone Verfügbarkeit der Inhalte mit der Vereinbarkeit von Familie, Beruf und Weiterbildung zusätzlich erhöht.

Dieses Höchstmaß an Flexibilität ist gerade für heterogene Gruppen, wie es im Kontext berufsbegleitender Weiterbildungen häufig der Fall ist, erforderlich. An der Technischen Hochschule Deggendorf ist eine abgeschlossene Erzieherausbildung die Voraussetzung die für Teilnahme Studiengang am "Kindheitspädagogik"; dementsprechend handelt es sich bei allen Teilnehmenden um ausgebildete Erzieherinnen bzw. Erzieher. Trotz dieser Gemeinsamkeit differiert die

Teilnehmerkohorte hinsichtlich des beruflichen Tätigkeitsfeldes (etwa Kindergarten oder Kinderhort in unterschiedlicher Trägerschaft), hinsichtlich der beruflichen Position Mitarbeitende (Leitungsfunktion hzw. ohne Leitungsfunktion) und letztlich auch hinsichtlich der Jahre an Berufserfahrung bzw. des biologischen Alters. Zudem sind die Teilnehmenden in unterschiedlicher Weise einer Doppel- oder Dreifachbelastung durch Studium, Familie und/oder Beruf ausgesetzt. Die Heterogenität der Studierendengruppe "Kindheitspädagogik" zeigt sich hinsichtlich des Technikverständnisses.

4.3 Erfahrungen in der Umsetzung

Die praktische Umsetzung des LernCenter-Konzepts im Bachelorstudiengang Kindheitspädagogik dem Zertifikat und Technische Betriebswirtschaft bot eine Reihe an Erfahrungen, die in diesem Abschnitt zusammengefasst und reflektiert werden. Diese Erfahrungen gliedern sich in die Bereiche der technischen Umsetzung, der didaktischen Begleitung der Dozierenden, in den Umgang mit Motivationsproblemen seitens der Teilnehmenden und in allgemeine organisatorische Herausforderungen. folgende Tabelle 2 zeigt eine Übersicht über verschiedene Ebenen bezüglich der Implikationen für die Praxis, die im Folgenden näher erläutert werden.

Tabelle 2: Implikationen für die praktische Anwendung des LernCenter-Konzepts.

Didaktik	Dozierendenschulungen Didaktisches Coaching der Dozierenden Lehrveranstaltungsevaluationen		
Technik	Ausreichende technische Infrastruktur der Räumlichkeiten Pretests der technischen Medien Technischer Support für die Dozierenden		
Webkonferenz	Bereitstellung der Lehrmaterialien an allen Standorten Unterstützung beim Umgang mit digitalen Selbstlerninhalten		

Die technische Umsetzung des LernCenter-Konzepts befasst sich insbesondere mit Videokonferenztechnik. Verschiedene LernCenter werden so miteinander verbunden, dass Teilnehmende unabhängig des eigenen Lernortes stetig und einschränkungsfrei am Unterrichtsprozess partizipieren können, sei es bei Vorträgen des Dozierenden, bei didaktischen Übungen Diskussionseinheiten oder Videokonferenztechnik liefert [34]. Die den Teilnehmenden dazu - über mehrere großformatige schwenkbare Kameras, Bildschirme, Headset einem für den Dozierenden und Deckenmikrofone Seminarraum – die technische Infrastruktur. Dabei hat es sich praktisch bewährt, Zeiten für technische Tests und Pilotierungen einzuplanen und dem Dozierenden technische Supportmöglichkeiten anzubieten.

Die didaktische Begleitung der Dozierenden ist ein kritischer Faktor für das Gelingen des LernCenter-Konzepts, weil die Dozierenden als wesentlicher Teil des Lehr-Lern-Prozesses den Lernerfolg der Teilnehmenden mitbestimmen. Konkret gestaltet sich die didaktische Begleitung in zwei Elemente. Einerseits wird den Dozierenden ein didaktisches Coaching angeboten: Alle Dozierenden nehmen obligatorisch an einer Dozentenschulung teil, in der ihnen die wesentlichen Aspekte des LernCenter-Modells vermittelt und mögliche Herausforderungen in der Implementierung vorab diskutiert werden. Weiterhin werden in Hospitationen einzelne Unterrichtseinheiten der Präsenzveranstaltungen beobachtet sowie virtuelle Lernangebote aus einer didaktischen Perspektive heraus betrachtet und in Gesprächen mit den Dozierenden auf ihre Gelingens- und Störfaktoren des Lernprozesses hin reflektiert.

Der Umgang mit Motivationsproblemen seitens der nicht-traditionell Studierenden erfordert ein gewisses Gespür für die Bedürfnisse, Sorgen und Lebenssituationen der Teilnehmenden. Aufgrund der Mehrfachbelastung mit familiären und beruflichen Pflichten, die bei nichttraditionell Studierenden häufig stärker ausfallen als bei grundständig Studierenden, können motivational-emotionale Stresssituationen entstehen [1]. Diese äußern sich besonders in Prüfungs- und Klausurzeiten. Ganz praktisch hat sich dabei bewährt, über eine kontinuierliche Evaluation der Lehrveranstaltungen und über Qualitätszirkel, in denen die Teilnehmenden ihre Wünsche und Bedürfnisse artikulieren können. ein Forum zu schaffen, in dem die motivationalen und emotionalen Herausforderungen und Lösungsansätze diskutiert werden können. Die größten Herausforderungen ergeben sich insbesondere in der Aktivierung der Teilnehmer in den technischen Szenarien, z.B. Gegenstandort der Videokonferenzübertragung oder in den Webkonferenzen.

Eine organisatorische Herausforderung in der Umsetzung des LernCenter-Konzepts stellt sich in der Verteilung und Bereitstellung der Lehrmaterialien dar. Kopien, Handouts und Material für didaktische Übungen müssen an den verschiedenen Standorten zur Verfügung stehen. Eine weitere organisatorische Herausforderung ist die Erstellung und Bereitstellung der digitalen Selbstlerneinheiten. Besonders für Teilnehmende, die mit computergestützten Inhalten noch wenig Erfahrung gemacht haben, ist eine Unterstützung sinnvoll und lohnenswert.

5. Ausblick

Das LernCenter-Konzept kombiniert Elemente von Präsenzveranstaltungen an verschiedenen, über Videotechnik miteinander verknüpften Seminarorten mit Webkonferenzen und digitalen Selbstlernangeboten in einem innovativen Modell für nicht-traditionell Studierende berufsbegleitenden Studiengängen Weiterbildungsmaßnahmen. Dabei ist didaktische Konzept der LernCenter inspiriert von der Vorstellung, die Vorteile verschiedener Lernformate miteinander zu verbinden, um die Nachteile einzelner Formate zu minimieren. Übergeordnetes Ziel ist eine Erhöhung der Studierbarkeit [1-5]. Da die zusätzlichen Anforderungen der Weiterbildungsteilnahme mit beruflichen und familiären Anforderungen konfligieren und manchmal nur schwer koordiniert werden können, sieht sich die berufsbegleitende Weiterbildung bzw. Studium an Hochschulen häufig mit Drop Out bzw. dem Kursabbruch von Teilnehmenden konfrontiert [6-9]. Als Möglichkeit, die Studierbarkeit zu erhöhen, wurde das Konzept des LernCenters entwickelt, um Teilnehmenden Partizipation an berufsbegleitenden Lernangeboten zu erleichtern. Das Konzept der LernCenter an der Technischen Hochschule Deggendorf reiht sich damit ein in eine Vielzahl innovativer Studienmodelle weiterer Hochschulen, die ihre Lehrangebote für nichttraditionell Studierende öffnen. In zukünftigen Forschungsarbeiten kann die Wirksamkeit des LernCenter-Konzepts durch begleitende Evaluationsforschung empirisch überprüft und anhand des Datenmaterials weiterentwickelt werden.

6. Literaturverzeichnis

- Marshall, Catherine A.; Nolan, Sam J.; Newton, Douglas P. (2016): Widening Participation, Higher Education and Non-Traditional Students. Supporting Transitions through Foundation Programmes. London: Palgrave Macmillan.
- [2] Schuetze, Hans. G.; Slowey, Maria (2002): Participation and exclusion: A comparative analysis of non-traditional students and lifelong learners in higher education. In: Higher Education 44 (3-4), S. 309–327.
- [3] Gegenfurtner, Andreas; Vauras, Marja (2012): Agerelated differences in the relation between motivation to learn and transfer of training in adult continuing education. In: Contemporary Educational Psychology 37 (1), S. 33–46.
- [4] Arnold, Rolf; Pätzold, Henning (2011): Weiterbildung und Beruf. In: Rudolf Tippelt und Aiga von Hippel (Hg.): Handbuch Erwachsenenbildung/ Weiterbildung. 5. Auflage. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden, S. 653–664.
- [5] Gegenfurtner, Andreas; Könings, Karen D.; Kosmajac, Nikola; Gebhardt, Markus (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.

- [6] Damşa, Crina I.; Froehlich, Dominik E.; Gegenfurtner, Andreas (2017): Reflections on empirical and methodological accounts of agency at work. In: Michael Goller und Susanna Paloniemi (Hg.): Agency at work: An agentic perspective on professional learning and development: Springer International Publishing (Professional and practice-based learning, Volume 20), S. 445–461.
- [7] Bowl, Marion; Bathmaker, Ann-Marie: Non-traditional students and diversity in higher education. In: James E. Côté und Andy Furlong (Hg.): Routledge Handbook of the Sociology of Higher Education. First published 2016 (Routledge international handbooks), S. 142–152.
- [8] Stoessel, Katharina; Ihme, Toni A.; Barbarino, Maria-Luisa; Fisseler, Björn; Stürmer, Stefan (2015): Sociodemographic Diversity and Distance Education: Who Drops Out from Academic Programs and Why? In: Research in Higher Education 56 (3), S. 228–246.
- [9] Schmidt, Bernhard (2011): Dropout in der Erwachsenenbildung. In: Zeitschrift für P\u00e4dagogik 57 (2), S. 203–213.
- [10] Reinhold, Sarah; Gegenfurtner, Andreas; Lewalter, Doris (2018): Social support and motivation to transfer as predictors of training transfer: Testing full and partial mediation using meta-analytic structural equation modeling. In: International Journal of Training and Development 22 (In Druck).
- [11] Gegenfurtner, Andreas; Vauras, Marja; Gruber, Hans; Festner, Dagmar (2010): Motivation to transfer revisited. In: Kimberly Gomez, Leilah Lyons und Joshua Radinsky (Hg.): Learning in the disciplines (Proceedings of the 9th International Conference of the Learning Sciences [ICLS 2010], Vol. 1). International Society of the Learning Sciences. Chicago, IL, USA, S. 452–459.
- [12] Quesada Pallarès, Carla; Gegenfurtner, Andreas (2015): Toward a unified model of motivation for training transfer: A phase perspective. In: Zeitschrift für Erziehungswissenschaft 18 (Suppl. 1), S. 107–121.
- [13] Gegenfurtner, Andreas; Reitmaier-Krebs, Martina; Fisch, Karina; Bomke, Christine; Oswald, Andreas; Resch, Christine; Schwab, Nina; Spagert, Lina; Weng, Gabriele; Zitt, Alexander; Stern, Wolfgang (2017): Reaktionen nicht-traditionell Studierender auf innovative Weiterbildungsangebote: Eine Evaluationsstudie in der berufsbegleitenden Weiterbildung. In: Andreas Grzemba (Hg.):

