

forschung im fokus

Ausgabe Nr. 20 / 2017



Hannover Messe-Publikumsmagnet & Fußball-Vizeweltmeister *Sweaty* bereitet sich auf die WM in Japan vor



RoboCup
LEIPZIG
GERMANY 2016
30 JUNE to 4 JULY

Zum Titelbild: Jedes Jahr messen sich die weltbesten Roboter beim RoboCup Soccer. Vordergründiges Ziel des RoboCups ist es, im Jahr 2050 eine Fußballmannschaft aus Robotern zusammenzustellen, die gegen den amtierenden Fußballweltmeister gewinnt. Tatsächlich sollen hier Maschinen entwickelt werden, die sich in menschlicher oder unbekannter Umgebung autonom bewegen können. An zahlreichen Instituten werden dazu Detailprobleme untersucht – der RoboCup Soccer ist eine Gelegenheit, alle Ergebnisse zusammenzuführen. Professoren der Fakultäten M+V, I+E und M+I haben mit studentischen Teams den humanoiden Roboter „Sweaty“ entwickelt, der nun für eine Titelverteidigung im Juli in Japan in der „Adult Size League“ des RoboCup Soccer bestens gerüstet ist.

RoboCup Soccer is a competition to promote the design and development of humanoid robots. The superficial goal is to develop a team of robots that can win against the human world champion in 2050. In fact it is a platform to develop humanoid or other robots which can be used in human or unknown environments. Numerous institutes focus on detailed problems like perception, gait, autonomy, decision, composite materials, sensors etc., but in RoboCup Soccer comprehensive research is required to compete. Scientists of different faculties have teamed up to advise students in robotics and to develop the robot "Sweaty". It is now ready to defend the title of being finalist in the "Adult Size League" of RoboCup Soccer in Japan.

„Anwendungsorientierte Forschung, Wissens- und Technologietransfer sowie Innovationen unter Einbeziehung zivilgesellschaftlicher Akteure gehören zum Selbstverständnis der Hochschule Offenburg. Sie stehen gleichberechtigt neben Lehre und Internationalisierung und bedingen sich gegenseitig.“

Die Hochschule Offenburg gehört seit Jahren zur Spitzengruppe in der Angewandten Forschung in Baden-Württemberg. Mit zahlreichen Forschungsprojekten trägt sie als verlässlicher Partner zur Innovationskraft bei. Die Hochschule ist, als eine von wenigen in Deutschland, Mitglied der EUA (European University Association), der größten Hochschulvertretung auf europäischer Ebene, die Universitäten und forschungsstarke Hochschulen sowie nationale Rektorenkonferenzen als Mitglieder umfasst. Zudem gehört sie der bundesweiten Hochschulallianz für den Mittelstand an und ist Gründungsmitglied der grenzüberschreitenden Allianz TriRhenaTech der Hochschulen der Trinationalen Metropolregion Oberrhein.

Die 20. Ausgabe „forschung im fokus“ beleuchtet aktuelle Aktivitäten aus dem breiten Portfolio der Hochschule mit technischen, wirtschaftswissenschaftlichen sowie mediengealterischen Schwerpunkten. Die Forschungsergebnisse fließen in Form von Publikationen, Promotionen, Innovationen und Technologietransfer sowohl in die Wissenschaft als auch an die Unternehmen und in die Zivilgesellschaft zurück. Zahlreiche Projekte belegen die intensive Zusammenarbeit mit Universitäten, Forschungseinrichtungen und Unternehmen. Für anwendungsorientierte Forschung und Technologietransfer ist sie gefragter Partner zur gezielten Lösungssuche. Die „Digitale Transformation“ mit ihren noch nicht umfassend absehbaren Auswirkungen auf Unternehmen und in der Gesellschaft ist ein bedeutendes Beispiel. Sie ist zugleich Forschungsgegenstand, Innovationstreiber und Lehrinhalt. Forscherteams arbeiten auf Themen, die mit Industrie 4.0, Business Analytics, Data Science, Autonome Systeme, IT-Sicherheit oder neue Geschäftsmodelle umschrieben werden. Die digitale Transformation verändert parallel hierzu die Hochschule selbst; angefangen bei der Lehre und dem Lernen bis hin zu effektiveren und effizienteren Verwaltungsabläufen.

Die Hochschule unterstützt und fördert die Forschung in vielfältiger Weise. So haben ihre Forschungsinstitute mit wissenschaftlicher Schwerpunktbildung großen Anteil an der hochschuleigenen Forschungsstärke. Sie sind Ausdruck und Ergebnis langjähriger erfolgreicher Forschungstätigkeit mit internationaler Ausstrahlung. Von zentraler Bedeutung ist auch die Heranbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses mit Schwerpunkt Anwendungsorientierte Forschung unter Einschluss von Promotionsvorhaben. So wird die Hochschule sowohl ihrer Eigenverantwortung gerecht als auch, dass die Forschenden wissenschaftlich autonom handeln können.

Derzeit sind 78 Professorinnen und Professoren der Hochschule Offenburg forschungsaktiv – mehr als 60 % der Professorenschaft. In Zusammenarbeit mit 110 wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern bearbeiten sie in 2016 insgesamt 117 Forschungsprojekte und warben Projektmittel in Höhe von 5,018 Mio € für die Folgejahre ein. Damit ist die Zukunft des Forschungsstandorts Hochschule Offenburg gesichert. Dies ist nicht zuletzt auch das Ergebnis einer konsequenten und soliden Forschungsförderung durch die Fakultätsleitungen der Hochschule, denen hier besonderer Dank gilt. Nur durch Freistellung für die Durchführung der Forschungsarbeiten und Bereitstellung von zusätzlichen Ressourcen können die Professorinnen und Professoren zusammen mit ihren wissenschaftlichen Mitarbeitern konsequent und erfolgreich über Jahre hinweg exzellente Forschungsleistungen erbringen und wichtige Forschungsfelder besetzen.

Für die Kontinuität der Hochschulforschung tragen zudem die zahlreichen Promotionen bei, die derzeit an der Hochschule betreut werden. Ca. 40 Doktorandinnen und Doktoranden forschen hier im Rahmen einer kooperativen Promotion mit einer Universität im In- oder Ausland. Dank der Gewährung von Promo-



Prof. Elmar Bollin, Wissenschaftlicher Leiter Institut für Angewandte Forschung und
Prof. Dr.-Ing. Andreas Christ, Prorektor Forschung (v.l.n.r.)

tionsstipendien seitens des Ministeriums für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg werden zwei Promotionskollegs gefördert: eines in Kooperation mit der Universität Freiburg und eines mit dem Karlsruher Institut für Technologie (KIT). Zudem sind Professorinnen und Professoren der Hochschule an einem Graduiertenkolleg der DFG gemeinsam mit dem KIT sowie an der Doktorandenschule „Geospeicher.bw – Geothermische Speicherung in Baden-Württemberg“, gefördert durch das Programm BWPlus des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, beteiligt.

Neben den im „forschung im fokus“ genannten direkten Verantwortlichen und Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler ist das „Institut für Angewandte Forschung“ (IAF) zentraler Ansprechpartner und freut sich auf Ihre Kontaktaufnahme. Es begleitet, unterstützt und koordiniert die Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten an der Hochschule. Unser

ausdrücklicher Dank gilt dem gesamten IAF-Team. Das IAF unterstützt seit vielen Jahren beispielhaft, wie die Hochschule Offenburg Teil des lebendigen Netzwerks aus Universitäten, Forschungseinrichtungen und Unternehmen ist. Auch danken wir allen Professorinnen und Professoren der Hochschule sowie den vielen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, die aktiv in der Angewandten Forschung tätig sind und einen wesentlichen Beitrag zur Zukunftsfähigkeit der Hochschule und für unser gesellschaftliches und wirtschaftliches Umfeld leisten.

Die hochschuleigene Entwicklung der letzten Jahre zeigt mit einem kontinuierlichen Anstieg der Forschungsmittel eine deutliche Verstärkung der Leistungsfähigkeit ihres Forschungsbereichs. Mit diesen imposanten Leistungsdaten und den faszinierenden Forschungsthemen leistet die Hochschule Offenburg national und europaweit einen wichtigen Beitrag zur Angewandten Forschung.

Prof. Dr.-Ing. Andreas Christ & Prof. Elmar Bollin

7 Maschinenbau und Verfahrenstechnik [M+V]

- 8 Objektorientierte Modellierung von Energiesystemen
- 12 Chirurgie für die FEM: die plastische Korrektur für Spannungen
- 15 Energieeffizienz bei geführten Strömungen durch Formoptimierung
- 18 Förderung der Raumvorstellung in der Konstruktion
- 21 Sweaty – der humanoide Fußballroboter & Vizeweltmeister „Adult-Size“
- 22 Entwicklung eines sechssachsigen Kraft- und Momenten-Sensors
- 24 Entwicklung der Kinematik im Knie des humanoiden Roboters Sweaty
- 26 Selbstlokalisierung des Roboters
- 28 Entwicklung eines Gesichts für den humanoiden Roboter Sweaty
- 30 Astrophysik & Maschinenelemente?

37 Medien und Informationswesen [M+I]

- 38 SoundScape, AudioKomposition, RadioKunst und KlangFilm
- 41 Imageanalyse der Privatbrauerei Waldhaus
- 45 Management 4.0 – KMUs im digitalen Wandel
- 48 Avatartanz – Kooperation mit dem Stadttheater Freiburg
- 50 WASTELAND – Medienökologische Forschung im Anthropozän

53 Elektrotechnik und Informationstechnik [E+I]

- 54 Erstellung von Magnetfeldkarten mit mobilen Plattformen
- 58 NeuRob: NeuroScience und Robotik
- 61 E-Feld-Simulation bei CRT und Ablation
- 63 Herzrhythmusmodell zur Simulation von EPU und Ablation
- 66 Production Intelligence: Clustering of Defects on a Metal Work Piece

69 Betriebswirtschaft und Wirtschaftsingenieurwesen [B+W]

- 70 Beurteilung zustimmungspflichtiger Geschäfte
- 72 Intelligenter Spritzguss
- 75 Kaufmännische Rechnungslegung als Steuerungsinstrument an Hochschulen
- 77 Laser-ultrasound and guided acoustic waves

81 Institut für Energiesystemtechnik [INES]

- 82 Regelung und Monitoring von solarbetriebenen Trinkwassersystemen
- 84 Ökonomische Bewertung von Solarenergie-Kurzzeitprognosen
- 86 Der Batteriealterung auf den Grund gehen
- 89 microgrid

- 93 Institute for Unmanned Aerial Systems [IUAS]
 - 94 Entwurfsprozess eines unbemannten Fluggeräts
- 99 Peter Osypka Institute for Pacing and Ablation [POI]
 - 100 Ein Schrittmacher für Babys mit Herzjagen
 - 104 Extrakardiale Anwendungsmöglichkeiten der Hochfrequenzablation
 - 106 Reduction of stroke using left atrial appendage occluder
- 109 Institut für nachhaltige Silikatforschung Offenburg [NaSiO]
 - 110 Nachhaltige Bieberschwänze – Neuartige Dachziegel aus Recyclingmaterial
- 113 Institut für verlässliche Embedded Systems und Kommunikationselektronik [ivESK]
 - 114 Merkelphone für Industrie 4.0
- 117 Publikationen 2016
- 126 Promotionen 2016
- 127 Patente 2016
- 128 Kontakt

Impressum

Herausgeber:
 Institut für Angewandte Forschung [IAF]
 Hochschule Offenburg
 Badstraße 24 · 77694 Offenburg
 iaf@hs-offenburg.de
 www.iaf.hs-offenburg.de

 **Hochschule Offenburg**
 offenburg.university

Redaktion, Projektkoordination, Layout:
 Sandra Lutz-Vogt, Prof. Elmar Bollin,
 Hochschule Offenburg
 Verantwortlich für den Inhalt:
 Autoren und Projektleiter der jeweiligen Projekte
 Lektorat:
 Günter F. R. Grosshans, Hochschule Offenburg
 Bildnachweis:
 Hochschule Offenburg
 Titelbild:
 Sandra Lutz-Vogt, Hochschule Offenburg
 Druckerei:
 VKM Verlag für Marketing und Kommunikation
 GmbH & Co. KG, 67590 Monsheim
 Auflage:
 2500 Exemplare - ISSN 1866-9352

© Hochschule für Technik, Wirtschaft und Medien Offenburg. Kopien, auszugsweise wie auch elektronisch, sind ohne Freigabe durch das IAF der Hochschule Offenburg nicht gestattet.

INGENIEURSKUNST bis ins kleinste Detail



Einblicke auf unserer neuen Website

Badische Stahlwerke GmbH · Graudenzer Straße 45 · D-77694 Kehl
Telefon +49 (0)7851 83-0 · Fax +49 (0)7851 83-496 · www.bsw-kehl.de



GLOBAL PLAYER SUCHT LOCAL HERO

**JUNKER
GROUP**

JUNKER, LTA, ZEMA – die Unternehmen der JUNKER Gruppe entwickeln, produzieren und vertreiben hochpräzise Schleifmaschinen entsprechend den Kundenbedürfnissen, von der Einzelmaschine bis zur kompletten Produktionslinie, sowie Filteranlagen für die industrielle Luftreinigung.

Mit knapp 1.500 Mitarbeitern an 14 Standorten gehört die Unternehmensgruppe zu den weltweiten Vorreitern im Maschinen- und Anlagenbau.

Sende Deine vollständigen Bewerbungsunterlagen bitte an:

bewerbung@junker.de



www.junker-group.de

Erwin Junker Maschinenfabrik GmbH | Junkerstraße 2 | 77787 Nordrach

MASCHINENBAU UND VERFAHRENSTECHNIK

In der Fakultät Maschinenbau und Verfahrenstechnik sind die aktuellen Kennzahlen zu Forschung und Entwicklung aus dem Jahr 2016 wieder sehr motivierend. Dies ist Bestätigung für die Kolleginnen und Kollegen, dass ihre innovativen Forschungsanträge sowohl bei privaten als auch öffentlichen Fördergebern Zuspruch fanden.