- Forschungsbericht 2016/2017. Wissens- und Technologietransfer der Technischen Hochschule Deggendorf (THD). Deggendorf, S. 73–78.
- [14] Gorges, Julia; Gegenfurtner, Andreas; Kuper, Harm (2015): Motivationsforschung im Weiterbildungskontext [Motivation research in training contexts]. In: Zeitschrift für Erziehungswissenschaft 18 (Sonderheft 30).
- [15] Lankes, Eva-Maria; Vaccaro, Didier; Gegenfurtner, Andreas (2013): Wie kommen Evaluationsteams zu ihrer Einschätzung der Unterrichtsqualität bei externen Evaluationen? In: Unterrichtswissenschaft 41 (3), S. 197–215.
- [16] Thieme, Paula; Brusch, Michael; Büsch, Victoria; Stamov Roßnagel, Christian (2015): Work context influences on older workers' motivation for continuing education. In: Zeitschrift für Erziehungswissenschaft 18 (Suppl. 18), S. 71-87.
- [17] Phillips, Jack J.; Pulliam Phillips, Patricia (2016): Handbook of training evaluation and measurement methods. 4th edition. London: Routledge (Improving human performance series).
- [18] Gegenfurtner, Andreas; Quesada Pallarès, Carla; Knogler, Maximilian (2014): Digital simulationbased training: A meta-analysis. In: British Journal of Eduational Technology 45 (6), S. 1097–1114.
- [19] Chalofsky, Neal; Morris, Michael Lane; Rocco, Tonette S. (Hg.) (2014): Handbook of human resource development. 1st ed. Hoboken, NJ: Wiley.
- [20] Siewiorek, A.; Gegenfurtner, Andreas (2010): Leading to win: The influence of leadership style on team performance during a computer game training. In: Kimberly Gomez, Leilah Lyons und Joshua Radinsky (Hg.): Learning in the disciplines (Proceedings of the 9th International Conference of the Learning Sciences [ICLS 2010], Vol. 1). International Society of the Learning Sciences. Chicago, IL, USA, S. 524–531.
- [21] Knogler, Maximilian; Gegenfurtner, Andreas; Quesada Pallarès, Carla (2013): Social design in digital simulations: Effects of single versus multiplayer simulations on efficacy beliefs and transfer. In: Nikol Rummel, Manu Kapur, Mitchell Nathan und Sadhana Puntambekar (Hg.): To See the World and a Grain of Sand: Learning across Levels of Space, Time, and Scale (Proceedings of the 10th International Conference on Computer Supported Collaborative Learning [CSCL], University of Wisconsin - Madison,

Andreas Gegenfurtner, Lina Spagert, Gabriele Weng, Christine Bomke, Karina Fisch, Andreas Oswald, Martina Reitmaier-Krebs, Christine Resch, Nina Schwab, Wolfgang Stern, Alexander Zitt

- June 15th-19th 2013). Madison, WI (Vol. 2), S. 293–294.
- [22] Wang, Shiang-Kwei; Hu, Hui-Yin (2008): Use of the webinar tool (Elluminate) to support training: The effects of webinar-learning implementation from student-trainers' perspective. In: Journal of Interactive Online Learning 7 (3), S. 175–194.
- [23] Gegenfurtner, Andreas (2011): Motivational influences on transfer: Dimensions and boundary conditions. Turku, Finland: Painosalama.
- [24] Lehtinen, Erno (2010): The potential of teaching and learning supported by ICT for the acquisition of deep conceptual knowledge and the development of wisdom. In: Erik de Corte und Jens Erik Fenstad (Hg.): From information to knowledge, from knowledge to wisdom. Challenges and changes facing higher education in the digital age (Proceedings from a symposium held in Stockolm, 5-7 november 2009). London: Portland Press (Wenner-Gren international series, 85), S. 79–88.
- [25] Brand-Gruwel, Saskia; Testers, Laurent; Gegenfurtner, Andreas (2014): Motivation to transfer: Factors influencing transfer of learned competences to the job. In: A. Baran und et al. (Hg.): New technologies and the future of teaching. Proceedings of the EADTU The Open and Flexible Higher Education Conference 2014 (October 23rd-24th 2014; AGH University of Science and Technology, Krakow, Poland). Krakau, Polen, S. 63-74.
- [26] Testers, Laurent; Gegenfurtner, Andreas; Brand-Gruwel, Saskia (2015): Motivation to transfer learning to multiple contexts. In: Lourense Das, Saskia Brand-Gruwel, Kees Kok und Jaap Walhout (Hg.): The School Library Rocks: Living it, Learning it, Loving it. Proceedings of the 44th International Association of School Librarianship International Conference, Incorporating the 19th International Forum on Research in School Librarianship (Welten Institute of the Open University Netherlands and Meles Meles School Library Service; June 28th-July 2nd 2015; Maastricht, Netherlands). Heerlen, Niederlande, S. 473–487.
- [27] Gerstenmaier, Jochen; Mandl, Heinz (2011): Konstruktivistische Ansätze in der Erwachsenenbildung und Weiterbildung. In: Rudolf Tippelt und Aiga von Hippel (Hg.): Handbuch Erwachsenenbildung/ Weiterbildung. 5. Auflage. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden, S. 169–178.

- [28] Faulstich, Peter (2011): Weiterbildung und Technik. In: Rudolf Tippelt und Aiga von Hippel (Hg.): Handbuch Erwachsenenbildung/Weiterbildung. 5. Auflage. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden, S. 665–686.
- [29] Al Lily, Abdulrahman E.; Foland, Jed; Stoloff, David; Gogus, Aytac; Erguvan, Inan D.; Awshar, Mapotse T.; et al. (2017). Academic domains as political battlegrounds: A global enquiry by 99 academics in the fields of education and technology. In: Information Development 33 (3), S. 270-288.
- [30] Broadbent, Jaclyn; Poon, Walter L. (2015): Self-regulated learning strategies & academic achievement in online higher education learning environments. A systematic review. In: The Internet and Higher Education 27 (October), S. 1–13.
- [31] Fisch, Karina; Reitmaier-Krebs, Martina (Hg.) (2016): Flexibles Lernen. Didaktisches Konzept im Projekt DEG-DLM. Technische Hochschule Deggendorf (THD). Deggendorf.
- [32] Gegenfurtner, Andreas; Fisch, Karina; Reitmaier-Krebs, Martina (2017): Disziplinäre Fachkultur als Einflussgröße auf die studentische Akzeptanz von E-Learning-Angeboten an Hochschulen. In: Deutsches Zentrum für Hochschul- und Wissenschaftsforschung (DZHW) (Hg.): Digitalisierung der Hochschulen: Forschung, Lehre, Administration. 12. Jahrestagung der Gesellschaft für Hochschulforschung (Hannover, 30.-31. März 2017), S. 6–7.
- [33] Coenen, Anja; Fisch, Karina; Oswald, Andreas; Reitmaier-Krebs, Martina; Seifert, Ilona (2015): Istund Bedarfsanalyse im Rahmen des Projekts DEG-DLM. Technische Hochschule Deggendorf (THD). Deggendorf.
- [34] Zitt, Alexander; Oswald, Andreas (Hg.) (2016): Technik-Konzept. Technische Hochschule Deggendorf (THD). Deggendorf.



Dr. Andreas Gegenfurtner

Andreas Gegenfurtner studied Educational Science, Psychology, and Sociology at the University of Regensburg. He received his PhD in Educational Science at the University of Turku (Finland). From 2012 to 2014 he was a post-doc researcher at the Technical University of Munich and a visiting professor at the University of Cambridge (England). He was subsequently appointed to Maastricht University (The Netherlands), where he worked as an assistant professor from 2014 to 2016. In 2016, he returned to his hometown Deggendorf and since then has been engaged as a researcher and project manager at the Further Education Centre (IQW), which is affiliated to Deggendorf Institute of Technology (DIT). His research specializes in technology-enhanced learning, training motivation, and the development of expertise.

Andreas Gegenfurtner studierte Pädagogik, Psychologie und Soziologie an der Universität Regensburg. Er promovierte an der Universität Turku (Finnland) im Fach Erziehungswissenschaften. Von 2012 bis 2014 war er Post-Doc an der TU München und Gastprofessor an der Universität Cambridge (England). Von 2014 bis 2016 war er Juniorprofessor an der Universität Maastricht (Niederlande). Im Jahr 2016 kehrte er in seine Heimatstadt Deggendorf zurück und arbeitet seitdem als wissenschaftlicher Mitarbeiter und Projektleiter am Institut für Qualität und Weiterbildung (IQW) an der THD. Seine Forschung fokussiert auf digitale Lernumgebungen, E-Learning, Trainingsmotivation und die Entwicklung beruflicher Kompetenz und Expertise.

Kontakt / Contact

■ andreas.gegenfurtner@th-deg.de



Lina Spagert

Lina Spagert completed her Bachelor's degree in Social Work at the OTH/University of Applied Sciences Regensburg. At the moment, she is studying in a Master's degree programme on applied research in social work at the University of Applied Sciences Munich. Alongside her studies, she is working as a researcher in the project DEG-DLM.

Lina Spagert absolvierte ihren Bachelor-Abschluss in Sozialer Arbeit an der Ostbayerischen Technischen Hochschule (OTH) in Regensburg. Momentan studiert sie an der Hochschule München im Masterstudiengang "Angewandte Forschung in der Sozialen Arbeit". Neben dem Studium arbeitet sie im Projekt DEG-DLM als wissenschaftliche Referentin.

Kontakt / Contact

☑ lina.spagert@th-deg.de

Andreas Gegenfurtner, Lina Spagert, Gabriele Weng, Christine Bomke, Karina Fisch, Andreas Oswald, Martina Reitmaier-Krebs, Christine Resch, Nina Schwab, Wolfgang Stern, Alexander Zitt



Gabriele Weng

Gabriele Weng studied German Literature, Philology and Linguistics as well as History of Arts at Ludwig Maximilians University of Munich. She finished her studies with the degree Magister Artium. Additionally, she earned a Bachelor's degree in Educational Sciences at the Distance-Learning University in Hagen while being fully employed. From 1982 until 1987 she was engaged as a specialized journalist and editor on topics of special interest for the computer magazine CHIP. Subsequently, from 1988 until 1997, she worked as a journalist, editor and PR manager for different clients. From 1994 until 2011 she was an employee, and later a project manager within different projects for job-related integration. Moreover, she is a part-time educational consultant for media at the Media Education Foundation of the Bavarian State Centre for New Media. Since 2016, she has been a scientific assistant in the project DEG DLM at DIT, in which she is responsible for didactics.

Gabriele Weng studierte Germanistik und Kunstgeschichte an der Ludwig-Maximilians-Universität in München. Das Studium wurde mit dem Magister Artium abgeschlossen. Zusätzlich erwarb sie berufsbegleitend den Bachelor of Arts in Bildungswissenschaften an der FernUni Hagen. Von 1982 bis 1987 arbeitete sie für die Computer-Zeitschrift CHIP als Redakteurin für Special-Interest-Themen, von 1988 bis 1997 als freie Journalistin, Redakteurin und in der Öffentlichkeitsarbeit für verschiedene Auftraggeber. Von 1994 bis 2011 war sie Mitarbeiterin, dann Leiterin in verschiedenen Projekten zur Berufsintegration. Nebenamtlich ist sie als medienpädagogische Referentin im Netzwerk der Stiftung Medienpädagogik der Bayerischen Landeszentrale für neue Medien tätig. Seit 2016 ist sie für das Projekt DEG-DLM an der Technischen Hochschule Deggendorf als wissenschaftliche Mitarbeiterin im Bereich Didaktik tätig.

Kontakt / Contact

☑ gabriele.weng@th-deg.de



Christine Bomke

Christine Bomke studied Social Work at the OTH/University of Applied Sciences Regensburg and the University of Applied Sciences Nuremberg. At both institutions, she specialized on social research and management. She finished her studies with a Master of Arts degree in Social Work. She has been supporting the project DEG-DLM as a researcher since April 2017.

Christine Bomke studierte Soziale Arbeit an der Ostbayerischen Technischen Hochschule Regensburg und der Technischen Hochschule Nürnberg mit den Schwerpunkten Sozialforschung und Sozialmanagement. Ihre Studien schloss sie mit dem Master of Arts ab. Seit April 2017 unterstützt sie das Projekt DEG-DLM als wissenschaftliche Mitarbeiterin.

Kontakt / Contact

☑ christine.bomke@th-deg.de



Dr. Karina Fisch

Karina Fisch studied Educational Sciences at the University of Regensburg, where she received her PhD in the same subject. From 2009 to 2011, she was employed part-time within projects related to training and development at the Hans Lindner Institute and part-time as an advisor for further education at DIT. From 2011 to 2014 she was a full-time advisor for further education at DIT. From 2014 to date, she is a researcher at the Further Education Center (IQW), which is affiliated to DIT.

Karina Fisch studierte Pädagogik an der Universität Regensburg, wo sie auch erfolgreich promovierte. Von 2009 bis 2011 war sie Projektmitarbeiterin für Weiterbildung am Hans Lindner Institut (Teilzeit) und Weiterbildungsreferentin am Weiterbildungszentrum der Technischen Hochschule Deggendorf (Teilzeit). Von 2011 bis 2014 arbeitete sie in Vollzeit als Weiterbildungsreferentin am Weiterbildungszentrum der THD. Seit 2014 ist sie wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Qualität und Weiterbildung (IQW).

Kontakt / Contact

⊠ karina.fisch@th-deg.de

Andreas Gegenfurtner, Lina Spagert, Gabriele Weng, Christine Bomke, Karina Fisch, Andreas Oswald, Martina Reitmaier-Krebs, Christine Resch, Nina Schwab, Wolfgang Stern, Alexander Zitt



Andreas Oswald

Andreas Oswald completed a vocational training as an IT specialist in application development at the vocational training college in Passau. From this time onwards, he worked on video and web conference solutions and on several software projects at DIT. Ever since 2015, he has been a part-time student of Business Informatics at DIT.

Andreas Oswald schloss eine Ausbildung zum Fachinformatiker in Anwendungsentwicklung an der Berufsakademie Passau ab. Seitdem arbeitet er an Video- und Webkonferenz-Lösungen und an diversen Software-Projekten an der THD. Seit 2015 studiert er berufsbegleitend Wirtschaftsinformatik an der THD.

Kontakt / Contact

□ andreas.oswald@th-deg.de



Dr. Martina Reitmaier-Krebs

Martina Reitmaier-Krebs studied Educational Science and Computer Science at the University of Potsdam. She received her PhD in Educational Science at the Technical University of Dresden and the University of Bergen (Norway). From 2006 until 2008, she was a researcher at the media center of the Technical University of Dresden. Since 2007, she has been running the E-learning competence center at DIT. She was a honorary lecturer at the Technical University of Dresden and at Dresden International University from 2008 to 2009 and was employed at the media center at the Technical University of Dresden from 2009 to 2011. From 2011 until 2014, she was a researcher in the area of usability at DIT. Since 2014, she has been a researcher and project manager at the Further Education Center (IQW), which affiliated to DIT.

Martina Reitmaier-Krebs studierte Erziehungswissenschaft und Informatik an der Universität Potsdam. Sie promovierte in Erziehungswissenschaft an der Technischen Universität Dresden und der Universität Bergen (Norwegen). Von 2006 bis 2008 war sie wissenschaftliche Mitarbeiterin am Medienzentrum der TU Dresden. Seit 2007 leitet sie das Kompetenzzentrum E-Learning an der THD. Von 2008 bis 2009 war sie mit Honorartätigkeiten an der TU Dresden und der Dresden International University beauftragt und von 2009 bis 2011 war sie am Medienzentrum der TU Dresden tätig. Von 2011 bis 2014 war sie wissenschaftliche Mitarbeiterin im Bereich Usability der THD. Seit 2014 ist sie wissenschaftliche Mitarbeiterin und Projektleiterin am Institut für Qualität und Weiterbildung (IQW).

Kontakt / Contact

☐ martina.reitmaier-krebs@th-deg.de



Christine Resch

Christine Resch received her Diploma in Business Administration at DIT in 2006. During the following 5 years she worked at a Starnberg-based tour operator. Christine Resch has been a part-time employee at DIT since 2013. During the first two years she worked as assistant for Tourism Management studies at the faculty of Applied Economics and since early 2015 as advisor for further education in the area of marketing and assistance/support within the project DEG-DLM.

Christine Resch schloss 2006 ihr Diplom-Studium der Betriebswirtschaft an der Fachhochschule Deggendorf ab, danach war sie 5 Jahre lang bei einem Reiseveranstalter in Starnberg tätig. Seit 2013 arbeitet Christine Resch in Teilzeit an der THD. In den ersten beiden Jahren war sie Studiengangsassistentin für Tourismusmanagement an der Fakultät für Angewandte Wirtschaftswissenschaften, seit Anfang 2015 ist sie im Projekt DEG-DLM als Weiterbildungsreferentin im Bereich Marketing und Seminarbetreuung tätig.

Kontakt / Contact

☑ christine.resch@th-deg.de



Nina Schwab

Nina Schwab received her Bachelor's degree in Business Administration from DIT. She has been working as an advisor for further education at the Further Education Center (IQW) since March 2017. There, she is responsible for the contents of two on-the-job training programmes: a Bachelor's degree programme in childhood pedagogics and a certificate in Supply Chain Management.

Nina Schwab absolvierte ihr Bachelorstudium in Betriebswirtschaft an der THD. Seit März 2017 arbeitet sie als Weiterbildungsreferentin im Projekt DEG-DLM am Institut für Qualität und Weiterbildung (IQW). Sie ist inhaltlich für den berufsbegleitenden Bachelorstudiengang Kindheitspädagogik sowie für das Zertifikat Supply Chain Management verantwortlich.

Kontakt / Contact

☑ nina.schwab@th-deg.de

Andreas Gegenfurtner, Lina Spagert, Gabriele Weng, Christine Bomke, Karina Fisch, Andreas Oswald, Martina Reitmaier-Krebs, Christine Resch, Nina Schwab, Wolfgang Stern, Alexander Zitt



Wolfgang Stern

Wolfgang Stern studied Telecommunications Engineering at the University of Applied Sciences in Regensburg. Subsequently, he earned a Bachelor's degree in Information Systems and Management and a Master's degree in Business Administration at DIT while working full-time. From 1998 until 2011 he was engaged in IT projects at Deutsche Telekom AG. Since 2001, he has been working at DIT, where he runs the Further Education Center (IQW). As head of department, he is responsible for several areas, including training and development, quality management, E-learning, and multiple projects dedicated to learning and instruction. In addition, he is a lecturer in the subjects of operating systems and computer science in economics. Since 2013, he has been representing the non-scientific staff of DIT in the Senate and University Council.

Wolfgang Stern studierte Nachrichtentechnik an der Fachhochschule Regensburg. Zusätzlich erwarb er berufsbegleitend den Bachelor of Information Systems und Management sowie einen Master of Business Administration an der THD. Von 1998 bis 2011 war er in IT-Projekten der Deutschen Telekom tätig. Seit 2001 ist er an der Technischen Hochschule Deggendorf beschäftigt. Er leitet dort das Institut für Qualität und Weiterbildung (IQW). Als Institutsleiter verantwortet er die Bereiche Weiterbildung, Qualitätsmanagement und E-Learning sowie mehrere Projekte der Lehre. Im Nebenamt unterrichtete er als Lehrbeauftragter die Fächer Betriebssysteme und Wirtschaftsinformatik. Seit 2013 vertritt er die nichtwissenschaftlichen Mitarbeiter der Hochschule in Senat und Hochschulrat.

Kontakt / Contact

☑ wolfgang.stern@th-deg.de



Alexander Zitt

Alexander Zitt studied Media Technology at DIT. After graduating in 2012, he worked as a producer and programme manager at the local TV station Tele Regional Passau 1. In mid-2015, Alexander Zitt returned to DIT as a technical employee, where he still works at the Further Education Center (IQW). His main tasks include E-Learning, video production, as well as the realization of video and web conferences.

Alexander Zitt studierte Medientechnik an der Technischen Hochschule Deggendorf. Nach Abschluss des Studiums im Jahr 2012 arbeitete er beim lokalen Fernsehsender Tele Regional Passau 1 im Bereich TV-Produktion und Sendeabwicklung. Mitte 2015 kehrte Alexander Zitt als Technischer Mitarbeiter an die THD zurück. Er arbeitet dort im Institut für Qualität und Weiterbildung (IQW). Seine Aufgabenschwerpunkte liegen im Bereich E-Learning, Videoproduktion und Realisierung von Video- und Webkonferenzen.

Kontakt / Contact

☐ alexander.zitt@th-deg.de



Industrial-Ethernet-Protokolle: Sicherheitsrisiko Layer-2-Switch

Peter Semmelbauer



ABSTRACT

Der Einsatz bewährter, ethernetbasierter Technologien in der Automatisierungstechnik bringt viele Vorteile, aber birgt auch große Gefahren. Angriffsszenarien, die bisher nur im Office-Netzwerk eines Unternehmens anwendbar waren, lassen sich nun auch für Attacken auf Automationsebene nutzen. Ein bekanntes Szenario ist Port-Stealing. Dabei wird eine Schwachstelle in der Architektur von Layer-2-Switches genutzt. Wie ein solcher Angriff bei industriellen Ethernet-Protokollen funktioniert, wird nachfolgend am Beispiel von Profinet IO gezeigt.

Using well-established, Ethernet-based systems in automation technology has many advantages, however, also harbors great dangers. Attack scenarios which had so far been limited to corporate office networks have now been extended to the automation level. Port stealing is a well-known method. The port stealing attack exploits weak spots in the layer 2 switch architecture. Using the example of Profinet IO, the following article illustrates how such an attack on industrial Ethernet communication protocols works in practice.

KEYWORDS

Profinet IO, Hacking, Industrial Security, Profinet Hacking, Layer 2 Angriff/attack, Port Stealing

Profinet IO, hacking, industrial security, Profinet hacking, layer 2 attack, port stealing

Switches sind Kopplungselemente, welche die Teilnehmer eines Netzwerks miteinander verbinden und Pakete anhand von Informationen der Sicherungsschicht (Schicht 2 des ISO/OSI-Modells) weiterleiten. Jeder Teilnehmer eines Netzwerks besitzt eine Hardware-Adresse (MAC-Adresse). Um einem Gerät einen (physikalischen) Port zuzuordnen, analysiert der Switch die auf einem Port empfangenen

Pakete und liest die Quell-MAC-Adresse aus. Er speichert diese in einer Tabelle, der Source-Address-Table (SAT) ab. Empfängt der Switch ein Paket von Endgerät 2 mit der Quelladresse ...:02, welches die Zieladresse ...:01 enthält, kann er anhand der Einträge in der SAT feststellen, hinter welchem Port der Empfänger (Endgerät 1) zu finden ist (Port 1) und leitet es dorthin weiter (vgl. Beispiel Abbildung 1).

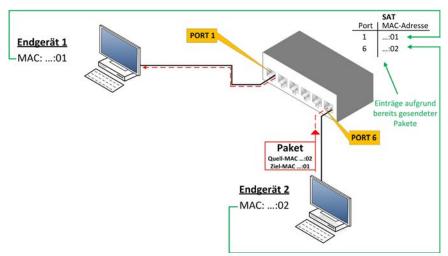


Abbildung 1: Switch erkennt anhand der Einträge in der SAT den jeweiligen Port.

Wechselt ein Gerät den Port, muss der Switch diesen Vorgang erkennen, um eine Weiterleitung von Paketen an diesen Teilnehmer sicherzustellen. Der Switch handelt dynamisch und schreibt die SAT entsprechend um. Allerdings kann ein Angreifer diesen Mechanismus nutzen und Pakete "stehlen" (daher Port-Stealing). Hierzu muss dieser einen physikalischen Zugang zum Switch besitzen (Port 3). Sendet er ein (manipuliertes) Paket mit der MAC-Adresse von Endgerät 1 als Quelle und einer beliebigen als Ziel (im Beispiel seine eigene), wird die SAT aktualisiert und der Angreifer erhält das an Endgerät 1 adressierte Paket (vgl. Beispiel Abbildung 2).