2016 konnten ca. 45 % der eingeworbenen und umgesetzten Projekte der gesamten Hochschule durch die Fakultät Maschinenbau und Verfahrenstechnik realisiert werden. So sind beispielsweise „Untersuchungen von Mehrkörpersimulationen“ von Professor Dr. Waltersberger, „die Ermüdungslebensdaueruntersuchung von Bauteilen“ von Professor Dr. Seifert, „die Simulation dynamischer Systeme“ von Professor Dr. Hochberg, „die Gestaltung

von Innovationsprozessen“ von Professor Dr. Livotov, die „Entwicklung von Algorithmen zur Bildverarbeitung“ von Professor Dr. Wülker, „die biologische Methanisierung zur Speicherung von Überschussenergie im Gasnetz“ von Professorin Dr. Zell und die Aktivitäten der Forschungsgruppe „Elektrische Energiespeicherung“ unter Leitung von Professor Dr. Bessler nur ein kleiner Auszug aus den vielfältigen Forschungsaktivitäten der Fakultät M+V.

„Kleinere mittelständische Unternehmen bis hin zu Konzernen sind in vielfältiger Weise mit uns verbunden. Die Zunahme dieser Kooperationen zeigt eindrucksvoll den Stellenwert unserer Fakultät, vor allem hier in der Region.“

Dekan Prof. Dipl.-Ing. Alfred Isele



Die forschungsaktiven Professoren und Mitarbeiter der Fakultät M+V (v.l.n.r.):
 Prof. Dr. Treffinger, Prof. Dr. Waibel, Prof. Isele, Prof. Dr. Spangenberg, Dr. Wilke, Prof. Dr. Ettrich,
 Prof. Dr. Kachel, Prof. Dr. Bessler, Prof. Dr. Waltersberger, Prof. Dr. Seifert.
 Nicht abgebildet: Prof. Bollin, Prof. Dr. Doherr, Prof. Dr. Jochum, Prof. Kohler,
 Prof. Dr. Livotov, Prof. Dr. Pfafferott, Prof. Dr. Staudt, Prof. Dr. Weidlich, Prof. Dr. Zell.

Objektorientierte Modellierung von Energiesystemen

Prof. Dr.-Ing. Peter Treffinger

Die objekt-orientierte mathematische Modellierung ist vielversprechend für die Beschreibung von komplexen Systemen und Prozessen. Diese ist in vielen Bereichen, z. B. in der Geschäftsprozessmodellierung sowie in der Entwicklung von Automatisierungssoftware, weit verbreitet. Dagegen wird bei der Modellierung physikalischer Prozesse vielfach noch auf signalorientierte Beschreibungen zurückgegriffen. Im Beitrag werden wesentliche Unterschiede zwischen signalorientierter und objekt-orientierter Modellierung erläutert und die Vorteile der objektorientierten Methode hinsichtlich Transparenz, Erweiterbarkeit und Wiederverwendbarkeit herausgearbeitet.

Object-oriented mathematical modeling is promising for the analysis of complex systems and processes. This method is already applied, e.g. for modeling business processes or when developing automation software. However, when modeling physical processes there are often signal-oriented tools applied. This, even though the principal advantages of object-oriented methods are generally accepted in software engineering, especially for complex applications. In this article, major differences between signal-oriented and object-oriented modeling are explained and the advantages of object-oriented method in terms of transparency, extensibility and reusability are elaborated.

Einleitung

Menager et al. begründen die stetig wachsende Bedeutung der Modellbildung im Rahmen der Entwicklung von mechatronischen Systemen sowie im Anlagenbau wie folgt: „Aufgrund der steigenden Anforderungen bezüglich Komplexität der Anlage und Verkürzung der Entwicklungszeit wird immer häufiger auf modellbasierte Entwicklungsmethoden zurückgegriffen, bei denen der Entwicklungsprozess bis hin zum Betrieb durch Modelle begleitet wird, was sowohl zu Zeit- als auch zu Kosteneinsparungen führt.“ [1, S. 149]

Mechatronische Systeme und Anlagen können grob in das reale System, das betrieben werden soll, und die dazugehörige Automatisierungssoftware und -hardware aufgeteilt werden. Die in der aktuellen Diskussion als Cyber-Physical Systems bezeichneten Systeme können als Erweiterung von mechatronischen Systemen aufgefasst werden. Im Anwendungskontext spricht man von Smart Grid, Smart Home, Smart Factory oder Smart Office aus den Anwendungsbereichen der Energienetze, der Gebäude- bzw. Fabrikautomation sowie der Administration. Allen Systemen ist gemeinsam, dass sich deren Aufbau und Struktur fortlaufend ändern; es sind sogenannte zeitvariante Systeme. Darüber hinaus sind in ihnen alle physikalischen Domänen (Elektro-

technik, Mechanik, Hydraulik, Aerodynamik, usw.) vertreten. Zur Beschreibung des Systemzustands werden sowohl zeitkontinuierliche als auch zeitdiskrete Variablen benötigt. Für die Modellierung derartiger Systeme sollte daher auf eine klar strukturierte Methodik aufgebaut werden.

Bezüglich der Beschreibung des physikalischen Systems – oder anders ausgedrückt der Regelstrecke – bemerken Menager et al. „für die Beschreibung der Regelstrecke ist Simulink jedoch nur mäßig geeignet. Hierfür sind objektorientierte Modellierungssprachen wie Modelica deutlich besser geeignet.“ [1, S. 150]

Diese Aussage von Menager et al. kann durch die Ausführungen von Janschek in seiner umfassenden Monografie zur Modellierung von mechatronischen Systemen begründet werden. Janschek zählt fünf wesentliche Anforderungen auf [2, S. 119]:

1. Der physikalische Zusammenhang sollte bis auf Gleichungsebene erhalten und sichtbar bleiben.
2. Modelle einzelner Systemelemente sollten austauschbar sein, ohne dass dies Änderungen in den physikalischen Schnittstellen erfordert.

3. Der Modellaufbau sollte eine hierarchische Struktur mit Dekomposition und Aggregation erlauben.
4. Systemkomponenten von unterschiedlichen physikalischen Domänen sollten konsistent mit Modellen beschrieben werden.
5. Modellkomponenten sollten sowohl über physikalische Schnittstellen als auch über Signalschnittstellen verfügen.

Objektorientierte Modellierung

Das von Menager et al. erwähnte Simulink® ist ein typischer Vertreter signalorientierter Modellierungswerkzeuge. Es ist wohl das am weitesten verbreitete allgemeine Modellierungswerkzeug, das für die dynamische Modellierung genutzt wird. Historisch war der Schwerpunkt von Simulink die mathematische Modellierung von Regelungsalgorithmen. Diese werden mithilfe einer grafischen Benutzeroberfläche auf Basis von Blockdiagrammen dargestellt. Die einzelnen Blöcke repräsentieren dabei mathematische Operationen. Letztlich werden mit entsprechenden Blockdiagrammen differential-algebraische Gleichungssysteme dargestellt. Im Folgenden wird umrissen, wo die Unterschiede zwischen signalorientierter Modellierung und der objektorientierten, gleichungsbasierten Vorgehensweise liegen.

Abbildung 1 zeigt rechts das Blockdiagramm eines Elektromotors. Die beschreibenden Differentialgleichungen werden durch Blöcke abgebildet, die mathematische Operationen repräsentieren. Der Signalfluss im Blockdiagramm ist durch die Signalrichtung eindeutig festgelegt. Dass es sich um die Abbildung eines Elektromotors handelt, ist wahrscheinlich nur Experten im entsprechenden Gebiet auf den ersten Blick ersichtlich.

Unten ist ein Objektdiagramm dargestellt, in dem die einzelnen Komponenten aus der mechanischen, elektrischen und regelungstechnischen Domäne zu erkennen sind. Nur im regelungstechnischen Teil finden sich gerichtete Signale. Im mechanischen und elektrischen Teil werden physikalische Schnittstellen verwendet.

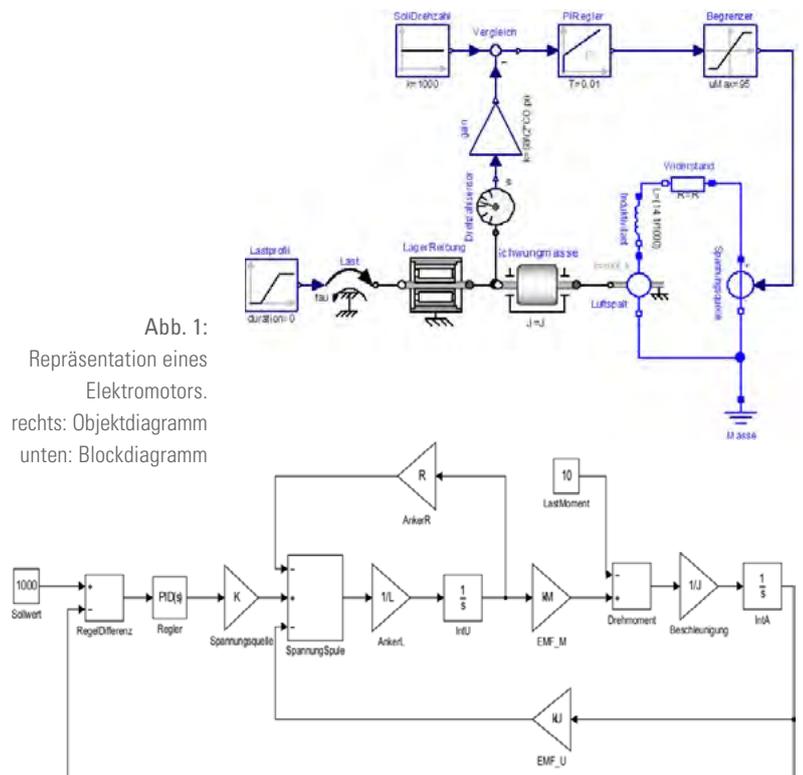
Die signalorientierte Darstellung erfüllt die erste Anforderung von Janschek daher insoweit nicht, dass die mathematischen Gleichungen aufgelöst wurden und nicht auf den ersten Blick sichtbar sind. Im Blockdiagramm liegen außerdem ausschließlich Signalverbindungen vor. Die einzelnen Signalverbindungen reprä-

sentieren nur teilweise eine physikalische Verbindung. Im Objektdiagramm rechts findet man dagegen Verbindungen, die eine physikalische Bedeutung haben. In Abbildung 1 sind dies Wellenverbindungen und elektrische Kontakte. Im Rahmen von modernen, objektorientierten Modellierungssprache, wie dem nichtproprietären Sprachstandard Modelica [3], wird in den physikalischen Schnittstellen zwischen Potenzial- und Flussgrößen entschieden. Diese können in konsistenter Weise für alle physikalischen Domänen definiert werden.

Tab. 1:
Physikalische Domänen und damit verbundene Potential- und Flussgrößen

Physikalische Domäne	Potentialgröße	Flussgröße
Elektrotechnik	Spannung	Strom
Mechanik (Translation)	Position	Kraft
Mechanik (Rotation)	Winkel	Drehmoment
Hydraulik, Pneumatik	Druck, Enthalpie	Massestrom
Wärmeübertragung	Temperatur	Wärmestrom
Stoffübertragung	Molenbruch	Stoffstrom
...

Tabelle 1 zeigt entsprechende Größen für verschiedene physikalische Domänen. In der elektrotechnischen Domäne ist die Potentialgröße die elektrische Spannung und die Flussgröße der elektrische Strom. Indem in Potenzial- und Flussgrößen unterschieden wird, können Knotengleichungen automatisiert aufgestellt werden und müssen nicht vom Modellentwickler erstellt werden.



Dies bedeutet beispielsweise bei der Verbindung von elektrischen Kontakten die Formulierung der Knotenpunktregel. Das heißt, dass sich die Ströme (Flussgröße) zu Null addieren und die Spannungen (Potentialgröße) im masselosen Kontaktpunkt identisch sind. Diese grundlegenden Prinzipien der Netzwerkanalyse lassen sich entsprechend auf alle physikalischen Domänen anwenden. Um die oben formulierten Anforderungen zu erfüllen, werden weitere Methoden der objektorientierten Modellierung angewandt.

In Abbildung 2 werden diese veranschaulicht. Links in der Abbildung finden sich Erläuterungen, in der Mitte ein generisches Beispiel und rechts als Anwendungsbeispiel die Modellierung von Hybridfahrzeugen aus früheren Arbeiten des Autors [4]. Fahrzeuge, im Speziellen auch Hybridfahrzeuge, sind mechatronische Systeme. In Objektdiagrammen werden Systeme wie das System Fahrzeug durch die Verbindung von Objekten dargestellt, die eine physikalische Bedeutung haben. Ein Objektdiagramm umfasst die Objekte und die Verbindungen zwischen diesen. Die Objekte sind Instanzen von Klassen. Durch die Parametrisierung von Klassen werden Objekte gebildet. So finden sich im Objektdiagramm des Fahrzeugs, eines sogenannten leistungsverzweigenden Hybridfahrzeugs, zwei elektrische Maschinen. Deren Objekte wurden aus einer einzigen Klasse durch entsprechende Parametrisierung gebildet. Durch einen geeigneten Aufbau von Bibliotheken mit Klassen erreicht man so eine hohe Wiederverwendbarkeit (re-useability) des Programmcodes.

Das Objektdiagramm des Fahrzeugs ist die oberste Modellierungsebene. Die einzelnen Objekte können nun weiter aufgelöst werden. Es ist eine anschauliche Dekomposition des Systems möglich. Für die elektrische Maschine könnte dies bis zur Ebene der elektrischen Bauteile erfolgen. Aufgrund der standardisierten Schnittstellen lassen sich die Objekte beliebig austauschen, soweit die Schnittstellen beibehalten werden. Auch sind Erweiterungen auf relativ einfache Art möglich, da für die physikalischen Schnittstellen der Signalfluss nicht a priori festgelegt ist. Selbstverständlich verwenden die Sprachimplementierungen weitere objektorientierte Prinzipien wie Vererbung. Die physikalischen Zusammenhänge sind letztlich als Gleichungen hinterlegt. Im generischen Beispiel findet sich beispielhaft ein Stück Programmcode.