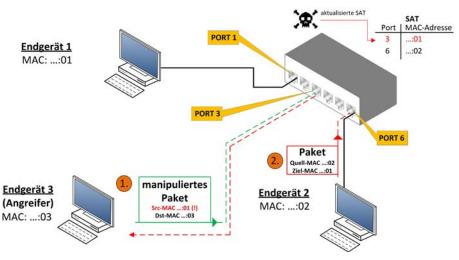


Abbildung 2: Angreifer überschreibt die SAT und erhält die für Endgerät 1 bestimmten Daten.

Mögliche Angriffsszenarien

Werden kontinuierlich derartige Pakete versandt, gelangen die an das Opfer adressierten Daten nicht mehr an ihr eigentliches Ziel – die klassische Denial-of-Service-Attacke. In industriellen Netzwerken können damit wichtige Komponenten vom Netzwerk getrennt

werden, was schwerwiegende Folgen haben kann. Doch i. d. R. werden Systeme, die über Profinet IO kommunizieren, so projektiert, dass bei einer vorbestimmten Zeitspanne ohne Paketeingang eine Alarmmeldung gegeben wird. Das betroffene Gerät wird in einen sicheren Zustand versetzt und der Operator beginnt mit der Fehlersuche.

Ein gefährlicheres Szenario ist der Man-inthe-Middle-Angriff (MITM-Angriff). Dabei positioniert sich der Angreifer zwischen zwei Netzwerkteilnehmern und kann dadurch übertragene Daten mitlesen oder manipulieren. Dies stellt sowohl aus datenschutzrechtlicher Sicht, als auch aus Gründen der Betriebssicherheit ein hohes Risiko dar.

Datenübertragung bei Profinet IO

Bei Profinet IO werden die Prozessdaten zwischen der Baugruppe, in der das Automatisierungsprogramm abläuft (IO-Controller) und dem Feldgerät (IO-Device) zyklisch übertragen. Der Datenaustausch erfolgt in einem parametrisierbaren Takt (abhängig von Gerät und Anlagengröße), die Zykluszeit liegt im ms-Bereich (typischer Wert: 4 ms).

Beim Prozessdatenaustausch wird zur

Identifizierung der Teilnehmer nur die MAC-Adresse verwendet. Konfigurations- und Diagnoseinformationen werden azyklisch über einen separaten Kanal versandt. Hierzu benötigt jeder Teilnehmer eine IP-Adresse.

MITM bei Profinet IO

Ein Angreifer gelangt an die für ihn relevanten Informationen (MAC-/IP-Adressen, Geräterolle, d. h. Controller oder Device) über das Discovery and Configuration Protocol (DCP). Dabei schickt dieser einen DCPIdentifyRequest an alle Teilnehmer eines Netzwerkssegements (Broadcast) und erhält von jedem eine DCPIdentifyResponse-Nachricht mit den benötigten Informationen. Anschließend kann er das in Tabelle und Abbildung 3 beschriebene Szenario ausführen und besitzt die volle Kontrolle über den Datenverkehr.

Schritt	Beschreibung	SAT Zustand
0	Ausgangszustand	A
1	Der Angreifer "stiehlt" den Port des Controllers, indem er ein gefälschtes Paket mit der Quell-MAC des Devices sendet (Quell-MAC_Dev).	В
2	Damit erhält er die für das Device bestimmten Prozessdaten (Prozessdaten Von Contr).	В
3	Anschließend sendet er ein Paket mit der Quell-MAC des Controllers (Quell-MAC_Contr).	С
4	Der Angreifer erhält die Prozessdaten des Devices (Prozessdaten Von Dev).	D
5	Weiterleitung der geänderten Prozessdaten vom Controller (manipulierte Prozessdaten Von Contr) an das Device.	D
6	Um die geänderten Daten des Devices (manipulierte Prozessdaten Von Dev) an den Controller senden zu können, muss die SAT des Switches wieder umprogrammiert werden. Hierzu nutzt der Angreifer das Address Resolution Protocol (ARP), dass zur MAC-/IP-Adresszuordnung verwendet wird. Dabei wird mithilfe eines ARP Broadcasts nach der IP-Adresse des Controllers gefragt.	D
7	Antwort des Controllers mit einem ARP Response.	Е
8	Weiterleitung der geänderten Prozessdaten vom Device (manipulierte Prozessdaten Von Dev) an den Controller.	F
9	Anschließend erhält der Angreifer die Daten vom Controller (Prozessdaten Von Controller).	F
10	Anschließend sendet er ein Paket mit der Quell-MAC des Controllers (Quell-MAC_Contr) um das MITM-Szenario aufrechtzuerhalten.	G

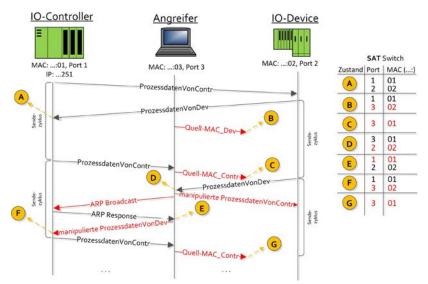


Tabelle und Abbildung 3: Port-Stealing-Algorithmus bei Profinet IO.

Auswahl an Schutzmaßnahmen

Um einen effektiven Schutz zu gewährleisten, sollte ein mehrstufiges Sicherheitskonzept implementiert werden. **Basis** Konzepts ist ein wirksamer Zugriffsschutz. Mit Hilfe Zutrittskontrollen muss von Unbefugten der unmittelbare, physische Zugang zu Steuerungskomponenten Netzwerkhardware verwehrt bzw. erschwert werden.

Moderne Switches bieten zudem ein Sicherheitsfeature (MAC-Locking), dass es ermöglicht, die SAT statisch zu schalten und an eine MAC-Adresse zu binden. Meist erlauben diese auch die ungenutzten Ports zu deaktivieren. Sollte ein Angreifer trotz Zutrittskontrollen sich physischen Zugang zum System verschaffen, müsste dieser ein angeschlossenes Gerät vom Netz trennen und mit dessen MAC-Adresse das Angriffsszenario ausführen. Im Regelfall wird das (wenn auch nur kurzzeitige) Entfernen eines Geräts protokolliert. Damit lässt sich ein Angriff zwar nicht verhindern, aber besser zurückverfolgen. Ist zusätzlich portbasierte Authentifizierung nach IEEE 802.1X konfiguriert, setzt man eine hohe Hürde für den Angreifer. Mit Hilfe dieser Technologie wird ein Port vom Switch erst dann für die Kommunikation freigegeben, nachdem sich das angeschlossene Gerät authentisiert hat. Hierzu übermittelt das Gerät vor dem Verbindungsaufbau vorher festgelegte

Authentisierungsdaten an ein zentrale Instanz, die diese Informationen überprüft. Ist die Verifizierung nicht erfolgreich, verwehrt der Switch den Zugriff zum Netzwerk. Gelangt ein Angreifer nicht an die Authentisierungsdaten, erhält er keinen Zugang und kann damit das Port-Stealing-Szenario nicht ausführen.

Eine Möglichkeit Angriffe zu erkennen, ist der Einsatz eines Intrusion Detection Systems (IDS). Das IDS wird mittels Sensoren in das industrielle Netzwerk integriert und überwacht kontinuierlich den Datenverkehr. Dabei nimmt ein Sensor einzelne Pakete im Netzwerkfluss auf und untersucht diese mit geeigneten Algorithmen auf Abweichungen. Im beschriebenen MITM-Szenario werden fortlaufend ARP-Pakete verschickt. Diese stellen eine Anomalie dar und sind ein derartige Angriffsindikator. Tritt eine Abweichung im System auf, wird dies dem Operator gemeldet und er kann entsprechenden Gegenmaßnahmen einleiten.

Eine weitere Schutzmöglichkeit ist die Absicherung der Kommunikationswege. Hierzu das IEEE 802.1AEwird im Standard beschriebene MACsec-Verfahren angewandt und bietet neben erweiterten Integritätsschutzmechanismen, zudem Möglichkeit den Datenverkehr auf Layer 2 zu verschlüsseln.

Wird ein Automationssystem mit den erläuterten Methoden abgesichert, bietet es einem potentielle Angreifer eine recht geringe Angriffsfläche. Port-Stealing-Szenarien werden damit deutlich erschwert.



Peter Semmelbauer, M.Eng.

Peter Semmelbauer hat an der Technischen Hochschule Deggendorf (THD) ein Bachelorstudium in Angewandter Informatik/Infotronik mit dem Studienschwerpunkt Embedded Systems absolviert.

Anschließend war er als Projektingenieur am Institut ProtectIT beschäftigt. In verschiedenen Forschungsprojekten befasste er sich mit der Sicherheit von industriellen Anlagen und Gebäudeautomationssystemen. Er absolvierte ein Master-Studium in "Applied Research in

Engineering Sciences" und schloss dieses Anfang 2018 ab.

Peter Semmelbauer studied "Applied Computer Sciences" (BA) with a focus on Embedded Systems at Deggendorf Institute of Technology (DIT) and was later employed as a project engineer at the institute ProtectIT at DIT. In several research projects he analyzed cyber security risks of industrial plants and building automation systems. He recently successfully finished the master programme "Applied Research in Engineering Sciences".

Nachdruck von / Reprint from:

Semmelbauer, Peter

Industrial-Ethernet-Protokolle: Sicherheitsrisiko Layer-2-Switch

In: Industrie 4.0-Magazin - Zeitschrift für die vierte industrielle Revolution, TeDo Verlag GmbH, 35043 Marburg (Heft 1/2017)

Online verfügbar unter http://www.i40-magazin.de/allgemein/industrial-ethernet-protokolle-sicherheitsrisiko-layer-2-switch/



Quantitative Untersuchung zur Reduzierung der Messzeit in der dimensionellen Computertomographie

Thomas Fischer*

Mario Salzinger

Daniel Heinz

Jochen Hiller

ABSTRACT

Einer der häufig genannten Nachteile für Computertomographie-(CT-) Anwender in der industriellen Praxis ist der Zeitfaktor. Für einen messtechnisch auswertbaren CT-Scan ist das System in den meisten Fällen mindestens 30 Minuten lang ausgelastet, je nach Prüfobjekt und Genauigkeitsanforderungen oft auch deutlich länger. Ziel dieser Untersuchung ist es, mit derzeitig möglichen Methoden herauszufinden, wie die Scanzeiten verringert werden können und wie sich diese Reduzierung auf die Qualität der Messung bezüglich Messgenauigkeit und Wiederholgenauigkeit auswirkt. Nach Auswahl und taktiler Referenzmessung eines Prüfkörpers werden mit dem 360° Stop&Go-Verfahren sowie mit zwei weiteren Scanstrategien, der 180° CT und der FlyBy-CT, Messdaten erzeugt. Es folgt ein Vergleich der Messergebnisse und der Messzeiten. Bei der 180°-Messung wird das Objekt intermittierend um die Hälfte rotiert, wohingegen beim FlyBy-Modus eine kontinuierliche Objektbewegung ohne Abbremsung erfolgt. Beide Messverfahren haben sich für diverse Anwendungsszenarien bewährt. Die größte Messzeitreduzierung ist beim Einsatz des FlyBy-Modus zu erwarten. Im Vergleich dazu bietet der 180°-Modus ebenfalls Vorteile, auch wenn die erwartete Scanzeit gegenüber dem FlyBy-Modus länger ist. Mit diesem lässt sich trotz der Möglichkeit zur Bildmittelung Scanzeit einsparen, gegenüber dem herkömmlichen 360°-Scanverfahren lässt sich aber zudem bei gleichbleibender Zeit eine erhöhte Rauschreduzierung erzielen.

One of the biggest disadvantages operators complain about in the field of industrial computed tomography is the time factor. CT scans for measuring purposes will usually take at least 30 minutes, yet often noticeably longer, depending on the specimen and accuracy requirements. The purpose of this research is to determine how scan times can be reduced by applying the currently available methods and to assess in which way this reduction influences measurement quality with regards to measurement accuracy and repeatability. After choosing a test specimen and performing tactile measurements to determine the nominal values, measurement data is generated by using the 360° Stop&Go procedure, the 180° CT and the FlyBy-CT. Then the measurement results and durations are compared with each other. Measurements using the 180° procedure are performed by intermittently rotating the object by 180 degrees, whereas the FlyBy mode involves a continuous object movement without deceleration. Both CT modes are well proven in various applications. Out of all three methods, the FlyBy mode has the greatest potential for reducing overall scan times. In comparison, the 180° mode also has its advantages, although the expected scan times are longer compared to the FlyBy mode. This CT mode offers the opportunity to reduce scan times despite the option of image averaging. In addition, compared to the conventional 360° scan procedures, it is possible to achieve a higher level of noise reduction within a constant time.

^{*}Alle Autoren sind Angehörige der Technischen Hochschule Deggendorf, Fraunhofer Anwendungszentrum CT in der Messtechnik.

KEYWORDS

Messzeit, Short-Scan, Scanstrategie, CT, FlyBy, CT-Messtechnik, On the Fly, Messgenauigkeit

Scan time, short scan, scan strategy, CT, FlyBy, CT measurement technology, on-the-fly, measurement accuracy

1. Einleitung

In der zukünftigen Qualitätssicherung besteht vor allem in Anbetracht des Wandels durch Industrie 4.0 ein zunehmender Bedarf. statistische Qualitätskontrollen durch eine Vollprüfung mit ständigem Monitoring des Fertigungsprozesses zu ersetzen. Dazu haben Experten des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI) bereits im Jahr 2011 eine sogenannte Roadmap der Fertigungsmesstechnik 2020 erstellt. Die wichtigsten Herausforderungen für die Qualitätssicherung der Zukunft lassen sich mit den Schlagworten "schneller", "flexibler" "genauer", "sicherer", sowie "ganzheitlich" zusammenfassen. [1, Die vorliegende Arbeit bezieht sich auf Aspekt der Messzeitreduzierung. Konkret geht es darum, Messzeiten in der Erstmusterprüfung, bei serienbegleitendenden Oualitätskontrollen und beim Einsatz produktionsintegrierter Messsysteme nachhaltig zu verringern. Gleichzeitig wächst in der industriellen Praxis der Wunsch nach Oualitätsregelkreisen. Hier gilt es vor allem, die Ein- und Ausgangsgrößen eines Prozesses zu bestimmen und bei Fertigungsabweichungen ohne Verzögerung Maßnahmen abzuleiten. Grundvoraussetzung dazu ist ein schnelles und genaues Messsystem [3]. Die industrielle Röntgencomputertomographie (CT) Messmittel ist für dieses Anwendungsszenario aufgrund der geforderten Messdauer für den Fertigungsprozess momentan nur eingeschränkt einsetzbar. Ein Primärziel ist daher, die geforderten Messzeiten zu erreichen, die Integration der CT-Messtechnik in den Fertigungsprozess zu ermöglichen und zugleich den Anforderungen des Qualitätsmanagements in puncto Genauigkeit und Sicherheit gerecht zu werden.

Bezüglich der Forderung der "Ganzheitlichkeit" liegt der Vorteil gegenüber anderen, herkömmlichen taktilen oder optischen Messsystemen deutlich bei der CT [4, 5]. Abbildung 1 zeigt die Abhängigkeit der Mess- bzw. Scanzeit von der Anzahl erfasster Prüfmerkmale. Dabei ist die Scanzeit bei CT-Systemen und einer geringen Anzahl an Prüfmerkmalen größer als bei taktilen oder optischen Messverfahren, weist jedoch eine geringe Steigung auf. Mit steigender Anzahl an Prüfmerkmalen steigt die Scanzeit bei taktilen und optischen Systemen linear an. Durch den Vorteil der geringen Messzeitsteigerung bei Erhöhung der Prüfmerkmale könnte die CT ganz im Sinne von Industrie 4.0 als ganzheitliches automatisierbares 3D-Messsystem eingesetzt werden. Damit das Potential dieser 3D-Messtechnik voll ausgeschöpft wird, muss die Qualitätsbetrachtung ebenfalls ganzheitlich, d. h. müssen neben Primär- auch Sekundär- und Tertiärprüfmerkmale messtechnisch erfasst und ausgewertet werden, und muss die Messzeit für eine vollständige 3D-Erfassung von Bauteilen möglichst weiter reduziert werden.

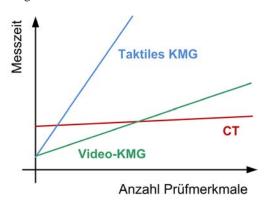


Abbildung 1: Scanzeit unterschiedlicher Prüfsysteme in Abhängigkeit von der Anzahl der Prüfmerkmale [5].

Neben der Messzeit spielt auch die Messunsicherheit eine wichtige Rolle. Untersuchungen zur grundsätzlichen Messunsicherheit von CT-Systemen werden beispielsweise in [6] und [7] durchgeführt. Hier werden auffällige systematische Abweichungen zwischen CT- und taktilen Koordinatenmessgerät-(KMG-)Messungen festgestellt. Diese bedürfen weiterer Untersuchungen. Einflüsse verschiedenster Determinanten für die Scanzeit werden in [8] ausführlich beschrieben.

Im Folgenden wird eine Studie vorgestellt und der Zusammenhang zwischen Scanzeit und absoluter Messgenauigkeit hzw. Wiederholgenauigkeit exemplarisch anhand festgelegter Prüfmerkmale an einem ausgewählten Prüfkörper aufgezeigt. Als Einflussparameter für die Scandauer dienen verschiedene Größen, die im Folgenden näher erläutert werden. Ziel der Studie ist es, Antworten auf folgende Fragen zu geben:

- Welche Scanparameter beeinflussen maßgeblich die Messzeit?
- Welche Strategien zur Messzeitreduzierung können angewendet werden?
- Wie drückt sich die Messzeitreduzierung quantitativ auf Messgenauigkeit und Wiederholgenauigkeit aus?

Die Arbeit gliedert sich in folgende Abschnitte. Zunächst werden in Abschnitt 2 die wichtigsten Grundlagen der industriellen CT beschrieben. In Abschnitt 3 und 4 werden die verwendeten Prüfkörper CT-Systeme, der untersuchten Prüfmerkmale vorgestellt. Die Durchführung der taktilen Messungen, die als Referenzmessungen zur Bewertung der CT-Messungen dienen, beschreibt Abschnitt 5. In Abschnitt 6 werden die wesentlichen Einflussfaktoren auf die Scanzeit und in Abschnitt 7 die experimentelle Durchführung der Tests beschrieben. Im Anschluss erfolgt in Abschnitt 8 die Vorstellung und Diskussion der Ergebnisse. Die Arbeit schließt mit einer Zusammenfassung.

2. Grundlagen der industriellen Computertomographie

Bei der Computertomographie man die Fähigkeit von Röntgenstrahlen, Objekte zu durchdringen [4]. Die durch die Röntgenquelle erzeugte Röntgenstrahlung trifft in Form eines Kegelstrahls auf den Prüfkörper. Je nach Durchstrahlungslänge und Material des Prüfkörpers wird ein Teil der Strahlung vom Objekt absorbiert. Ein Teil der Strahlung erreicht den Röntgendetektor und wird in ein elektronisches Signal als Maß der Strahlungsintensität umgewandelt. Dadurch entsteht ein 2D-Grauwertbild in Abhängigkeit der Durchstrahlungsverhältnisse. Prüfkörper wird in gleichmäßigen Drehwinkelschritten tomographiert und aus den ca. 1000 bis 2000 erhaltenen Projektionsbildern Volumendatensatz, dreidimensionaler basierend auf einem 3D-Voxelgitter (Voxel = dreidimensionales Pixel), berechnet. Ein wesentlicher Unterschied zur medizinischen CT liegt im Systemaufbau, welcher in Abbildung 2 dargestellt ist. Hierbei sind in der industriellen CT Detektor und Strahlungsquelle während einer Messung statisch und das Werkstück wird gedreht, was mechanisch einfacher umzusetzen ist als in der Medizin. Da das Prüfobjekt in der Industrie nicht durch die Strahlung geschädigt wird, kann mit wesentlich höherer Strahlungsdosis und wesentlich längeren Messzeiten gearbeitet werden. Die Messung mit Röntgentomographie bietet eine vollständige, zerstörungsfreie Erfassung der gesamten Bauteilgeometrie. Ein weiterer großer Vorteil gegenüber herkömmlichen Messsystemen ist, dass auch innenliegende Geometrien, die mit berührenden oder optischen Messgeräten nicht zugänglich sind, erfasst werden können.

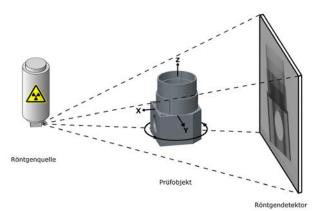


Abbildung 2: Systemaufbau industrieller 3D-Computertomographen.

3. CT-Systeme

Um verschiedene Messstrategien entwickeln und vergleichen zu können, werden CT-Messungen an zwei CT-Systemen durchgeführt, die verschiedene Röntgenröhren und Scanmodi beinhalten. So ist beim verwendeten Werth TomoScope HV 500 ein 360°- und 180°-Scan durchführbar, jeweils im Stop&Go-Modus, bei dem das Bauteil bei jedem Drehschritt angehalten und wieder gedreht wird. Als Röntgenquelle

wird hier eine 225 kV Mikrofokusröhre mit variablem Brennfleck eingesetzt. Das Fraunhofer Makro-CT-System, das eine 600 kV Makrofokusröhre enthält, ermöglicht dagegen neben dem Stop&Go-Betrieb auch einen FlyBy-Modus, bei dem das Bauteil kontinuierlich auf dem Drehteller gedreht und Projektionsbilder aufgenommen werden. Die grundlegenden technischen Daten der Computertomographen sowie die verwendeten Scanparameter sind Tabelle 1 zu entnehmen.

Tabelle 1: Eckdaten und Scanparametereinstellungen der verwendeten Computertomographen.

Werth TomoScope HV 500:	Strom	300 μΑ
(Mikro-CT)	Spannung	200 kV
225 kV Mikrofokusröhre	Belichtungszeit	500 ms
2k Detektor (200 µm)	Vorfilter (Zinn)	1 mm
Fraunhofer Makro-CT:	Strom	2120 μΑ
	Spannung	250 kV
600 kV Makrofokusröhre	Belichtungszeit	200 ms
2k Detektor (200 µm)	Vorfilter (Kupfer)	1 mm

4. Prüfkörper

Prüfobjekt Als für die nachfolgenden Versuchsreihen wird ein eigens Prüfkörper entwickelter des Fraunhofer Anwendungszentrums CT in der Messtechnik (CTMT) verwendet, der sich durch eine Vielzahl verschiedener geometrischer Prüfmerkmale

auszeichnet. Wie in Abbildung 3 ersichtlich, wurde dieser Prüfkörper aus verschiedenen Materialien gefertigt. Wegen seiner guten Eignung hinsichtlich der Durchstrahlbarkeit bei Verwendung der beiden CT-Systeme kam in dieser Studie der Prüfkörper aus Aluminium zum Einsatz. Die Außenmaße des Bauteils betragen 32 x 32 x 45 mm.



Abbildung 3: Prüfkörper aus verschiedenen Materialien.

Mittels taktilem Koordinatenmesssystem, das als Referenzmesssystem dient, sind insgesamt 60 Prüfmerkmale, darunter Distanzmaße, Durchmesser, Radien und

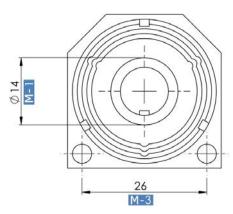
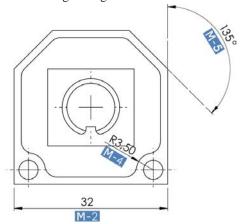


Abbildung 4: Sollmaße der Prüfmerkmale M-1 bis M-5.