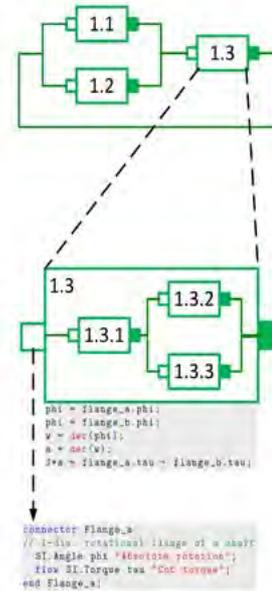
Erläuterung

Im Objektdiagramm werden Systeme durch die Verknüpfung von Objekten dargestellt. Das Objektdiagramm besteht aus Objekten und Verbindungen zwischen diesen.

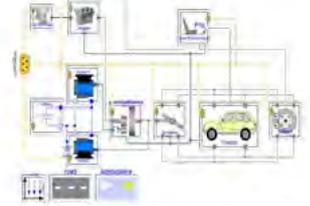
Die einzelnen Objekte können wiederum detaillierter aufgelöst werden. Dies ist die Grundlage für eine hierarchische Dekomposition des Gesamtsystems. Letztlich werden die physikalischen Zusammenhänge über Gleichungen beschrieben.

Die Objekte sind über physikalische Schnittstellen verbunden. Die Schnittstellen enthalten Potential- und Flussgrößen.

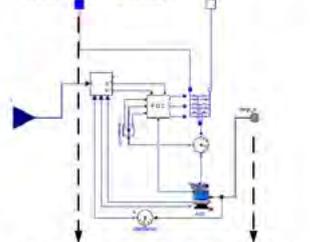
Generisches Beispiel



Objektdiagramm eines Fahrzeugs



Objektdiagramm einer elektrischen Maschine. Dies ist das aufgelöste Objekt der elektrischen Maschine im Fahrzeug



Die Verbindungen haben eine physikalische Bedeutung.
Elektrischer Kontakt: Spannung (Potential), Strom (Fluss).
Welle: Winkel (Potential), Drehmoment (Fluss).

Abb. 2: Veranschaulichung von ausgewählten objektorientierten Modellierungsprinzipien (links: Erläuterung, Mitte: generisches Beispiel, rechts: Leistungsverzweigender Hybrid)

Mit dem skizzierten Modellansatz lassen sich unterschiedlichste Energiesysteme abbilden. So wurde im Rahmen eines BMBF-Projekts erfolgreich ein Modell eines Elektrolichtbogenofens entwickelt [6, 7].

Abbildung 3 zeigt oben das Schema eines Elektrolichtbogenofens. Auf Basis der objektorientierten Modellierung gelang es, die komplexen Vorgänge Energieeintrag über Lichtbögen und Brenner, Aufschmelzen der Schüttung u.v.m. abzubilden. Weiterhin werden im Rahmen einer Promotionsarbeit thermische Energiesysteme, unter anderem Kraft-Wärme-Kälte-Kopplungsanlagen, abgebildet [8].

Ein weiteres Einsatzgebiet sind elektrische Energiesysteme. So wird im Rahmen des europäischen Projekts („Innovative Tools for Electrical System Security within Large Areas“ iTesla), an dem 6 Übertragungsnetzbetreiber beteiligt sind, die Modellierungssprache Modelica eingesetzt, um aus standardisierten Netzbeschreibungen auf Basis des sogenannten „Common Information Model“ physikalische Netzmodelle zu entwickeln [9].

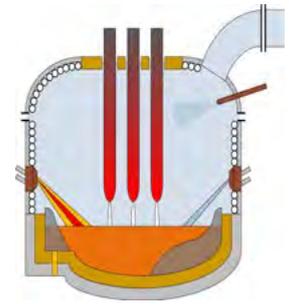
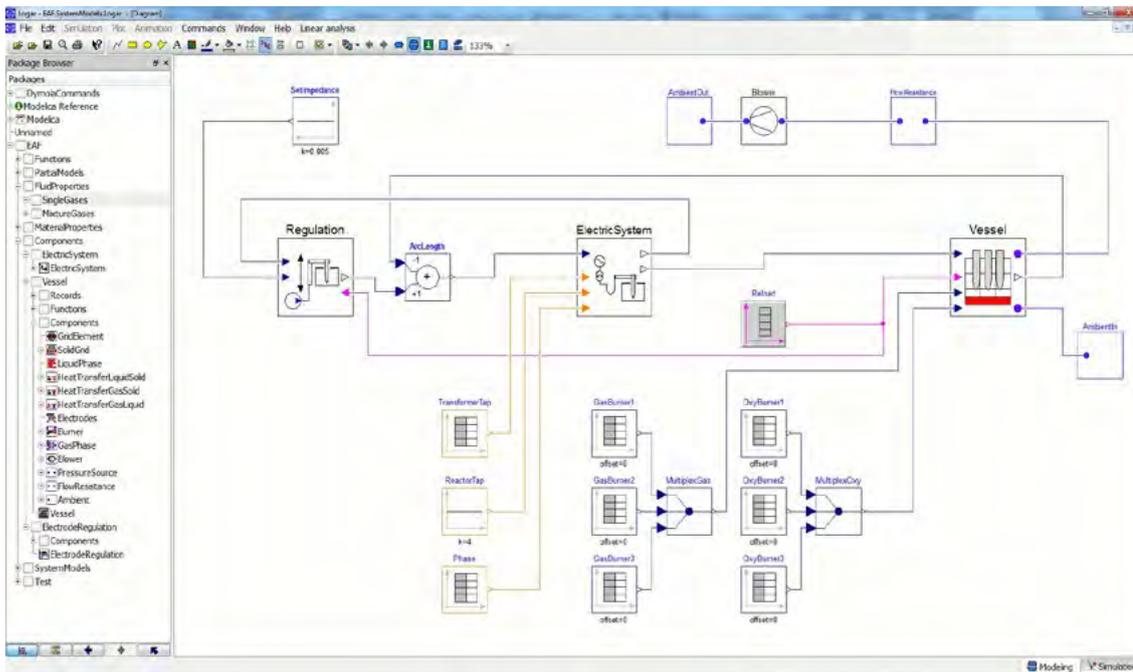


Abb. 3:
links: Objektdiagramm des Systems Lichtbogenofens [6]
oben: Schema eines Elektrolichtbogenofens mit Elektroden, Brenner, Sauerstoffanlagen und Abgaskrümmer [5]

AUTOR



Prof. Dr.-Ing. Peter Treffinger
Leiter Studiengang Energy Conversion
and Management, Energietechnik,
Dynamische Modellierung von
Energiesystemen, Thermodynamik,
peter.treffinger@hs-offenburg.de

Zusammenfassung

Wie oben ausgeführt, ist der objektorientierte Modellierungsansatz ein Schlüssel für das Verständnis von komplexen Systemen. Dies gilt umso mehr, wenn diese mehrere physikalische Domänen umfassen, was für mechatronische Systeme und Energiesysteme der Fall ist. In der Fakultät Maschinenbau und Verfahrenstechnik wird diese Methodik daher in Lehrveranstaltungen zur dynamischen Modellierung von mechanischen/mechatronischen Systemen sowie allgemein von Energiesystemen behandelt. Darüber hinaus werden entsprechende Methoden erfolgreich in der Forschung eingesetzt, so z. B. bei der Modellierung von Fahrzeugenergiesystemen, industriellen Prozessen (z.B. Elektrostahlöfen), Kraft-Wärme-Kälte-Kopplungsanlagen sowie elektrischen Energiesystemen. Es wurde aufgezeigt, dass objektorientierte Modellierungsansätze in einem weit höheren Maß Anforderungen an die physikalische Modellbildung, als dies bei signalorientierten Werkzeugen der Fall ist, erfüllen. Die Bedeutung objektorientierter Werkzeuge nimmt daher stetig zu. Dies wird auch dadurch unterstrichen, dass führende Industrievertreter und Forschungseinrichtungen objektorientierte Methoden als Schlüsselkompetenz im Zusammenhang mit Industrie 4.0 ansehen [10].

Referenzen/References:

- [1] Menager, N., L. Mikelsons, N. Worschech. „Modellbasierte Entwicklung mit Rexroth-Steuergeräten unter Nutzung von offenen Standards“. In: VDI-Fachtagung Mechatronik 2015, Dortmund, 2015
- [2] Janschek, K. Mechatronic Systems Design: Methods, Models, Concepts. Berlin: Springer, 2012
- [3] Modelica Association: www.modelica.org, zuletzt zugegriffen am 27.2. 16
- [4] Dempsey, M., M. Gäfvert, P. Harman, C. Kral, M. Otter, P. Treffinger. „Coordinated automotive libraries for vehicle system modelling“. In: Proceedings of 5th International Modelica Conference, S. 33-41, Wien, 2006
- [5] Opitz, F., 2016: Physics-Based Modeling and Simulation of Industrial Processes using the Example of the Electric Arc Furnace Process. Poster Präsentation im Rahmen des Promotionskollegs DENE, 1.3.2016, Universität Freiburg
- [6] Opitz, F., P. Treffinger und J. Wöllenstein. „Physics-Based Modeling of the Electric Arc Furnace Process Using Object-Oriented Language Modelica“. In: 11th European Electric Steelmaking Conference. Venice, Italy, 2016.
- [7] Opitz, F. und P. Treffinger. „Physics-Based Modeling of Electric Operation, Heat Transfer, and Scrap Melting in an AC Electric Arc Furnace.“ In: Metallurgical and Materials Transactions B 47B (2016-4), S. 1489-1503
- [8] Gopisetty, S., P. Treffinger. “Development of Simple CHP System Models Required for Energy Planning Process“. In: Energy Systems Conference, London, United Kingdom. 2014
- [9] iTesla Consortium: www.itesla-project.eu, zuletzt zugegriffen am 27.2. 16
- [10] VDMA: Industrie-4.0-Forschung an deutschen Forschungsinstituten. Broschüre des Forums Industrie 4.0, Frankfurt, 2015

Chirurgie für die FEM: die plastische Korrektur für Spannungen

Prof. Dr.-Ing. Thomas Seifert, Steffen Mittag M. Sc.

Ressourcen- und energieeffiziente Maschinenbauteile werden immer komplexer, und gleichzeitig ergeben sich immer höhere Belastungen der eingesetzten Werkstoffe. Daher ist die Finite-Elemente Methode (FEM) als Berechnungsverfahren zur Bewertung der Zuverlässigkeit von hoch belasteten Bauteilen heute nicht mehr wegzudenken. Allerdings steigt mit der Bauteilkomplexität auch der Berechnungsaufwand deutlich an, sodass effiziente Berechnungsverfahren für die FEM notwendig sind.

Energy- and resource-efficient mechanical engineering parts become more complex and, at the same time, the used materials must sustain higher loadings. Hence, the finite-element method (FEM) is an essential and indispensable computational method for the engineers to assess the reliability and safety of highly loaded parts. However, with the increasing complexity of the parts, the computational effort increases significantly. There is a need for efficient computational methods for the FEM that replace time-consuming non-linear elastic-plastic FEM calculations by linear elastic FEM calculations and allow for a correction of the stresses to estimate plastic deformations.

Einleitung

Ressourcen- und energieeffiziente Maschinenbauteile und Systeme erfordern auf der einen Seite Materialeinsparungen und den Umstieg auf andere Werkstoffe. Auf der anderen Seite kann in Turbinen und Verbrennungskraftmaschinen der Wirkungsgrad nur gesteigert werden, indem die Betriebstemperaturen und -drücke erhöht werden. In beiden Fällen müssen die Werkstoffe deutlich höheren Belastungen standhalten wie bisher, und neuartige Werkstoffe müssen ihre Leistungsfähigkeit erst unter Beweis stellen. Damit die Entwicklungsingenieure diesen werkstofftechnischen Herausforderungen gewachsen sind und die Zuverlässigkeit der Maschinen über deren gesamte Lebensdauer sicherstellen können, müssen die werkstoffmechanischen Vorgänge in den einzelnen Maschinenbauteilen im wahrsten Sinn des Worts „berechenbar“ sein. Hierzu hat sich sowohl in Forschung und Entwicklung als auch in der industriellen Praxis die Finite-Elemente-Methode (FEM) als unverzichtbares Berechnungstool etabliert. Mithilfe der FEM können die Ingenieure vorausberechnen, wo in einem Bauteil der Werkstoff am stärksten beansprucht wird, wenn mechanische Belastungen (z. B. durch Drücke oder Fliehkräfte) und/oder thermische Belastungen (z. B. durch Verbrennungsprozesse, hohe Sonneneinstrahlung oder Heißgas) auf das Bauteil einwirken. Die Ingenieure können mit der FEM die Span-

nungen im Werkstoff als Maß für die Höhe der Werkstoffbeanspruchungen und die daraus resultierenden Deformationen des Werkstoffs auswerten.

Insbesondere bei hoch beanspruchten Bauteilen, wie sie beispielweise in Turbinen und Verbrennungskraftmaschinen zu finden sind, ist es kaum zu vermeiden, dass derart hohe Spannungen im Werkstoff auftreten, die den Werkstoff plastisch deformieren. Diese plastischen Dehnungen des Werkstoffs führen früher oder später zum Schadensfall: Wird beispielsweise der Draht einer Büroklammer nur leicht gebogen, reichen die Spannungen nicht aus, um plastische Deformationen im Werkstoff hervorzurufen. Der Werkstoff wird lediglich elastisch deformiert, sodass bei der Wegnahme der Kraft die Büroklammer in ihren Ausgangszustand zurückfedert. Wird die Büroklammer allerdings stark gebogen, ergeben sich im Werkstoff Spannungen, die eine bleibende plastische Deformation des Werkstoffs bewirken. Die Büroklammer hat nun eine andere Form. Beim mehrmaligen plastischen Hin- und Her-Biegen kommt es schließlich zur Ermüdung des Werkstoffs und letztendlich zum Bruch der Büroklammer. Während dieser Schadensfall verkraftbar ist, darf ein solches Ermüdungsversagen unter keinen Umständen in einer Turbine eines Flugzeugs auftreten.