Da bei beiden Messverfahren die hochgenaue Bestimmung der Bauteilkante (Übergang Luft-Material) für die Messtechnik eine signifikante Rolle spielt, wird ein Distanzmaß ausgewählt (M-2). Bei der Oberflächenbestimmung wird eine Materialgrenze festgelegt, die durch einen Grauwert definiert wird, der global auf das Objekt angewandt wird. Die Peaks von Hintergrund und Material im Histogramm werden automatisch bestimmt und danach der Grauwert der Materialgrenze berechnet. Mit dieser Methode soll gewährleistet werden, dass die Oberfläche immer auf die gleiche Weise bestimmt wird und die Messungen zueinander vergleichbar sind. Zudem wird ein Abstandsmaß verwendet, das von der Bauteilkante unabhängig ist, da Kreismittelpunkte berechnet werden (M-3). Auch für das Winkelmaß M-5 bleibt die Lage der Bauteilkante irrelevant, da sich eine parallele Verschiebung der Kanten nicht auf die Winkelbestimmung auswirkt. Solche Fehler bei der exakten Lokalisierung der Oberfläche entstehen beim taktilen KMG vor allem durch mechanische Ursachen wie der Geometrie der Tastkugel oder Antastkraft, beim CT vor allem durch fehlerhafte Segmentierung bzw. Subvoxelberechnung in Folge von Kantenunschärfe.

5. Referenzmessung

Mit einem taktilen Koordinatenmesssystem werden, wie erwähnt, die Referenzmessungen durchgeführt. Dieses eignet sich für die Erfassung aller gewünschten Maße und erfüllt Winkel, messtechnisch erfasst worden. Aus den vorhandenen 60 Prüfmerkmalen wurden fünf verschiedene Maße (M-1 bis M-5) gemäß Abbildung 4 ausgewählt.



die Voraussetzung, um ein 10-faches genauer zu sein als die zu vergleichenden Messungen am Computertomographen. Dazu werden die ausgewählten Prüfmerkmale über mehrere Antastpunkte und Ausgleichsgeometrien erfasst. Die gemessenen Merkmale werden anschließend mit den ermittelten Maßen der CT-Messungen verglichen. Folgende Nennmaße und Messstrategien sind hier zu nennen:

- M-1: Nenndurchmesser 14 mm, ermittelt aus acht Antastpunkten in einer Ebene
- M-2: Nenndistanzmaß 32 mm zwischen zwei Ebenen aus jeweils vier Antastpunkten ermittelt
- M-3: Nenndistanzmaß 26 mm zwischen zwei Bohrungsmittelpunkten, aus je acht Antastpunkten in einer Ebene ermittelt
- M-4: Nennradius 3,5 mm, ermittelt aus fünf Antastpunkten in einer Ebene
- M-5: Nennwinkel 135° zwischen zwei Ebenen aus jeweils vier Antastpunkten ermittelt

Zur Berücksichtigung statistischen von Abweichungen werden die Messungen mehrfach wiederholt. Dabei erfolgt eine zwischenzeitliche Neueinspannung des Bauteils, um den Bedienereinfluss durch die Bestückung zu berücksichtigen. So wird der erste Dauerlauf mit 20 Wiederholungen durchgeführt. Nach Abschluss wird das Bauteil entnommen und neu eingespannt. Dieser Vorgang wird mit Dreifachmessung wiederholt. einer einer erneuten Bestückung wird noch eine Einzelmessung durchgeführt. letzte

Standardabweichung der betrachteten fünf Messmerkmale ist um den Faktor zehn kleiner als die Standardabweichung der nachfolgenden CT-Messreihen. Bei den Distanzen und Durchmessern beträgt sie etwa 0,1 μ m, beim Radius 0,7 μ m und beim gemessenen Winkel 0,1 Winkelminuten.

Am größten ist die Standardabweichung bei der Messung des Radius M-4. Die Messung von Radien ist immer ein diffiziles Thema in der Fertigungsmesstechnik, da diese sehr stark von der Auswahl der wenigen verfügbaren Messpunkte abhängen. Werden diese bei Wiederholmessungen nicht exakt gleich angetastet, sei es durch den Taster des taktilen Koordinatenmessgerätes oder durch schneidende Geometrieelemente in der Punktewolke der CT-Messung, so wirkt sich dieser Fehler signifikant auf die Reproduzierbarkeit aus.

6. CT-Parameterauswahl

In der Computertomographie sind im Wesentlichen vier Einflussfaktoren zu nennen, aus denen sich die Dauer einer CT-Messung ergibt. Sie setzen sich zusammen aus der Anzahl an Projektionen (Drehschritten), der Integrationszeit (Belichtungszeit) des Röntgendetektors sowie der Leerlaufzeit zwischen den Projektionen, die zum Verfahren der Drehachse benötigt wird (Abbildung 5). Um das statische Schwanken der detektierten Röntgenphotonen (Quantenrauschen) zu reduzieren, können darüber hinaus mehrere Detektorbilder für einen Drehschritt gemittelt werden.



Abbildung 5: Einflussfaktoren für die Dauer eines CT-Scans.

Die Anzahl der benötigten Projektionen ist abhängig von der Pixelanzahl, die in horizontaler Richtung des Detektors genutzt wird. Wird die Anzahl der Projektionen zu gering gewählt, kommt es zu Unterabtastung aufgrund von fehlenden Informationen, weshalb dieser Parameter nicht beliebig reduziert werden kann. Eine Methode zur Messzeitreduzierung Basis der Projektionenanzahl Verwendung des Mikrofokus CT-Systems ist die Halbierung des Scankreises. Anstelle einer herkömmlichen 360°-Rotation des Objektes wird ein 180°-Modus verwendet, bei dem der Prüfling nur um 180°, addiert mit dem Öffnungswinkel des Kegelstrahls, gedreht wird. Die Winkelschritte der Drehachse bleiben somit verglichen mit dem 360° Scan gleich, wodurch aber eine Unterabtastung vermieden wird.

Die Integrationszeit kann nicht beliebig verringert werden, da die Anzahl detektierter Röntgenphotonen maßgeblich das Signal-Rausch-Verhältnis dominiert. Bei Verwendung von Bildmittelungen werden mehrere Durchstrahlungsbilder jedes Drehschrittes aufgenommen und diese anschließend gemittelt. Dies dient der Reduzierung des Bildrauschens, allerdings auf Kosten der Messzeit, da bei jedem Drehschritt mehrmals belichtet werden muss. In dieser Untersuchung soll die Bildmittelung als Parameter für die Variierung der Integrationszeit verändert werden. Der Zusammenhang zwischen Bildmittelungen und Messfähigkeit wird eruiert.

Zudem verstreicht zwischen den Projektionen Zeit. Ein Grund hierfür ist, dass die Drehachse Beschleunigung und Verzögerung für jeden Drehschritt gedämpft einleiten muss, um eine Relativbewegung zwischen Aufspannung und Prüfkörper auszuschließen. Ebenso ist nach der Bildaufnahme eine kurze Verzögerung nötig, damit die Bildaufnahme vor erneutem Bewegungsbeginn abgeschlossen ist. Diese Prozesse sind bei modernen CT-Systemen optimiert, tragen allerdings letztendlich zu einer Verlängerung der Gesamtscanzeit bei.

Zum Vergleich zweier Messmodi soll an dieser Stelle der Stop&Go-Modus mit dem FlyBy-Modus verglichen werden, bei dem das Bauteil während der gesamten Messung nicht angehalten wird. Eine Mittelung von mehreren Bildern ist somit nicht möglich. Für diesen Modus müssen Drehbewegung und Detektorbildaufnahme exakt aufeinander abgestimmt sein.

7. Experimentelle Durchführung der Tests

Alle CT-Scans in dieser Untersuchung werden mit zehnfacher Wiederholung durchgeführt. Es

wird darauf geachtet, dass alle Parameter innerhalb des jeweils verwendeten Systems konstant gehalten wurden. Zur Reproduzierbarkeit wurde der Prüfkörper bei jeder Messung gleichermaßen, stehend und immer an derselben Position im Messvolumen platziert.

Die erste Messreihe vergleicht den 360°-Scan mit dem 180°-Scan, bei dem das Bauteil nur um die Hälfte rotiert wird (Abbildung 6). Der Grundgedanke dieser Methode ist, dass bei einer vollständigen Rotation des Bauteils jede Information doppelt erfasst wird, da es für die Röntgenprojektion keine Rolle spielt, ob der Prüfling von vorne oder von hinten durchstrahlt wird.

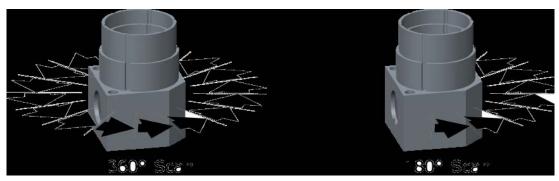


Abbildung 6: Vollständige Drehung des Bauteils im 360°-Modus (links) und halbseitige Drehung im 180°-Modus (rechts).

Zusätzlich wird bei der 180°-Methode der Öffnungswinkel des Kegelstrahls benötigt, ansonsten durch diese Information die Divergenz des Röntgenstrahlkegels fehlt. Nach Berücksichtigung ergibt sich ein Gesamtdrehwinkel von 198°. Da alle Messungen zur Vergleichbarkeit mit 800 Drehschritten durchgeführt werden, besteht der 180°-Scan folglich aus 440 Winkelschritten. Gescannt wird in dieser ersten Versuchsreihe mit folgenden Röntgenparametern:

Röhrenstrom: 300 µA

• Beschleunigungsspannung: 200 kV

• Integrationszeit: 500 ms

Diese Parameter gelten für alle an der Mikrofokus-CT durchgeführten Scans der 360°- und der 180°-Messreihe. Zur Vorfilterung wird 1 mm Zinn verwendet. Bei der Leistungseinstellung wird darauf geachtet, dass mit möglichst hohem Teiledurchsatz die variable Brennfleckgröße die Voxelgröße nicht zu sehr übersteigt, um die bestmögliche messtechnische Leistungsfähigkeit zu erhalten. Mit geringerer Leistung wäre der

nicht ausreichend durchstrahlt worden bzw. es hätte ein geringerer Vorfilter verwendet werden müssen, was wiederum zu Strahlaufhärtungsartefakten geführt hätte. Eine Erhöhung der Integrationszeit hätte die Leistung ebenfalls reduziert. Da an der verwendeten Anlage allerdings der nächsthöhere Schritt eine Sekunde ist, was zu einer annähernden Verdopplung der Gesamtmesszeit geführt hätte, wurde davon abgelassen. Es wäre nur eine sehr geringfügige Verringerung der Bildunschärfe zu erreichen, da die Brennfleckgröße nur knapp unterhalb der Voxelgröße liegt und somit der Detektoranteil dominiert. Die Unschärfe aufgrund des Brennflecks uBF berechnet sich gemäß Formel (1), mit dem geometrischen Vergrößerungsfaktor m und der Brennfleckgröße BF. Die Detektorunschärfe uDet resultiert aus Formel (2), abhängig von der Pixelgröße a, die bei beiden Systemen 200 µm beträgt. Mit Formel (3) lässt sich eine Abschätzung der Bildunschärfe im Drehzentrum der CT uCT angeben. Die Brennfleckgröße beim Werth TomoScope bezieht sich auf die verwendete Röhrenleistung von 60 W, da die Mikrofokusröhre einen variablen Brennfleck

erzeugt. Die Brennfleckgröße kann vereinfacht mit 1 µm pro Watt Röhrenleistung angenommen werden. Das Makrofokussystem dagegen erzeugt einen konstanten Brennfleck von 500 µm. Tabelle 2 fasst die diskutierten Größen zusammen.

$$u_{DET} = \frac{2a}{m} \tag{2}$$

$$u_{\rm CT} \approx \sqrt{u_{\rm BF}^2 + u_{\rm Det}^2} \tag{3}$$

$$u_{BF} = \frac{m-1}{m} \cdot BF \tag{1}$$

Tabelle 2: Vergrößerung m, Pixelgröße a, Brennfleckgröße BF und geometrische Unschärfe ucr im CT-Bild.

CT-Parameter	m	a in μm	BF in μm	$u_{_{BF}}$ in μ m	u _{Det} in μm	u_{CT} in μ m
Mikrofokus	5,26	200	60	48,6	76,0	90,2
Makrofokus	1,36	200	500	132,4	294,1	322,5

Die Unschärfe durch den Brennfleck u_{BF} für die Messungen an der Mikrofokus-CT beträgt somit 48,6 μ m. Die Makrofokus-CT, an der die darauffolgende Messreihe durchgeführt wurde, ist durch den Brennfleck mit einer Unschärfe von $u_{BF} = 132,4 \,\mu$ m behaftet. Durch den Detektor resultiert zusätzlich eine Unschärfe von 76,0 μ m bzw. 294,1 μ m. Die Gesamtunschärfe u_{CF}

beträgt 90,2 µm bei der Mikrofokus-CT und 322,5 µm bei der Makrofokus-CT.

In der Untersuchung soll der in Versuchsreihe 1 verwendete Stop&Go-Modus mit dem FlyBy-Modus verglichen werden, bei dem die Drehachse während der gesamten Messung nicht angehalten wird (Abbildung 7).



Stop&Go-Modus

FlyBy-Modus

Abbildung 7: Stop&Go-Modus (rechts) und FlyBy-Modus (links).

Diese Messreihe wird an der CT mit Makrofokusröhre mit folgenden Scanparametern durchgeführt:

• Röhrenstrom: 2120 µA

Beschleunigungsspannung: 250 kV

• Integrationszeit: 200 ms

Im Gegensatz zur zuvor verwendeten Mikrofokusröhre erzeugt dieses System einen konstanten Brennfleck von 500 µm bei einer Voxelgröße von 120,5 µm. Aufgrund der Brennfleck-und Voxelgröße ist an diesem System nicht die Messgenauigkeit wie beim Mikro-CT-System zu erwarten. Die Untersuchung

soll nur einen relativen Vergleich der bereits erwähnten Scanmodi zeigen. Da dieses System im Normalfall nicht für messtechnische Aufgaben verwendet wird, sind Fokus-Objekt-Abstand (FOA) und Fokus-Detektor-Abstand (FDA) mit einem Längenmessfehler behaftet. Da sich die geometrische Vergrößerung durch m = FDA / FOA und die Voxelgröße durch v = a / m ergeben, folgt aus einem fehlerbehafteten Vergrößerungsfaktor ein Fehler der Voxelgröße im CT-Bild. Durch die fehlerhafte Voxelgröße ergibt sich ein systematischer Längenmessfehler für alle im CT-Bild gemessenen Längen bzw. Abstände innerhalb eines tomographierten Messobjekts. Dieser Längenmessfehler steigt

linear mit der Messlänge. Im Rahmen der Untersuchung wird deshalb ein Normal mit 27 kalibrierten Rubinkugeln in derselben Vergrößerungsstufe gescannt, in der die Messreihe durchgeführt wird. Aus dem aufgenommenen Mehrkugelnormal wird dann ein Skalierungsfaktor berechnet, der auf die fehlerbehaftete Voxelgröße der gesamten Messreihe angewendet wird (Abbildung 8). Gemäß Gleichung (4) ergibt sich eine korrigierte Voxelgröße vkorr durch Multiplikation des Korrekturfaktors k und der ursprünglichen Voxelgröße v mit:

$$v_{korr} = v \cdot k$$
 (4)

Es ergibt sich mithilfe der Ausgleichsgeraden aus Abbildung 6 (rechts) ein Korrekturfaktor von k = 1,00058. Unkorrigiert würden also alle Messlängen zu klein gemessen werden, da k > 1. Diese Methode dient lediglich dazu, den linearen Trend der Ausgleichsgerade, sprich den Skalierungsfehler der Voxelgröße mittels Kalibriernormal zu korrigieren. Es werden keine einzelnen Messwerte korrigiert. Die große Streuung der Messwerte folgt aus der Brennfleck- und Voxelgröße.





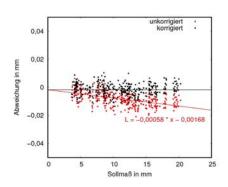


Abbildung 8: Mehrkugelnormal zur Geometriekalibrierung (links), CT-Aufnahme des Mehrkugelnormals (mittig), ermittelte Kugelabstandsabweichung und Ausgleichsgerade (rechts). Auf der x-Achse ist die Messlänge und auf der y-Achse die Differenz zwischen Kalibrierwert und CT-Messung für alle Abstände der Kugelmittelpunkte zueinander aufgetragen.

8. Ergebnisse und Diskussion

Im folgenden Abschnitt werden die Ergebnisse der CT-Messungen für die acht Scanstrategien vorgestellt und diskutiert. Einen Überblick zu den Scanstrategien zugehörigen Messzeiten liefert Abbildung 9(f). Die Scanzeiten reichen von ca. 3 Minuten bis ca. 42 Minuten. Da die Standardabweichung der taktilen Referenzmessungen im Vergleich zur Standardabweichung der CT-Messungen um den Faktor zehn kleiner ist, wird der Mittelwert der Referenzmessungen den nachfolgenden Abbildungen (9a-e)konstanter Wert (gestrichelte Linie) aufgetragen. Dies bestätigt zudem die Eignung des taktilen Koordinatenmessgerätes als Referenzmesssystem. Die Abszisse ist in die verschiedenen Messungen unterteilt, beginnend mit der üblichen 360°-CT im Stop&Go-Betrieb und aufsteigenden Bildmittlungen ("Averages"). Darauf folgt 180°-CT, ebenfalls mit steigenden Bildmittelungen. Beide Messreihen wurden am CT mit Mikrofokusröhre durchgeführt. Zuletzt ist der Vergleich zwischen Stop&Go-Modus und FlyBy-Modus dargestellt, welcher an der Makro-CT durchgeführt wurde. Hier ist, wie vermutet, aufgrund der Brennfleckgröße von 0,50 mm eine größere Streuung der Messergebnisse zu erwarten. Relevant ist hierbei ausschließlich der relative Vergleich zwischen den erwähnten Scanmodi. In Abbildung 9(a-e) sind die ermittelten Maße der taktilen Referenzmessung und der CT-Messungen mit ihren Standardabweichungen (Fehlerbalken) über zehn Wiederholmessungen aufgetragen. Die CT-Messungen liegen von links nach rechts in dieser Reihenfolge vor: 360°- und 180°-Mikrofokus-CT mit jeweils steigenden Bildmittelungen ("Averages"), Stop&Go- und FlyBy-Makrofokus-CT.

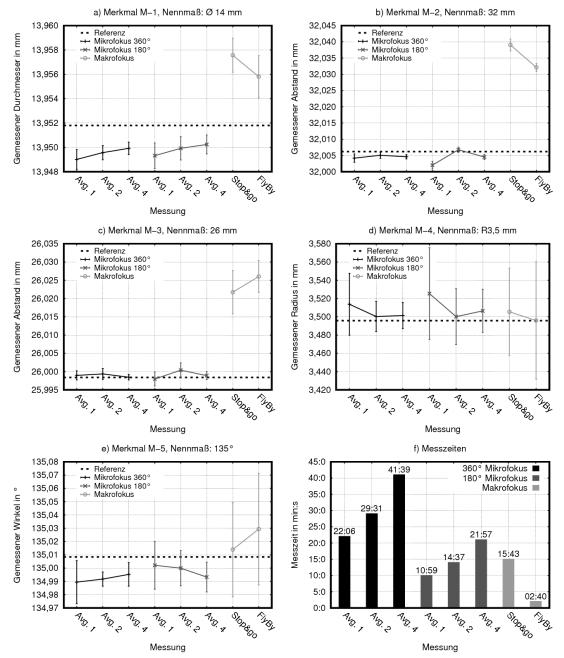


Abbildung 9: Ermittelte Maße für die Prüfmerkmale M-1 bis M-5 (a-e) sowie die resultierenden Messzeiten für die acht Scanstrategien (f).

Verglichen werden sollen jeweils nur der 360°-Scan zum 180°-Scan sowie, getrennt davon, der Stop&Go- mit dem FlyBy-Modus. Die verschiedenen CT-Systeme untereinander sollen nicht verglichen werden. Solch ein Vergleich hat keinerlei Aussagekraft, da sich beide Systeme stark voneinander unterscheiden und für unterschiedliche Anwendungen ausgelegt sind. Während das Mikrofokussystem vor allem für die dimensionelle Messtechnik konzipiert ist, liegt die Hauptaufgabe der Makrofokus-CT darin, schwer durchstrahlbare Materialien

auf Risse, Lunker oder Fremdeinschlüsse zu untersuchen.

Betrachtet man die Ergebnisse der Mikrofokus-CT hinsichtlich der Bildmittelungen, lässt sich erkennen, dass sich diese deutlich auf die Messgenauigkeit und Wiederholgenauigkeit auswirken. Da durch die Mittelung das Bildrauschen verringert wird, steigt die Wiederholbarkeit.

Gleichermaßen kann man beim Vergleich zwischen 360°-Scan und 180°-Scan

argumentieren. Führt man sich vor Augen, dass bei einer 180°-Drehung nur die Spiegelung des Projektionsbildes um die Drehachse vorliegt, wird bei einer vollen Drehung bereits jedes Bild einmal gemittelt. Die Standardabweichung des 360°-Scans ohne Bildmittelungen (Average = 1) ist also erwartungsgemäß vergleichbar mit der des 180°-Scans bei der Mittelung zwischen zwei Bildern (Average = 2). Die 180°-Variante erzielt hinsichtlich der Standardabweichung noch geringfügig bessere Ergebnisse, da zusätzlich der Öffnungswinkel und somit insgesamt mehr Bilder erfasst werden.

Lässt man aufgrund der schwierigen Vergleichbarkeit 711 Distanzund Durchmessermaßen den Radius (M-4) und das Winkelmaß (M-5) außer Acht, und vergleicht die kantenabhängigen (M-1, M-2) mit dem kantenunabhängigen Maß (M-3), so lässt sich in diesem Fall erkennen, dass die Bestimmung Luft-Material-Grenze einen unwesentlichen Einfluss darauf hat, wie sehr der Mittelwert der Messungen vom Referenzwert abweicht. Bei M-3 stimmen Referenz- und CT-Wert deutlich besser überein als bei M-1 und M-2. Dies könnte den unterschiedlichen Funktionsweisen der Messsysteme geschuldet sein, da sich taktile und tomographische Messverfahren erheblich voneinander unterscheiden.

Beim Einsatz des FlyBy-Modus kann aufgrund von Bewegungsunschärfe eine größere Standardabweichung erwartet werden. Dies wird allerdings bei diesen Messungen nicht generell bestätigt. Während sich bei Radius- und Winkelmessungen größere Abweichungen zum Referenzwert ergeben, sind bei den Distanzund Durchmessermaßen keine signifikanten Abweichungen erkennbar. Es werden sogar beim FlyBy-Scan zum Teil bessere Messergebnisse erzielt.