Durch die zunehmende Komplexität von Maschinenbauteilen und deren Funktionen in einem System werden die Berechnungsmodelle für die FEM immer komplexer und größer. Zudem erfordert die Berechnung von plastischen Deformationen für eine aussagekräftige Bewertung der Zuverlässigkeit von hoch beanspruchten Bauteilen einen vielfach höheren Rechenaufwand im Vergleich zu Berechnungen, in denen lediglich von elastischen Deformationen des Werkstoffs ausgegangen wird. Die steigenden Rechenzeiten stehen einer zügigen Entwicklung von ressourcen- und energieeffizienten Maschinenbauteilen und Systemen entgegen und können selbst durch immer leistungsfähigere Rechner nicht kompensiert werden. Daher werden an der Hochschule Offenburg effiziente Verfahren für die FEM-Berechnung von thermomechanisch hoch beanspruchten Bauteilen in dem über die Forschungsvereinigung Verbrennungskraftmaschinen (FVV) e.V. beantragten und durch die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF) geförderten Forschungsprojekt „Rechnerische Bewertung der Bauteillebensdauer von Aluminiumgusskomponenten unter kombinierter thermomechanischer und hoch frequenter Belastung“ entwickelt. Als weitere Forschungspartner sind das Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie ICT und das Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM am Projekt beteiligt. Das Projekt wird durch einen projektbegleitenden Ausschuss mit Experten aus namhaften Unternehmen fachlich begleitet.

Methodik und Ergebnisse

Die Effizienzsteigerung bei der Bauteilberechnung mit der FEM darf die Aussagekraft der Berechnungsergebnisse nicht stark einschränken. Daher müssen bei der Berechnung nach wie vor die plastischen Deformationen in den Bauteilen Berücksichtigung finden. Typischerweise treten die höchsten Spannungen im Werkstoff, d. h. die höchsten Werkstoffbelastungen, an der Bauteiloberfläche auf, weil an der Bauteiloberfläche die höchsten Temperaturen und damit thermische Spannungen vorliegen oder Querschnittsänderungen wie Kerben und Bohrungen die oberflächennahen Bereiche strapazieren. Demnach treten die plastischen Deformationen, die für die Bewertung der Zuverlässigkeit der Bauteile entscheidend sind, ebenfalls bevorzugt in den oberflächennahen Bauteilbereichen auf. Dieses begrenzte Auftreten der plastischen Deformationen legt den Schluss nahe, dass es sich um ein stark lokalisiertes Phänomen handelt und dass das

grundsätzliche Deformationsverhalten des gesamten Bauteils dadurch nicht wesentlich beeinflusst wird. Somit soll in der effizienten Methode das Bauteil zunächst mit der FEM unter der Annahme berechnet werden, dass die Spannungen im Werkstoff lediglich zu einer elastischen Deformation des Werkstoffs führen. So lässt sich die vergleichsweise kurze Rechenzeit bei elastischem Werkstoffverhalten ausnutzen. Die FEM-Berechnungsergebnisse mit elastischem Werkstoffverhalten sollen dann jedoch im Nachgang so korrigiert werden, dass in den hoch belasteten Oberflächengebieten eine Abschätzung der plastischen Deformationen erfolgen kann.

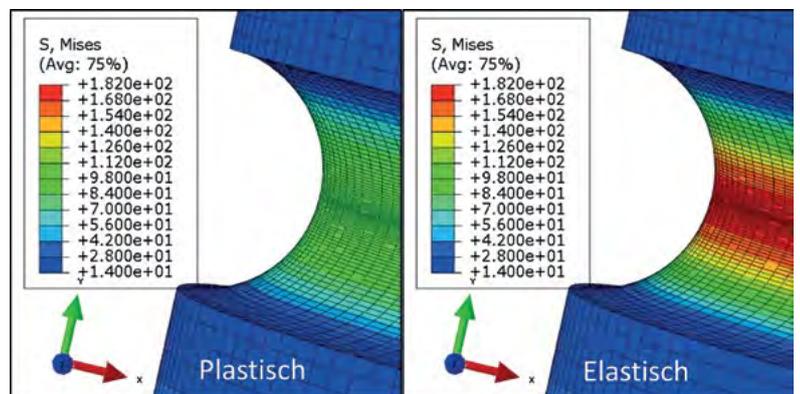


Abb. 1: Mit der FEM berechnete Spannungen im Bauteil bei elastisch-plastischem Werkstoffverhalten (links) und bei elastischem Werkstoffverhalten (rechts): hohe Spannungen sind in rot dargestellt

In Abbildung 1 sind die Ergebnisse zweier FEM-Berechnungen eines Bauteils dargestellt, wobei in der einen Berechnung plastische Deformationen berücksichtigt wurde und in der anderen Berechnung bei derselben Bauteilbelastung nur elastische Deformationen angenommen wurden. Die Spannungen aus der elastischen Berechnung sind deutlich höher als bei der plastischen Berechnung. Dieses Verhalten kann anhand der sogenannten Spannungs-Dehnungskurve erklärt werden, die das elastische und plastische Werkstoffverhalten zeigt (Abbildung 2). Hierbei wird am Werkstoff gezogen, d. h., es wird Spannung in den Werkstoff eingebracht, und gleichzeitig die Dehnung des Werkstoffs gemessen. An dem Punkt, bei dem die Spannungs-Dehnungskurve bei elastisch-plastischem Verhalten abknickt, beginnt der Werkstoff, sich plastisch zu verformen. Von diesem Punkt an sind die Spannungen im Werkstoff geringer als im Vergleich zur Spannung, die der Werkstoff bei derselben Dehnung unter der Annahme von elastischen Deformationen aufweist.

In der Vergangenheit wurden bereits einfache Berechnungsverfahren entwickelt, die eine Abschätzung der plastischen Deformationen auf Basis der elastischen Berechnungsdaten erlauben. Hierbei wurden Flächen in der

Spannungs-Dehnungskurve (Abbildung 2), die die Ingenieure als Verformungsenergiedichten bezeichnen, in Beziehung zueinander gesetzt [1]. Die bisherigen Verfahren können jedoch das komplizierte Werkstoffverhalten bei thermisch und mechanisch hoch belasteten Bauteilen nicht angemessen beschreiben. Daher wurde im Forschungsprojekt ein neuer Algorithmus entwickelt, der auch bei zyklischen Belastungen wie dem Hin- und Her-Biegen einer Büroklammer und bei hohen Temperaturen eine Abschätzung der plastischen Dehnungen möglich macht. Der Algorithmus hat zudem den Charme, dass er in Kombination mit bereits vorliegenden effizienten Finite-Elemente-Implementierungen von Plastizitätsmodellen [2,3] eingesetzt werden kann.

In Abbildung 3 ist einerseits eine Spannungs-Dehnungskurve dargestellt, die über eine FEM-Berechnung mit plastischem Werkstoffverhalten ermittelt wurde. Andererseits ist die entsprechende Spannungs-Dehnungskurve dargestellt, die mit dem neuen Algorithmus aus Ergebnissen einer elastischen FEM-Berechnung berechnet wurde. In beiden Fällen wurden in den FEM-Berechnungen dieselben zyklischen Belastungen des Bauteils betrachtet. Die mit dem neuen Algorithmus aus den elastischen FEM-Berechnungen berechnete Korrektur der Spannungen ermöglicht also eine gute Abschätzung der plastischen Dehnungen im Bauteil bei gleichzeitiger Rechenzeiterparnis.

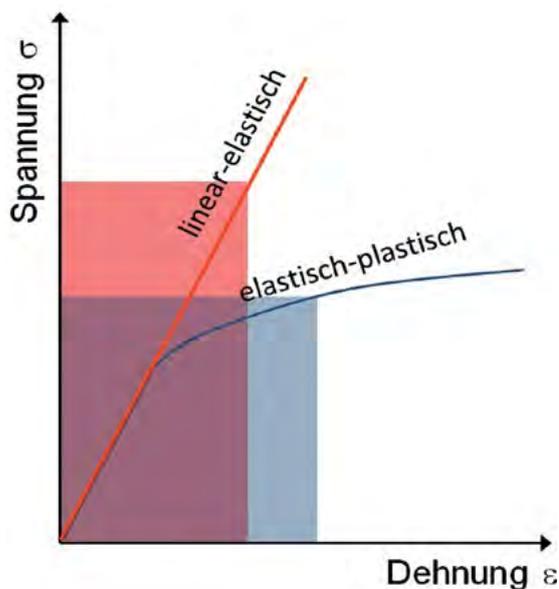


Abb. 2: Spannungs-Dehnungskurven bei elastisch-plastischem Werkstoffverhalten (blau) und bei elastischem Werkstoffverhalten (rot). Über Relationen der Flächen werden aus elastischen Berechnungen die Spannungen korrigiert und plastische Deformationen abgeschätzt.

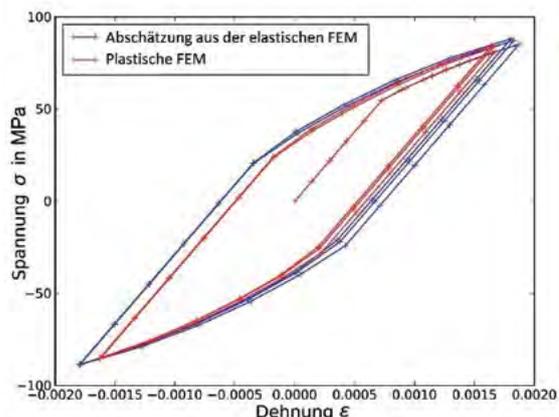


Abb. 3: Mit dem effizienten Berechnungsverfahren ermittelte Spannungs-Dehnungskurve aus einer elastischen FEM-Berechnung im Vergleich zu den Ergebnissen aus einer plastischen FEM-Berechnung

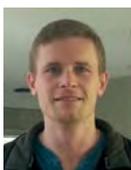
Zusammenfassung und Ausblick

Es wurde ein effizientes Berechnungsverfahren entwickelt, das die Ergebnisse aus elastischen FEM-Berechnungen nutzt, um plastische Deformationen abzuschätzen. Der zugrundeliegende Algorithmus ist universell und kann grundsätzlich für unterschiedliche Anwendungsfälle eingesetzt werden. Das effiziente Berechnungsverfahren geht davon aus, dass die höchsten Werkstoffbelastungen und damit die plastischen Deformationen lokalisiert im oberflächennahen Bereich auftreten. In zukünftigen Arbeiten ist es vorgesehen, die damit verbundenen Anwendungsgrenzen zu identifizieren und in Richtlinien zu dokumentieren.

AUTOREN



Prof. Dr.-Ing. Thomas Seifert
Fakultät M+V, Stellv. Institutsleitung IAF,
Werkstoffmechanik und -technik,
Finite-Elemente Methode,
Schadenskunde
thomas.seifert@hs-offenburg.de



Steffen Mittag M. Sc.
Akademischer Mitarbeiter
Fakultät M+V
steffen.mittag@hs-offenburg.de

Referenzen/References:

- [1] M. N. K. Singh, G. Glinka, R. N. Dubey, Elastic-plastic stress-strain calculation in notched bodies subjected to non-proportional loading, *International Journal of Fracture* 76, 1996, 39–60, doi:10.1007/BF00034029
- [2] T. Seifert, G. Maier, Linearization and finite-element implementation of an incrementally objective canonical form return mapping algorithm for large deformation inelasticity, *International Journal for Numerical Methods in Engineering* 75, 2008, 690-708, doi:10.1002/nme.2270
- [3] T. Seifert, T. Schenk, I. Schmidt, Efficient and modular algorithms in modeling finite inelastic deformations: objective integration, parameter identification and sub-stepping techniques, *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering* 196, 2007, 2269-2283, doi:10.1016/j.cma.2006.12.002

Energieeffizienz bei geführten Strömungen durch Formoptimierung

Prof. Dr.-Ing. Gerhard Kachel, Prof. Dr.-Ing. Jörg Ettrich, Prof. Dr.-Ing. habil. Karl Bühler,
Dipl.-Ing. Philip Sarstedt, Ulrich Messner M. Sc.

Bei der Vorentwicklung von technischen Systemen werden in vielen Bereichen der Industrie Simulationen am Computer durchgeführt. Je nach Komplexität des Systems können somit enorme Kosten eingespart oder dieses kann überhaupt erst realisiert werden. Neuartige Algorithmen sind in der Lage, kurzfristig recht gute Designvorschläge liefern zu können. Derzeit werden zur Topologieoptimierung verschiedene Ansätze verfolgt, wobei viele davon noch Gegenstand aktueller Forschung sind. Im Folgenden wird der Beitrag einer Forschungsgruppe der Hochschule Offenburg an diesem Prozess speziell für durchströmte Bauteile dargestellt.

In the pre-development of technical systems, computer-simulations are carried out in many areas of the industry. Depending on the complexity of the system, enormous costs can be saved or can be realized at all. Novel algorithms are able to deliver very good design proposals in a short time. Different approaches are pursued for topology optimization, whereas many of them are still subject of ongoing research. The contribution of a research group of Offenburg University on this subject, especially for internal flows, is presented below.

Einleitung

Optimierungsaufgaben sind fester Bestandteil des Ingenieuralltags. Typische Anwendungsfälle für eine Optimierung bei geführten Strömungen sind beispielsweise Kanalsysteme in der Klimatechnik, Ansaug- und Abgassysteme in der Motorentechnik oder Pumpen und Turbinen. Der hier verfolgte Optimierungsansatz beruht auf einem lokalen Optimalitätskriterium zur Vermeidung von Rückströmung, basierend auf der bionischen Topologieoptimierung nach Moos et al. [1]. Die Vermeidung der Rezirkulationsgebiete führt zu optimalen Geometrien mit minimalen Druckverlusten und Formwiderständen. Dieser Optimierungsansatz bietet den Vorteil, auf eine numerisch aufwendige Berechnung von Sensitivitäten auf Basis einer globalen Zielfunktion verzichten zu können. Gesteuert durch ein Rückströmungskriterium wird sogenannter „virtueller Sand“ abgelagert, um Rezirkulationsgebiete zu vermeiden. Weitere lokale Eigenschaften des Druck- und Geschwindigkeitsfelds wie z. B. Gradienten und Dissipation können die Beurteilung des lokalen Strömungszustands in ihrer Wirkung auf die globale Energieeffizienz des Strömungsprozesses erweitern und damit zu einer optimalen Kanalgeometrie führen.

Implementierung der Ansätze

Als Basis für die Implementierung des bionischen Ansatzes wird die Open Source CFD toolbox OpenFOAM® gewählt. Als Programmiersprache kommt somit C++ zum Einsatz. Es wird mit einem äquidistanten Rechengitter gerechnet, was eine erhebliche Einsparung von Rechenleistung und damit auch Rechenzeit mit sich bringt. Als Grundgerüst wird der SIMPLE-Algorithmus verwendet, unter anderem in der Arbeit von Jasak beschrieben [2], und um die Steuerung mit lokaler Kriterien erweitert. Wann in einer Zelle Rückströmung vorliegt, wird durch den Vergleich zwischen der lokalen Strömungsrichtung und einer Referenzrichtung festgestellt. Als Referenzrichtung dient hierbei eine zuvor berechnete Potenzialströmung oder ein vorher definierter Referenzvektor. Wahlweise kann zusätzlich ein Grenzwert für die Abweichung der Strömungsgeschwindigkeit zur Referenz definiert werden. Wird in einer Zelle die zuvor festgelegte maximale Abweichung zur Referenz überschritten, so wird sie als Festkörper modelliert. Die Umwandlung der Zelle von flüssig zu fest wird durch die Einführung eines Quellterms in Form einer inversen Permeabilität zu den Navier-Stokes-Gleichungen realisiert, wie dies in der Arbeit von Borrvall und Petersson beschrieben wird [3]. Ein weiteres Kriterium, das auf der Arbeit von Bourot [4] basiert, ermöglicht die Steuerung

der Simulation durch Homogenisierung von Gradienten. Bourot beobachtet eine Korrelation zwischen der Wirbelstärke und optimalen Körperformen in schleichenden Strömungen. Eine Homogenisierung der Wirbelstärke an Körperoberflächen führt hierbei zu optimalen Formen bezüglich Strömungsverluste. Ebenfalls implementiert ist ein Kriterium, das sich die Wandschubspannung in Kombination mit dem dynamischen Druck, wie von Wang et al. [5] beschrieben, zunutze macht. Nach dem Vorbild des natürlichen Verhaltens von Flussläufen wird an Stellen mit hoher Wandschubspannung Material abgetragen und an Stellen mit geringem dynamischem Druck Material abgelagert, um so optimale Strömungsverhältnisse zu erlangen. Zur Berücksichtigung von Fertigungsrestriktionen können Bereiche von der Optimierung ausgeschlossen werden, d. h. der Zustand fest oder flüssig erzwungen werden. Um Strömungsverluste im Anschluss an den betrachteten Designraum zu vermeiden, kann jeweils am Ein- und Austritt ein Einflussbereich definiert werden, innerhalb dessen sowohl die Referenzkriterien als auch die erlaubten Abweichungen getrennt vom restlichen Strömungsbereich gesteuert werden können. So kann beispielsweise das Fluid in einem bestimmten Winkel an den nächsten Designraum übergeben werden [6]. Aufgrund der fehlerhaften Abbildung von turbulenten Effekten beim Porositätenansatz wird eine Immersed-Boundary-Methode in Verbindung mit einem $k-\epsilon$ -Turbulenzmodell implementiert [7]. Um die Verfeinerung des Rechengitters zu vermeiden, wird zusätzlich mit einer Wandfunktion gearbeitet (High-Re-Model). Diese erlaubt es, die Randschichten scharf abzubilden und turbulente Effekte in der Simulation bei vertretbarem Rechenaufwand zu berücksichtigen. Die Ansätze und Kriterien sind in 2D und 3D bereits erfolgreich umgesetzt und verifiziert.

Erzielte Ergebnisse

Nachfolgend wird die Anwendung der Methode am Beispiel einer von Luft durchströmten Geometrie demonstriert.

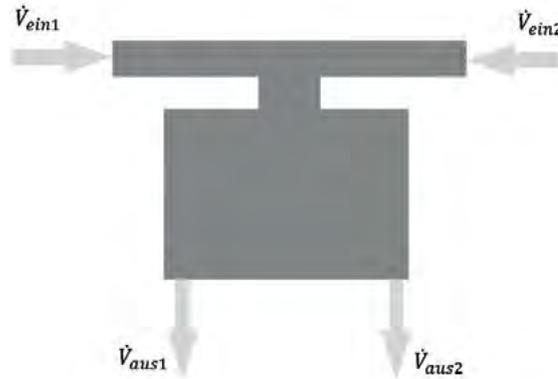
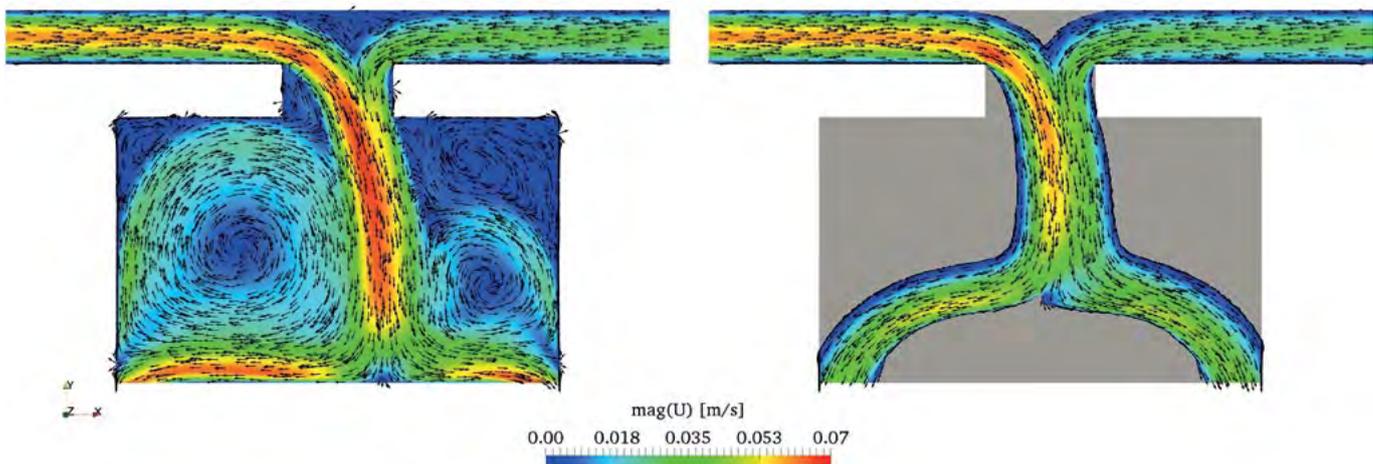


Abb. 1: Designraum mit Volumenströmen an den Ein- und Auslässen mit $\dot{V}_{ein1}/\dot{V}_{ein2}=2$

Wie in Abbildung 1 zu sehen ist, befinden sich oben links und oben rechts zwei Einlässe, denen verschiedene Volumenströme aufgeprägt werden. Die Reynoldszahl ergibt sich am linken Einlass zu $Re = 40$, somit handelt es sich um eine laminare Strömung. An der Unterseite befinden sich zwei Auslässe, durch die das Fluid ausströmt. Bei Betrachtung der Geschwindigkeitsverteilung in Abbildung 2 links fallen bei der ursprünglichen Geometrie große Wirbelgebiete auf. Rechts zeigt Abbildung 2 die verbesserte Geometrie nach der Optimierung. Die grau dargestellten Bereiche werden durch die Topologieoptimierung, aufgrund der angewandten lokalen Kriterien, in Festkörperbereiche umgewandelt. Zur quantitativen Auswertung der Ergebnisse dient der Totaldruckverlust. Dieser konnte um 14,9 % reduziert werden.

Abb. 2: links: ursprüngliche Geometrie, rechts: optimierte Geometrie



Zusammenfassung und Ausblick

Es wurde ein Löser entwickelt, in dem lokale Optimalitätskriterien zur Topologieoptimierung untersucht und erfolgreich angewandt werden. Die Suche nach weiteren geeigneten Kriterien auf Basis verschiedenster Strömungsgrößen ist eine sehr große Herausforderung. Darüber hinaus wurden Möglichkeiten zur Berücksichtigung von Fertigungsrestriktionen während der Optimierung untersucht. Im Rahmen der für die Topologieoptimierung notwendigen numerischen Behandlung von beliebig komplexen veränderlichen Geometrien wurden zwei Ansätze betrachtet – ein Porositätsansatz und eine Immersed-Boundary-Methode. Beide wurden auf die Berücksichtigung der Turbulenz bei der Optimierung durchströmter Bauteile untersucht. Der Porositätsansatz, der für laminare Probleme gute Ergebnisse liefert, stellt sich hier als ungeeignet heraus. Die Notwendigkeit der Berücksichtigung von turbulenten Effekten

bei der Topologieoptimierung wurde anhand eines Beispiels verdeutlicht [6]. Zudem wurden weitere Untersuchungen zu verschiedenen 2D-Testfällen und einem Praxisbeispiel durchgeführt. Hier ist eine weitergehende detaillierte Untersuchung und Validierung notwendig.

Grundsätzlich ist das entwickelte Verfahren auch auf dreidimensionale Problemstellungen anwendbar, wenngleich der Modellierungs- und Berechnungsaufwand erheblich größer ist, und darüber hinaus auch die Implementierung komplexer ausfällt. Während eine abschließende allgemeingültige Umsetzung aller im Zweidimensionalen ausgearbeiteten Konzepte und Strategien für den dreidimensionalen Fall noch aussteht, zeigen erste Fallbeispiele vielversprechende Ergebnisse, vgl. Abbildung 3.

Referenzen/References:

- [1] O. Moos, FR. Klimetzek, R. Rossmann, Bionic Optimization of Air-Guiding Systems. SAE Technical Paper, 2004-01-1377, 2004.
- [2] H. Jasak, Error Analysis and Estimation for the Finite Volume Method with Applications to Fluid Flows, Ph.D. Thesis, Imperial College, London, 1996.
- [3] T. Borrvall, J. Petersson, Topology optimization of fluids in Stokes flow. International Journal for Numerical Methods in Fluids, 41, 77-107, 2003.
- [4] J.M. Bourot, On the numerical computation of the optimum profile in Stokes flow. Journal of Fluid Mechanics, 65, 513–515, 1974.
- [5] L. Wang, Y. Fan, L. Luo, Heuristic optimality criterion algorithm for shape design of fluid flow. Journal of Computational Physics, 229, 8031–8044, 2010.
- [6] P. Sarstedt, G. Kachel, J. Ettrich, K. Bühler, Topology Optimization for Fluid Flow Employing Local Optimality Criteria, ECCOMAS Congress 2016.
- [7] R. Mittal, G. Iaccarino, Immersed Boundary Methods. Annual Review of Fluid Mechanics, 37, 239-261, 2005

AUTOREN



Prof. Dr.-Ing. Gerhard Kachel
Technische Mechanik,
Finite-Elemente-Methode,
Maschinenelemente / Konstruktionslehre
gerhard.kachel@hs-offenburg.de



Prof. Dr.-Ing. Jörg Ettrich
Thermodynamik, Strömungslehre,
numerische Strömungsmechanik,
Maschinenlabor
joerg.ettrich@hs-offenburg.de



Prof. Dr.-Ing. habil. Karl Bühler
Technische Strömungslehre,
Technische Thermodynamik, Mathematik
k.buehler@hs-offenburg.de



Ulrich Messner M. Sc.
Akademischer Mitarbeiter
ulrich.messner@hs-offenburg.de



Dipl.-Ing. Philip Sarstedt
Akademischer Mitarbeiter
philip.sarstedt@hs-offenburg.de

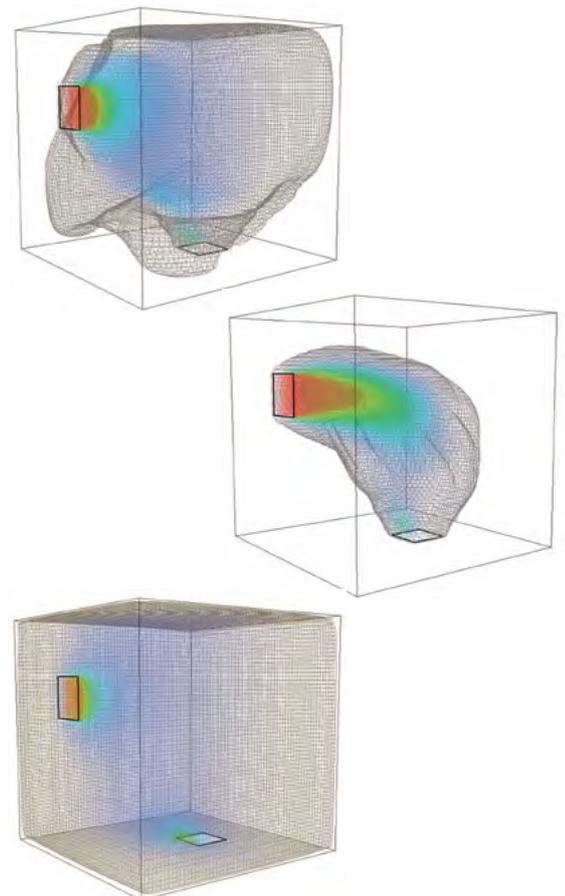


Abb. 3: Fallbeispiel einer dreidimensionalen Optimierung anhand eines zunächst kubischen Design-Raums mit quadratischen Ein- und Ausströmbedingungen. Die Bilder zeigen den iterativen Fortschritt der Optimierung von links nach rechts, wobei das Verfahren selbstständig eine dreidimensionale geometrische Berandung für die Aufgabe der Strömungsumlenkung findet.

Förderung der Raumvorstellung in der Konstruktion

Prof. Dr.-Ing. Ali Daryusi

Beobachtungen der Studierenden insbesondere in der Konstruktionsausbildung zeigen deutliche Defizite bezüglich der Sensibilität für die dritte Dimension. Der Umgang mit 3D-Modellen, der mentale Übergang von 2D-Skizzen zum 3D-Volumenmodell und von diesem zum Raum sowie die Umsetzbarkeit des Gesehenen bzw. des Gedachten fallen ihnen schwer. Gründe dafür sind nach Autorenmeinung in der Ausbildung zu suchen, in der Fähigkeiten und grundlegende Fertigkeiten zum Freihandskizzieren und -zeichnen und zu den grafischen Darstellungstechniken weniger geübt werden, obwohl die Entwicklungsarbeit diese vom Konstrukteur fordert. Der Autor berichtet von empirischen Ergebnissen, die in einer Laborstudie, durchgeführt innerhalb eines Untersuchungszeitraums von drei Studiensemestern, erzielt wurden. Dabei wurden 148 Studierende des Studiengangs Maschinenbau an der Hochschule Offenburg im Alter von 18 bis 26 Jahren mit einem unterschiedlichen Ausbildungsstand bei der Bearbeitung des Schlauchfigurentests zur Erhebung des räumlichen Vorstellungsvermögens beobachtet und ihre Lösungen analysiert. Anschließend wurden neue Vorschläge zur Förderung dieser persönlichen Fähigkeit angeboten.