Vergleicht man die Messzeiten in Abbildung 9(f) der Mikrofokus-CT, so sind die nahezu

halbierten Scanzeiten bei den 180°-Scans im Gegensatz zu den 360°-Scans auffällig. Mit vierfacher Bildmittelung lässt sich eine kürzere Scandauer erreichen als beim 360°-Scan mit nur einem Bild pro Drehschritt, da die Verfahrzeit eingespart wird. Blickt man zurück auf die Messergebnisse in Abbildung 9(a-e), so lässt sich durch die 180°-Scans mit vier Bildmittelungen im Vergleich zum 360°-Scan ohne Mittelung die messtechnische Leistungsfähigkeit deutlich erhöhen. Auch die Mittelwerte sind allesamt besser als bei der Variante mit halber Drehung und mit vierfacher Mittelung. Dies kann relevant sein, wenn der Messtechniker keine Zeitersparnis, sondern eine Verbesserung der Messgenauigkeit und Wiederholgenauigkeit erreichen will.

Ist dagegen der Zeitfaktor die höchste Priorität, ist mit dem 180°-Scan ohne Mittelungen annähernd eine Halbierung der Scanzeit zu erreichen. Dies führt jedoch zu geringfügigen Einbußen bezüglich der messtechnischen Leistungsfähigkeit. Betrachtet man jeweils die gleiche Anzahl an Mittelungen im 360°- und 180°-Scan, so fällt die Standardabweichung bei halber Rotation höher aus.

Der größte Zeitgewinn ist mit dem FlyBy-Modus zu erreichen. Bei den vorgestellten Untersuchungen kann hier weniger als ein Fünftel der Zeit gegenüber dem Stop&Go-Modus erreicht werden. Bereits in 2 Minuten und 40 Sekunden wurden somit an diesem CT-System Daten in vergleichbarer Qualität zum Stop&Go-Modus in 15 Minuten und 43 Sekunden generiert. Abbildung 10(a) zeigt exemplarisch den berechneten CT-Datensatz für den 360°-Scan im Stop&Go-Modus an der Mikrofokus-CT mit 800 Projektionen und vier Bildmittelungen und in (b) den CT-Datensatz, aufgenommen mit der Makro-CT im FlyBy-Modus. Rein visuell sind hier kaum Unterschiede in der Abbildungsqualität festzustellen.

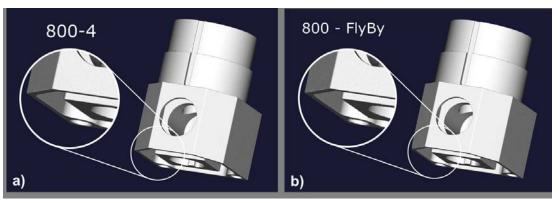


Abbildung 10: CT-Datensätze, aufgenommen mit der Mikro-CT im Stop&Go-Modus mit 800 Projektionen und vier Bildmittelungen (a) und mit der Makro-CT mit 800 Projektionen im FlyBy-Modus (b).

9. Zusammenfassung

Für den schnellen FlyBy-Modus kann für den untersuchten Anwendungsfall festgestellt werden, dass hier die größte Zeiteinsparung möglich ist, ohne wesentliche Qualitätsverluste hinsichtlich der Messfähigkeit in Kauf nehmen zu müssen. Solange also keine Bildmittelungen oder lange Integrationszeiten aufgrund schwer durchstrahlbaren Bauteilen von notwendig werden, kann dieser Modus auch in der dimensionellen Messtechnik verwendet werden. In einem gewissen Sinn könnte eine Reduzierung des Bildrauschens durch Bildmittelungen hierbei auch durch eine Erhöhung der Drehschritte ersetzt werden. So ließen sich beispielsweise die Drehschritte auf 1600 verdoppeln, wodurch der Zeitaufwand noch bei einem Drittel der Stop&Go-Variante mit 800 Schritten liegen würde.

Sind dagegen Bildmittelungen zur Rauschreduzierung oder längere Integrationszeiten erforderlich, kann für viele Anwendungen auch der 180°-Scan eingesetzt werden. Oft werden Bildmittelungen vernachlässigt, da eine Verdoppelung der Bildmittelung mit einer annähernden Verdoppelung der Scanzeit verbunden ist. Je mehr Bildmittelungen eingesetzt werden, desto rentabler wird der 180°-Scan. Vergleicht man Messungen der 360°-Reihe und der 180°-Reihe mit gleicher Detektorbildanzahl, wie ein 360°-Scan mit einem Bild pro Drehschritt und ein 180°-Scan mit zwei Bildern pro Drehschritt, so wird ein Drittel der Zeit reduziert. Hervorzuheben ist, dass in der Zeit eines regulären 360°-Scans ohne Mittelungen auch ein 180°-Scan mit vier Mittelungen durchgeführt werden kann.

10. Literatur

- [1] Imkamp, Dietrich; Berthold, Jürgen; Heizmann, Michael; Kniel, Karin; Peterek, Martin; Schmitt, Robert; Seidler, Jochen; Sommer, Klaus-Dieter (2016): Herausforderungen und Trends in der Fertigungsmesstechnik – Industrie 4.0. In: tm -Technisches Messen 83 (7-8), S. 417–429.
- [2] Imkamp, Dietrich; Schmitt, Robert; Berthold,, Jürgen (2012): Blick in die Zukunft der Fertigungsmesstechnik. In: tm - Technisches Messen 79 (10), S. 433–439.
- [3] Dörmann Osuna, Hans W. (2009): Ansatz für ein prozessintegriertes Qualitätsregelungssystem für nicht stabile Prozesse. Ilmenau: Universitätsverlag Ilmenau.
- [4] Christoph, Ralf; Neumann, Hans Joachim (2012): Röntgentomografie in der industriellen Messtechnik. Präzise, wirtschaftlich und universell. 2. Auflage. München: verlag moderne industrie (Die Bibliothek der Technik, 331).
- [5] Chiffre, Leonardo de; Carmignato, Simone; Kruth, Jean-Pierre; Schmitt, Robert; Weckenmann, Albert (2014): Industrial applications of computed tomography. In: CIRP Annals - Manufacturing Technology 63 (2), S. 655–677.
- [6] Hiller, Jochen; Sawczyn, Nikolas; Imkamp, Dietrich; Uhlmann, Eckart (2017): Untersuchungen zur Messunsicherheit und Wirtschaftlichkeit dimensioneller Computertomographie-Messungen an ausgewählten Beispielen. In: tm - Technisches Messen 84 (5), S. 336–347.
- [7] Dewulf, Wim; Kiekens, Kim; Tan, Ye; Welkenhuyzen, Frank; Kruth, Jean-Pierre (2013): Uncertainty determination and quantification for dimensional

measurements with industrial computed tomography. In: CIRP Annals - Manufacturing Technology 62 (1), S. 535–538.

- [8] Kruth, Jean-Pierre; Bartscher, Markus; Carmignato, Simone; Schmitt, Robert; Chiffre, Leonardo de; Weckenmann, Albert (2011): Computed tomography for dimensional metrology. In: CIRP Annals -Manufacturing Technology 60 (2), S. 821–842.
- [9] Schmitt, Robert; Niggemann, Christian (2010): Uncertainty in measurement for x-ray-computed tomography using calibrated work pieces. In: Measurement Science and Technology 21 (5), S. 54008.
- [10] Hiller, Jochen; Hornberger, Peter (2016): Measurement accuracy in X-ray computed tomography metrology: Toward a systematic analysis of interference effects in tomographic imaging. In: Precision Engineering 45 (July), S. 18–32.



Mario Salzinger, B.Eng.

Mario Salzinger hat an der THD ein Bachelorstudium in Maschinenbau mit dem Schwerpunkt Entwicklung und Konstruktion abgeschlossen. Seit er seine Abschlussarbeit im Jahr 2014 für das Fraunhofer Anwendungszentrum Computertomographie in der Messtechnik (CTMT) absolviert hat, ist er dort als wissenschaftlicher Mitarbeiter tätig. Sein derzeitiges Aufgabengebiet im Bereich der industriellen Computertomographie umfasst unter anderem die Entwicklung von Korrektur- und Kalibriermethoden.

Mario Salzinger received his Bachelor's degree in Mechanical Engineering (focus on development and construction) from DIT. Right after finishing his thesis at the Fraunhofer Application Center for Computed Tomography in Metrology he started working there as a research assistant. The focus of his current work in the field of industrial computed tomography lies in the development of correction and calibration methods.

Kontakt / Contact

⋈ salzinmo@iis.fraunhofer.de



Thomas Fischer, B.Eng.

Thomas Fischer hat an der THD bis 2016 ein Maschinenbau-Studium mit dem Schwerpunkt "Technologie der Metalle und Kunststoffe" absolviert. In seiner Abschlussarbeit am Fraunhofer Anwendungszentrum Computertomographie in der Messtechnik untersuchte er den Einfluss der Scanzeiten auf die Messgenauigkeit industrieller Computertomographen.

Thomas Fischer studied Mechanical Engineering (focus on the technology of metals and plastics) at DIT. For his Bachelor's thesis at the Fraunhofer Application Center for Computed Tomography in Metrology he investigated the influence of scan times on the measurement accuracy of industrial computed tomography scanners.



Daniel Heinz, M.Eng.

Daniel Heinz ist seit 2016 als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fraunhofer Anwendungszentrum Computertomographie in der Messtechnik tätig. Er studierte bis 2014 an der THD Maschinenbau mit dem Schwerpunkt "Konstruktion und Entwicklung" und wechselte für sein Masterstudium an die TU Clausthal. In seinem Forschungsschwerpunkt befasst er sich mit dem Thema "Virtuelles Testen und Prüfsystemdesign in der digitalen Fabrik".

Daniel Heinz has been working as a research assistant at the Fraunhofer Application Center for Computed Tomography in Metrology since 2016. Until 2014, he studied Mechanical Engineering at DIT with a focus on engineering and development. For his Master's studies he switched to Technical University Clausthal. The focus of his research is on virtual testing and inspection system design in the digital factory.

Kontakt / Contact

□ heinzdl@iis.fraunhofer.de



Prof. Dr.-Ing. Jochen Hiller

Prof. Dr.-Ing. Jochen Hiller ist Leiter des Fraunhofer Anwendungszentrums Computertomographie in der Messtechnik CTMT des Fraunhofer-Instituts für Integrierte Schaltungen IIS und Inhaber der Professur für Computertomographie an der Fakultät Maschinenbau und Mechatronik der THD. Seine Arbeitsschwerpunkte sind dimensionelle CT-Messtechnik, Unsicherheitsermittlung und Kalibrierverfahren von CT-Messungen, Korrekturverfahren zur Bildartefaktreduktion sowie robotergestützte CT.

Prof. Dr.-Ing. Jochen Hiller is head of the Fraunhofer Application Center for Computed Tomography in Metrology CTMT of the Fraunhofer Institute for Integrated Circuits IIS and holds a professorship in computed tomography at the faculty of Mechanical Engineering and Mechatronics at DIT. His current work focuses on CT-based dimensional metrology, uncertainty evaluation and calibration methods for CT measurements, correction procedures for reducing image artifacts as well as robot-based CT.

Kontakt / Contact

☑ jochen.hiller@iis.fraunhofer.de



Call for Papers

Issue No. 4 (2018)

For the next issue, which will be published in December 2018, BJAS invites papers that contribute to the topic of Mobility.

Contributions may refer to the following subjects

- Concepts of future mobility
- Autonomous driving
- Electromobility
- Geoinformation and geoinformatics
- Transportation management
- Tourism

However, these keywords are only a suggestion. If there are additional issues you are doing research on which are related to one of the main topics you are welcome to submit a paper.

Contributions will be chosen for review by the journal's scientific editorial board. They will be reviewed in a double-blind peer review process. Please send your manuscript to the editorial team at info@jas. bayern, considering the instructions for authors and the style guidelines which may be found on the journal's website www.jas.bayern. All information is also available in English.

The deadline for submission is July 1st, 2018. Notification of acceptance for review will be given until July 5th, 2018. Papers can be submitted in either English or German.



Bavarian Journal of Applied Sciences Engineering, Information Technology, Economics, Health Sciences Vol. 3, No. 1 (2017)

Principal Editors:
Prof. Dr. rer. nat. Peter Sperber & Prof. Dr.-Ing. Andreas Grzemba.
Deggendorf Institute of Technology, 2017