Observations of the students, especially in design education, show clear deficits regarding the sensitivity to the third dimension. The handling of 3D models and the mental transition from 2D sketches to 3D volume model and from this to space, as well as the feasibility of what is seen or thought, are hard to deal with for the students. According to the author the reason lies in the fact that basic skills for freehand sketching and drawing and graphical techniques are little practiced, although this is an essential need by the designer. The author shows empirical results obtained in a laboratory study conducted within a period of three semesters. 148 students from the Mechanical Engineering program at Offenburg University, aged between 18 and 26 years and differently advanced in their studies, were observed while working on the hose figures test. Their solutions were analyzed for the assessment of spatial perception. Subsequently, new proposals were made to promote this personal skill.

Raumvorstellung beim Konstruieren Schlauchfigurentest

In Bezug auf die Konstruktion ist das Raumvorstellungsvermögen (RVV) die wesentliche Hilfe zum konstruktiven Problemlösen [1]. Sie gehört zu den wichtigen individuellen Einflüssen auf das Konstruktionsergebnis und beschreibt die kognitive Fähigkeit, sich gedanklich im zwei- oder dreidimensionalen Raum zu bewegen und in der Vorstellung, mit mehrdimensionalen Gegenständen hoher Komplexität operieren zu können [2] [3]. Da die Konstruktionslehre in einer rechnerunterstützten Umgebung stattfindet und in der Praxis häufig komplexe Produkte oder Maschinen mit räumlicher Kinematik zu entwickeln sind, kommt ihrer Unterstützung zum Beurteilen und Generieren von Lösungen beim Konstruieren und Entwickeln eine besondere Bedeutung zu. Sie wird jedoch in der Hochschulausbildung weniger gefördert.

Zur Erhebung der Fähigkeit zu mentaler Rotation als eine Komponente des RVVs gibt es eine Vielzahl von verschiedenen Testverfahren. Dazu zählt auch der Schlauchfigurentest nach [4], der in dieser Studie Verwendung in Papierform fand. Dieser Test besteht aus zwei Testheften A und B mit insgesamt 42 Teilaufgaben aufsteigender Schwierigkeit. Die Bearbeitungsdauer beträgt etwa 16 Minuten je Testheft. Jede der zu bearbeitenden Aufgaben besteht aus zwei Abbildungen, die einen durchsichtigen Würfel zeigen, in dem sich ein gewundenes Kabel befindet (Bild 1). Die Testperson soll herausfinden, aus welcher Perspektive die zweite Ansicht des Objekts aufgenommen worden ist.

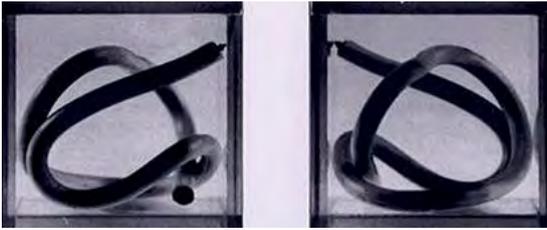


Abb. 1:
Beispiel für ein Schlauchfigurenpärchen nach [4]

Gruppen	Probanden	Altersdurch.	Allg. Abitur	FHR	Abitur TG
1 (MA1)	70= (6w + 64m)	20,06	14= (2w + 12m)	41= (4w + 37m)	15= (0w + 15m)
2 (MA2)	47= (5w + 42m)	21,70	28= (4w + 24m)	12= (1w + 11m)	7= (0w + 7m)
3 (MA6)	31= (0w + 31m)	22,40	12= (0w + 12m)	13= (0w + 13m)	6= (0w + 6m)

Tab. 1:
Einteilung der Versuchspersonen in Haupt- / Teilgruppen,
MA: Maschinenbau, FHR: Fachhochschulreife, TG: Techn. Gymnasium

Probanden

Getestet wurden 148 Maschinenbaustudierende aus den ersten, zweiten und sechsten Semestern an der Hochschule. Vor dem Test wurden Personendaten wie beruflicher Werdegang und technischer Hintergrund erfragt. Zusätzlich wurde der Kompetenzfragebogen nach [5] zur Erfassung heuristischer Kompetenz verwendet. Es wurden dabei drei studentische Hauptgruppen nach Semester aufgeteilt. Diese teilen sich jeweils in weitere drei Teilgruppen auf, zurückzuführen auf ihren schulischen Werdegang.

Empirische Ergebnisse

Im Bild 2 ist die Verteilung der erzielten Ergebnisse bezüglich des erfassten RVV von den Versuchsteilnehmern auf die fünf Leistungsbereiche zusammengestellt. Je nach Anzahl der richtig beantworteten Teilaufgaben lässt sich das Testergebnis dieser gemessenen Fähigkeit nach der Eichstichprobe jeweils fünf Leistungsbereichen zuordnen. Diese werden dem Schlauchfigurentest zufolge als weit unterdurchschnittlich, unterdurchschnittlich, durchschnittlich, überdurchschnittlich oder weit überdurchschnittlich klassifiziert.

Fast die Hälfte der Probanden wurde in Bezug auf ihre Fähigkeit zum RVV als durchschnittlich basierend auf Testheft Form A eingestuft bzw. als weit unterdurchschnittlich basierend auf Heft Form B. Bei dieser Form B wurde festgestellt, dass Ruhe, Gelassenheit und Konzentrationsfähigkeit im Umgang mit Informationen verloren gehen, wie auch das Denken im Kontext. Interviews mit Versuchspersonen zeigten, dass 40 % von ihnen bei der Lösungsfindung der Testaufgaben eine Kombination aus Vorstellungsbildern und abstrakt logischen Überlegungen verwendeten.

Die Versuchspersonen der Gruppen zwei und drei haben zudem Wissen aus der Vorlesungsreihe „Technisches Zeichnen“ auch das Labor „CAD-Grundlagen“ absolviert. Sie haben somit zu dem theoretischen Wissen in 2D-Darstellung auch die Anwendung an einem CAD-System in 3D-Darstellung erlernt. Ihre räumliche Wahrnehmung sollte dadurch gefestigt sein. Diese Vermutung wurde jedoch nur geringfügig bestätigt.

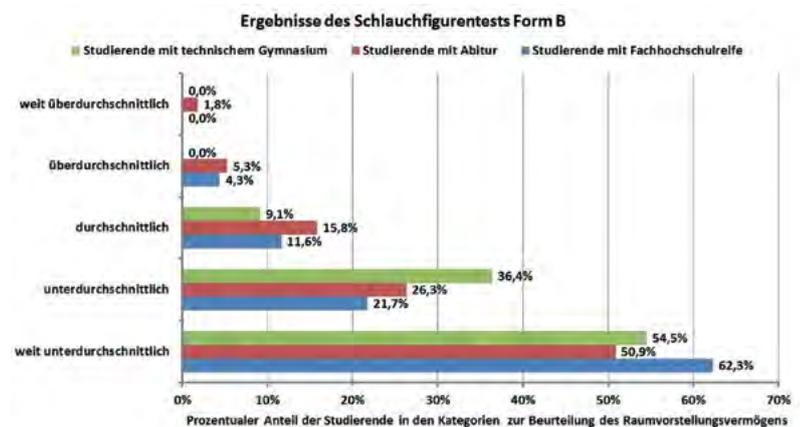
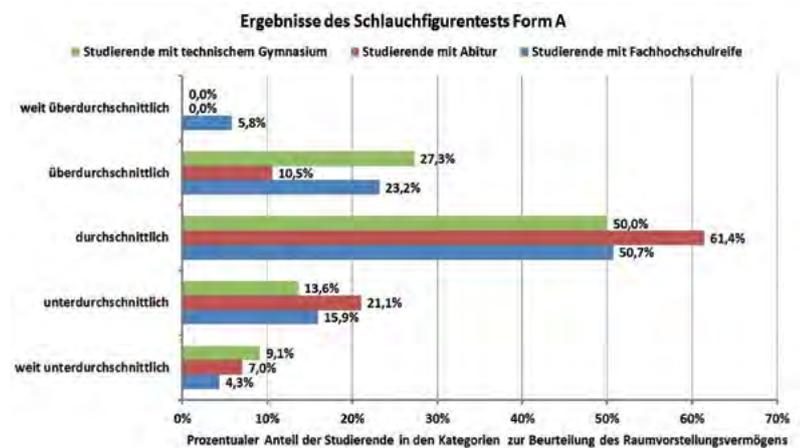


Abb. 2:
Darstellung der Ergebnisse je Leistungsbereich hinsichtlich des erfassten RVV von den Probanden abhängig vom schulischen Werdegang - oben: mit Schlauchfiguren der Form A, unten: Form B

INBUS-Figurentest

Zur Prüfung des räumlichen Vorstellens sind nach Autorenmeinung in der Psychologie bislang noch keine befriedigenden Verfahren für den Einsatz im Bereich der Konstruktionswissenschaft entwickelt worden. Der Schlauchfigurentest kann wie bei vielen anderen Tests nicht nur durch räumliches Vorstellungsvermögen gelöst werden, sondern auch durch rein logisches Vorgehen. Dieser Test erscheint nicht charakteristisch für die Konstruktionstätigkeit. Ein Test für die Konstrukteure muss klare, normierte Anforderungsprofile für bestimmte Standardkonstruktionen, die man vergleicht, aufweisen. Die gesammelte Erfahrung mit Schlauchfiguren gab den Anlass zur Entwicklung eines neuen Testverfahrens zur Schulung der RV-Fähigkeit, siehe Bild 3. Die Idee des Tests ist relativ sehr einfach. Es handelt sich um den 3D-CAD-Zusammenbau von L-Figuren. Diese sind stärker an die Fragestellung Konstruktion angepasst. Der 3D-L-Figurentest lässt sich auf andere technische Studiengänge und Ausbildungsformen übertragen. Eine detaillierte Evaluation dieses Tests soll das Ziel weiterführender Untersuchungen sein.

Schlussfolgerungen

Die Analyse der Ergebnisse des Kompetenzfragebogens [5] zeigt, dass die Studierenden glauben, generell über eine durchschnittliche heuristische Kompetenz zu verfügen. Nach Meinung des Autors ist dieses Testverfahren jedoch nicht aussagekräftig genug, obwohl es häufig in empirischen Untersuchungen im Maschinenbau Verwendung findet.

RV-Leistungen spielen eine wichtige Rolle im Bereich technischer Aufgaben. Personen können sich in diesem Merkmal stark unterscheiden, sodass ein mangelndes RVV zu Schwierigkeiten beim Bearbeiten konstruktiver Aufgaben führen könnte.

Gesicherte Aussagen über die Wirksamkeiten und die Vorteile eines guten RVVs hinsichtlich des Erfolgs in der Konstruktionsausbildung und der konstruktiven Leistung sind bislang kaum möglich, obwohl sie in individuellen Erfahrungsberichten immer wieder behauptet werden.

Der Autor schließt sich der Aussage von Franke [6] an, dass Fragestellungen an Studierenden zur Beurteilung der Montier- oder Demontierbarkeit eines Bauteils in einem technischen Teilsystem oder zur Eignung einer Teilgeometrie für ein bestimmtes Fertigungsverfahren für die Erfassung der konstruktiven Raumverarbeitung wesentlich besser geeignet

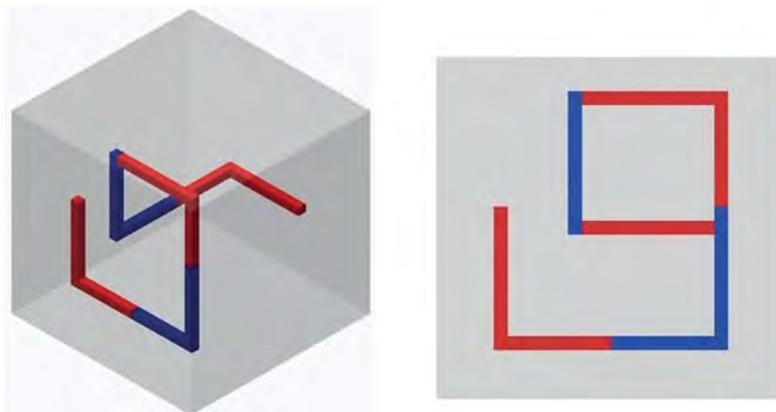


Abb. 3:
INBUS-Figuren (eigene Darstellung)

sind als die Anwendung vorhandener, für die Konstruktion ungeeigneter Testinstrumente.

Es ist bekannt, dass die Korrelation zwischen Testverfahren und wirklicher Konstruktionsleistung sehr gering ist. Franke [6] hält es für sehr gut möglich, dass es bei der RV-Fähigkeit erhebliche individuelle Streuungen geben könnte. Es gibt Konstrukteure, die seit ihrer frühen Jugend Neigungen zum bildlichen Darstellen und zu künstlerischen Tätigkeiten haben. Andererseits gibt es auch gute Konstrukteure ohne diese Neigung, die mit ganz anderen Strategien, z.B. durch Beherrschung der analytischen Geometrie, mit räumlichen Gegebenheiten und deren Manipulation umgehen können.

Die Ausbildung der Studierenden muss sich wieder stärker auf grundlegende Sachverhalte und Zusammenhänge fokussieren. An dieser Stelle erscheint dem Autor die Wiedereinführung der Vorlesung „Darstellende Geometrie“ für die Förderung des RVVs sinnvoll. Bereits im Jahr 1895 betonte Riedler [7] die hohe Bedeutung dieser Veranstaltung für diesen Zweck.

Weiterhin lässt sich empfehlen, die bisherige Anzahl der Semesterwochenstunden in der Vorlesung „Technisches Zeichnen“ zu erhöhen, damit praktische Übungen zum RVV verstärkt trainiert werden können und sich bei den Studierenden Sicherheit einstellt. Somit muss es Aufgabe der Lehre sein, wieder verstärkt die manuelle Darstellung mit Papier und Bleistift in die Ausbildung einzubinden.

Referenzen/References:

- [1] Rutz, A.: Konstruieren als gedanklicher Prozess. Dissertation, TU München, 1985
- [2] Von der Weth, R.; Eisentraut: Er hatte sein Ziel klar vor Augen – Raumvorstellung und individuelles Vorgehen beim Konstruieren. In: Ehrlenspiel, K., Ambrosy, S. & Günther, J. (Hrsg.) Werkstattgespräch „Bild u. Begriff I“. München: Technische Universität München. S. 85-107. 1994
- [3] Günther, J.: Individuelle Einflüsse auf den Konstruktionsprozess. Eine empirische Untersuchung unter besonderer Berücksichtigung von Konstrukteuren aus der Praxis. Diss. TU München, 1998
- [4] Stumpf, H.; Fay, E.: Schlauchfiguren. Ein Test zur Beurteilung des räumlichen Vorstellungsvermögens. Göttingen u. a.: Hogrefe 1983
- [5] Stäudel, T.: Der Kompetenzfragebogen. In Diagnostica 34 (1988) 2, S. 136-148
- [6] Franke, H.-J.: Bilder und Begriffe beim konstruktiven Denken – Diskussion und Ergebnisse eines Workshops. VDI-Berichte, Bd. 1169, S. 11-26. Düsseldorf: VDI, 1995
- [7] Riedler, A.: Zur Frage der Ingenieur-Erziehung (Berlin 1895), 19

AUTOR



Prof. Dr.-Ing. Ali Daryusi
Leiter des CAD/CAE-Labors
www.hs-offenburg.de/cax/ali.daryusi@hs-offenburg.de

Sweaty – der humanoide Fußballroboter & Vizeweltmeister „Adult Size“

*Prof. Dipl.-Des. Sabine Hirtes, Prof. Dr. rer. nat. Klaus Dorer,
Prof. Dr.-Ing. Ulrich Hochberg, Prof. Dr. rer. nat. Michael Wülker*

Humanoide Roboter (d. h. menschenähnliche Roboter mit zwei Beinen) sollen in naher Zukunft Menschen in ihrer Umgebung unterstützen können. Auch sind sie möglicherweise besser geeignet, sich in unbekannter und komplexer Umgebung zu bewegen als Roboter auf Rädern. Die Entwicklung solcher Maschinen ist noch in den Anfängen. Zahlreiche Detailprobleme sind noch zu lösen.

Wissenschaftler mehrerer Fakultäten der Hochschule Offenburg entwickeln gemeinsam mit Studierenden den humanoiden Roboter „Sweaty“. Der Roboter soll seinen Vizeweltmeistertitel in der Fußballweltmeisterschaft der Roboter in der „Adult Size“-Klasse im Juli 2017 in Japan verteidigen. Das Besondere an den Robotern des RoboCup ist, dass sie sich vollständig autonom bewegen müssen. Eine Fernsteuerung oder eine Energieversorgung von außerhalb ist unzulässig. Auch aktive Sensoren wie beispielsweise LIDAR oder Ultraschallsensoren sind nicht erlaubt. Selbst Sicherungsseile, wie sie häufig bei Maschinen zur Ganguntersuchung verwendet werden, sind nicht erlaubt. Alle notwendigen Berechnungen müssen auf Rechnern, die im Roboter eingebaut sind, durchgeführt werden. Diese Anforderungen schränken den Kreis der Wettbewerber im RoboCup stark ein. Für die kommende Weltmeisterschaft in Japan sind in der Königsklasse, der „Adult Size“-Klasse, sieben Roboter qualifiziert, die bei den Spielen einzeln gegeneinander antreten werden.

Besonders hervorzuheben ist, dass an der Hochschule Offenburg zum Bau von Sweaty nicht nur bekannte Technologien zusammengeführt, sondern auch neue Technologien entwickelt werden. In den folgenden Kurzbeiträgen wird ein kleiner Auszug dieser Arbeiten vorgestellt.

Abb. 1:
„Sweaty“: Größe 172 cm, Gewicht 25 kg, 32 Freiheitsgrade



Entwicklung eines sechsachsigen Kraft- und Momenten-Sensors

Lucas Schickl B. Eng., Yuri D'Antilio M. Sc., Prof. Dr.-Ing. Ulrich Hochberg

Um den Gang und die Stabilität von Sweaty zu verbessern, müssen Kräfte und Momente im Fußgelenk gemessen werden. Dazu wurde ein Sensor entwickelt, der geeignet ist, diese Größen im Fußgelenk des Roboters Sweaty zu messen. Der Sensor ist komplett mit Auswerteelektronik im Fuß integriert. Die Sensordaten werden über CAN-Bus übermittelt. Als Messaufnehmer werden Dehnungsmessstreifen eingesetzt.

Knowledge concerning forces and torques in the ankle joints is necessary for the control of the gait of a humanoid robot. Since commercial sensors do not meet the demands for the sensors in Sweaty's ankle joints, a new sensor was developed. As measuring devices we use strain gauges and custom electronics based on an acam PS09. The geometry is analyzed with the FEM program ANSYS to get optimal dimensions for the measuring beams.

Eines der Hauptziele für zweibeinige Roboter ist ein dynamischer, menschenähnlicher und stabiler Gang. Dafür werden Sensoren benötigt, die die notwendigen Daten für die Stabilisierung während des Gangs bereitstellen. Um einen optimalen Sensor für Sweaty zu entwickeln, wurden verschiedene Sensortechnologien analysiert. Im Ergebnis wurde ein sechsachsiger Kraft- und Momentensensor (KMS) entwickelt, der speziellen Anforderungen (begrenzter Bauraum, geringes zusätzliches Gewicht, integrierte Elektronik, benötigter Messbereich und geforderte Messgenauigkeit) erfüllt.

Der KMS arbeitet dabei nach dem Prinzip eines Biegebalkens. Mithilfe von Dehnungsmessstreifen wird die Stauchung oder Dehnung von Balken gemessen, aus der auf die

verformende Kraft oder das Moment zurückgeschlossen werden kann. Das von Scheinmann et. al. entwickelte Malteserkreuz [1] war ursprünglich für Raumfahrtanwendungen entwickelt worden. Auf dieser Arbeit basierend hat Yuan [2] eine für humanoide Roboter angepasste Geometrie entworfen, die die Anforderungen, die durch die Konstruktion von Sweaty gegeben sind, am besten erfüllt. Mithilfe des Finite-Elemente-Methoden(FEM)-Programms ANSYS wurde die Geometrie so ausgelegt, dass eine maximale Verformung bei genügender Sicherheit gegen Versagen des Bauteils gegeben ist. Die Geometrie wird aus der hoch festen Aluminiumlegierung EN AW 7075 T651 gefertigt, die eine Streckgrenze von 460 MPa bis 470 MPa aufweist.



Abb. 1:
Fertige Konstruktion,
basierend auf dem Malteserkreuz

Um die auftretenden Kräfte und Momente in der Sensorgeometrie zu erfassen, werden je Balken vier Dehnungsmessstreifen angebracht. Der Sensor ist insgesamt mit 16 Dehnungsmessstreifen ausgestattet, die zu acht Halbbrücken verschaltet sind. Somit ist es möglich, die Kräfte und Momente in alle Raumrichtungen zu erfassen.

Die Auswertung der Widerstandsänderung der Dehnungsmessstreifen erfolgt bei dem neuen Sensor nicht über Spannungsänderungen, wie es bei der wheatstonschen Brücke üblich ist, sondern über die Messung von Be- und Entladezeiten von Kondensatoren. Dies ermöglicht es, eine hinreichend kleine Platine zu entwerfen, mit der die Daten der Dehnungsmessstreifen erfasst und über die CAN-Schnittstelle an den Hauptrechner zu weiteren Berechnungen weitergeleitet werden.

Für die Kalibrierung des Sensors wurde ein Testaufbau mit einem Referenzsensor der Firma ATI Industrial Automation entwickelt. Die acht Signale der zu Halbbrücken geschalteten 16 DMS werden über ein Matlab-Programm mit den dazugehörigen Werten des ATI-Sensors verarbeitet, um eine 6 x 8-Kalibrierungsmatrix zu erhalten. Die Kalibrierung erfolgte nach der Kleinsten-Fehlerquadrat-Methode [3], wofür eine Vielzahl an Messungen mit dem Teststand durchgeführt wurden.

Die durch die Kalibrierung erhaltene 6x8-Matrix liefert ausreichend genaue Werte. Durch weitere Kalibrierungen sollen die Fehler auf 1 N bzw. 0,1 Nm weiter verkleinert werden.

Mithilfe der so gewonnenen Daten kann der Gang von Sweaty stabilisiert werden.

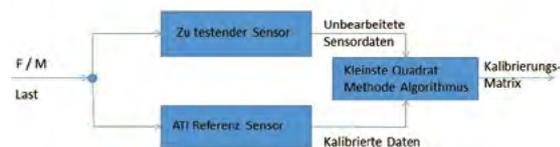


Abb. 2: Arbeitsprinzip des Kalibrierungsaufbaus

Referenzen/References:

- [1] Scheinman, V.D.: "Design of a computer controlled manipulator", Stanford University ,(1969)
- [2] C. Yuan, L.-P. Luo, Q. Yuan, J. Wu, R.-J. Yan, H. Kim, K.-S. Shin and C.-S. Han: " Development and evaluation of a compact 6-axis force/moment sensor with a serial structure for the humanoid robot foot", Measurement, vol. 70, pp. 110 – 122, (2015)
- [3] Braun D., Wörn H.: " Techniques for Robotic Force Sensor Calibration", Computer Science and Information Technologies CSIT'2011, (2011)

AUTOREN



Lucas Schickl B. Eng.
Student M+V
lschick1@stud.hs-offenburg.de.



Yuri D'Antilio M. Sc.
Ingenieur
dantilio.yuri@gmail.com



Prof. Dr.-Ing. Ulrich Hochberg
Mess- und Regelungstechnik,
Fakultät M+V
ulrich.hochberg@hs-offenburg.de

Entwicklung der Kinematik im Knie des humanoiden Roboters Sweaty

André Friedrich B. Eng., Prof. Dr.-Ing. Ulrich Hochberg

Ein menschlicher Muskel ist deutlich leistungsfähiger als derzeit verfügbare elektrische Aktuatoren bei gleichem Bauraum und gleichem Gewicht. Damit der Roboter Sweaty trotzdem das Potenzial für einen menschenähnlichen Gang hat, wurden Motion-Capture-Daten von Menschen analysiert und eine Kinematik entwickelt, die winkelabhängig entweder hohe Drehmomente oder hohe Geschwindigkeiten ermöglicht.

A human muscle is more powerful than available actuators. To overcome the constraints arising from this fact, motion capture data of humans have been analysed with respect to the necessary angles, torque and speed of the joints. There are angle ranges, where high speed is required, and others where high forces are needed, but limited speed is acceptable. Kinematics have been optimized so that the available electrical motors can handle the necessary torque and speed.

Motion-Capture-Daten von Menschen gibt es für verschiedene Bewegungsabläufe, z.B. Gehen, Joggen, Hüpfen etc. Dazu werden Markierungen am menschlichen Körper befestigt und die Menschen bei ihren Bewegungen gefilmt. Eine Tracking-Software berechnet daraus die Position der Markierungen im Raum. Über die relative Position der Markierungen zueinander kann auf die einzelnen Gelenkwinkel geschlossen werden. Für die Entwicklung des Kniegelenks des humanoiden Roboters Sweaty wurden die gewünschten Bewegungsabläufe, die der Roboter bewältigen muss, analysiert und die Gelenkwinkel des jeweiligen Gelenks über der Zeit betrachtet. Dazu wurden die Motion-Capture-Daten des KoroBotProjekts [1] und das Master-Motor-Map-Framework [2] zur Auswertung genutzt. Werden die Gelenkwinkel nach der Zeit differenziert, erhält man außerdem die Winkelgeschwindigkeiten des Gelenks. Aus diesen Daten werden die Anforderungen an das Kniegelenk abgeleitet. Dadurch sind maximale und minimale Winkel bzw. Winkelgeschwindigkeiten bekannt, die für die verschiedenen Bewegungen nötig sind.

Für die Entwicklung des Kniegelenks bedeutet dies konkret, dass eine Bewegungsfreiheit von 0° (durchgestreckt) bis 90° (angewinkelt) gewährleistet sein muss. Die Auswertung der Winkelgeschwindigkeiten des Kniegelenks zeigen, dass die Winkelgeschwindigkeit sich mit zunehmend durchgestrecktem Knie erhöhen (max. $2,74 \text{ rad/s}$) und mit angewinkelt Knie

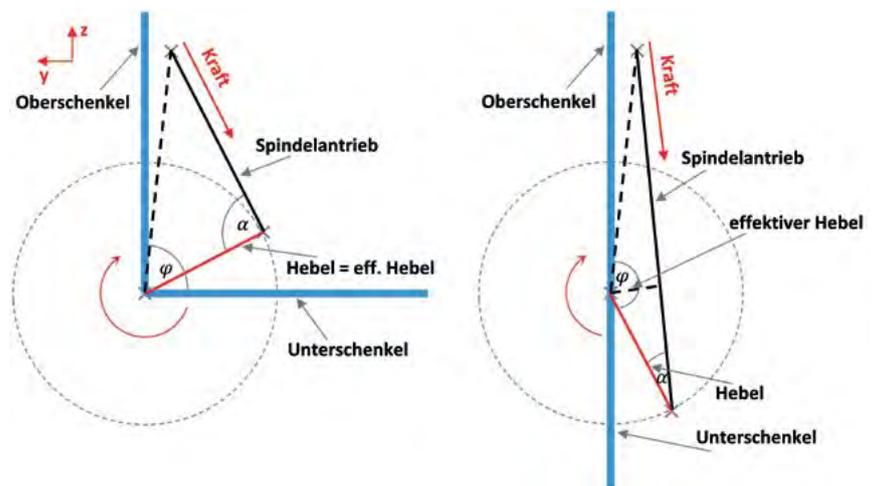


Abb. 1: Kniekinematik, angewinkelt (links), durchgestreckt (rechts)

verringern. Da im Kniegelenk ein maxon motor EC-4pole 22 mit Planetengetriebe (Übersetzungsverhältnis; 3,8/1) und eine Kugelumlaufspindel (Steigung: 2 mm) verwendet werden, muss die lineare Bewegung des Antriebs in eine rotatorische Bewegung umgewandelt werden. Zu diesem Zweck wurde der Verlauf des Drehmoments im Kniegelenk, ermittelt über das Eigengewicht des Roboters im statischen Fall, für verschiedene Positionen einer Kniebeuge berechnet. Gl. 1 beschreibt den Zusammenhang des Drehmoments im Knie M_{Knie} , der Oberschenkel Länge L , der Masse des Roboters m und des Kniewinkels φ

Referenzen/References:
 [1] C. Mandery, O. Terlemez, M. Do, N. Vahrenkamp, T. Asfour: "The KIT whole-body human motion database", International Conference on Advanced Robotics (ICAR), 2015 pp. 329–336
 [2] O. Terlemez, S.Ulbrich, C. Mandery, M. Do, N. Vahrenkamp, T. Asfour: "Master motor map (MMM) - framework and toolkit for capturing, representing, and reproducing human motion on humanoid robots", IEEE/RAS International Conference on Humanoid Robots (Humanoids), 2014, pp. 894–901

$$M_{\text{Knie}} = L \cos\left(\frac{\varphi}{2}\right) m g \quad (1)$$

Der Vergleich des Drehmomentenverlaufs und des Winkelgeschwindigkeitsverlaufs zeigen, dass die Verläufe gegenläufig sind (Abb. 2). Bei durchgestrecktem Knie werden die maximale Winkelgeschwindigkeit und das geringste Drehmoment benötigt und umgekehrt.

Es wurden die ideale Position des Motors und Länge des Hebels ermittelt, bei der in jeder Kniegelenkposition das nötige Drehmoment und die nötige Winkelgeschwindigkeit verfügbar sind. Dabei müssen die Bedingungen (2) und (3) gelten, um stets die geforderte Winkelgeschwindigkeit bzw. das Drehmoment zu gewährleisten:

$$\omega(l_{\text{max}}) \geq \omega_{\text{max}} \text{ und } M(l_{\text{max}}) \geq M_{\text{max}} \quad (2)$$

$$\omega(l_{\text{min}}) \geq \omega_{\text{max}} \text{ und } M(l_{\text{min}}) \geq M_{\text{max}} \quad (3)$$

Hierbei ist ω_{max} die maximale Winkelgeschwindigkeit im Knie, l_{min} bzw. l_{max} die minimale bzw. maximale effektive Hebelarmlänge (Abb. 1) und M_{max} das maximal benötigte Drehmoment im Knie. Als Resultat entstand ein Kniegelenk mit variabler Übersetzung (Abb. 1). Die variable Übersetzung kommt dadurch zustande, dass der effektive Hebelarm zwischen Antrieb und Kniegelenk sich bei durchgestrecktem Knie verkürzt, folglich das Drehmoment abnimmt und die Winkelgeschwindigkeit steigt. Bei angewinkeltem Knie verlängert sich der effektive Hebelarm, folglich steigt das Drehmoment und die Winkelgeschwindigkeit nimmt ab.

Der Motor im Kniegelenk muss drehbar gelagert sein (Abb. 3), um aus der linearen Bewegung der Spindel eine Rotationsbewegung zu erzeugen. Die maximale Kraft des Antriebs von 2470 N kann mit der gewählten Anordnung und Verdunstungskühlung 1,7 s lang erreicht werden. Das variable Übersetzungsverhältnis zwischen Motor und Kniegelenk reicht von 1/42 bis 1/452, je nach Position des Kniegelenks.

Die Positioniergenauigkeit der Spindelmutter beträgt 0,0437 mm. Daraus ergibt sich eine Positioniergenauigkeit des Kniegelenks von 0,072°. Der Spindeltrieb ermöglicht eine Geschwindigkeit von bis zu 0,1 m/s, ausreichend in Verbindung mit der variablen Übersetzung der Kniekinematik für die bei einem menschlichen Gang benötigte Bewegung. Je nach Kniepositionen können so Drehmomente bis zu 60 Nm und Winkelgeschwindigkeiten von bis zu 2,74 rad/s erreicht werden.

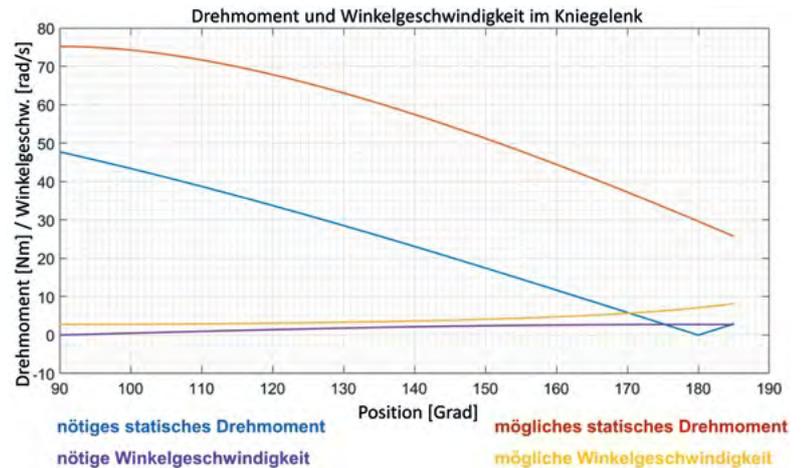


Abb. 2: Vergleich Drehmomentenverlauf und Winkelgeschwindigkeitsverlauf

Abb. 3: Prototyp des Kniegelenks mit offenem Gehäuse



AUTOREN



André Friedrich B. Eng.
Student M+V
afriedri@stud.hs-offenburg.de



Prof. Dr.-Ing. Ulrich Hochberg
Mess- und Regelungstechnik,
Fakultät M+V
ulrich.hochberg@hs-offenburg.de

Selbstlokalisierung des Roboters

Rico Schillings, Prof. Dr. rer. nat. Klaus Dorer, Prof. Dr. rer. nat. Michael Wülker

Um die richtigen Entscheidungen auf dem Spielfeld treffen zu können, muss ein Roboter stets seine aktuelle Position kennen. Bisher wurde diese Position aus der bekannten Anfangsposition ermittelt, die mit der gelaufenen Strecke in Verbindung mit der aktuellen Bewegungsrichtung verrechnet wurde. Die so bestimmte Position wurde allerdings im Lauf eines Spiels zunehmend ungenauer. Das neue Verfahren verwendet jedoch die visuellen Informationen der Kamera, um die Position des Roboters genau zu bestimmen.

One of the challenges for a totally autonomous robot is localization. Typically localization is done using odometry, integrating the speed of the robot from a known starting position. With progressive time the precision of the localization decreases. As no external information should be used, the localization has to be derived from visual information. An algorithm was developed to localize the robot by means of landmarks and integrated data from gyroscopes.

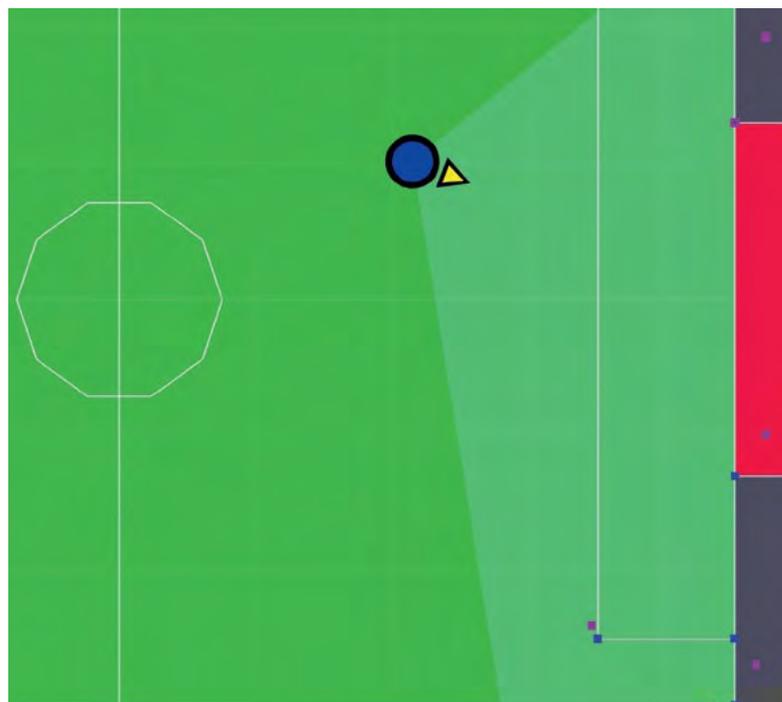
Für die Positionsbestimmung des Roboters werden die visuellen Informationen aus der Kamera verwendet. Diese erkennt bestimmte Landmarken auf dem Spielfeld, wie z.B. Schnittpunkte der Feldlinien oder Torpfosten. Als Ergebnis erhält man sowohl die 2D-Bildkoordinaten als auch den jeweiligen Typ der Landmarke. Abbildung 1 zeigt ein Beispiel für die Ergebnisse der Bildverarbeitung.



Abb. 1:
Erkennung von Landmarken (Torpfosten und Torraum)
auf dem Spielfeld

Die Kamera ist zusätzlich mit einer inertialen Messeinheit ausgestattet, um die globale Rotation der Kamera zu bestimmen. Diese wird benötigt, um die ermittelten 2D-Bildkoordinaten der erkannten Landmarken in globale 3D-Koordinaten zu rotieren [1]. Dadurch erhält man die Distanz zwischen dem Roboter und der gesehenen Landmarke. Anschließend werden in einem Matching-Prozess die gesehenen

mit den tatsächlichen Positionen verglichen, um diese eindeutig zuordnen zu können. Nach erfolgreicher Zuordnung kann nun die Distanz dieser beiden Positionen bestimmt werden.



Die blauen Quadrate in Abbildung 2 sind die tatsächlichen Positionen der Landmarken und die lilanen Quadrate die Position, an der der Roboter sie gesehen hat. Die Distanz zwischen den beiden Punkten ist nun die Bewegungsänderung des Roboters seit dem letzten Zyklus und kann somit auf die bisherige Position addiert werden, um die aktuelle Position zu bestimmen. Bei mehreren erkannten Punkten wird eine Mittelung über sämtliche Distanzen bestimmt.

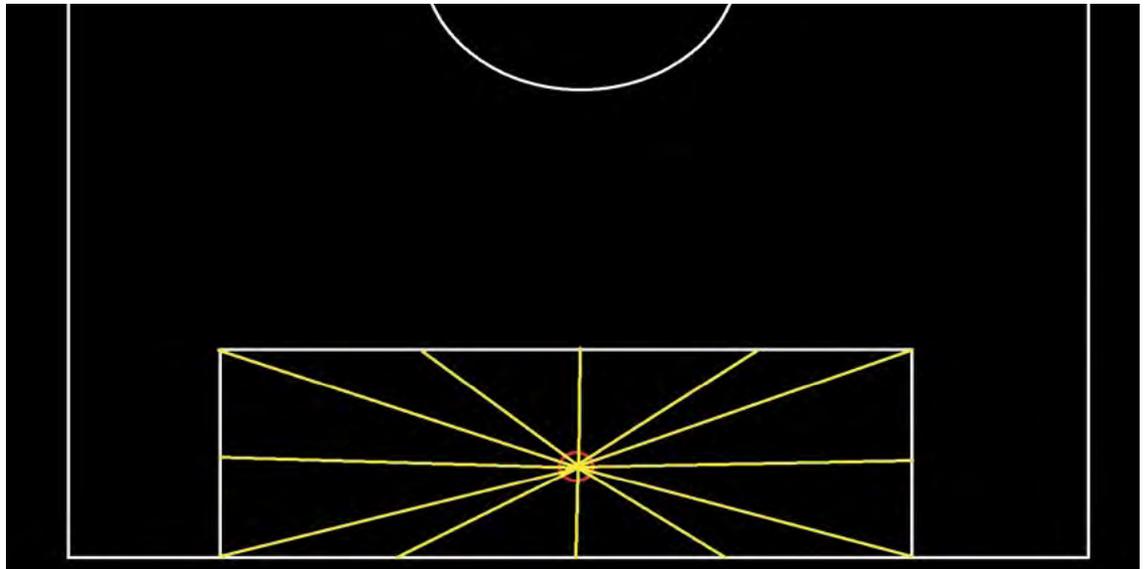
Abb. 2:
Matching-Ergebnis
des Roboters aus den
erkannten Landmarken

Anfänglich bestand das Problem, dass das Gyroskop im Lauf der Zeit anfang zu driften und somit vor allem die Z-Rotation des Roboters nicht mehr mit der tatsächlichen Rotation übereinstimmte. Um dem entgegenzuwirken wurde ein Sonderverfahren eingeführt, das diese Abweichung korrigiert. Hier wird für den Fall, dass der Roboter beide Torpfosten erkennt, eine Linie zwischen den beiden erkannten Positionen des Tors sowie zwischen den tatsächlichen Positionen erzeugt. Der Schnittwinkel zeigt die Abweichung der Z-Rotation. Dieser wird anschließend auf die gemessene Rotation des Gyroskops angewendet und der Lokalisierungszyklus wird mit diesem korrigierten Wert wiederholt. Dadurch werden sowohl die Ergebnisse des Matchings als auch die endgültige Lokalisierung genauer.

Ein ähnliches Verfahren, das ebenfalls auf die Verwendung von visuellen Informationen beruht und im RoboCup eingesetzt wird, misst die Abstände vom Roboter zum ersten weißen Pixel [2]. Dabei wird in Schritten von 1 ° nach einem Pixel der Spielfeldmarkierung gesucht und der Richtungsvektor sowie dessen Länge bestimmt. Das Ergebnis ist in Abb. 3 gezeigt.

Anschließend werden diese Ergebnisse mit einem gespeicherten Spielfeldmodell verglichen, um die Position auf dem Feld zu bestimmen, wo die erkannten Pixel mit dem Modell übereinstimmen. Um die Drehung des Roboters bei der Übereinstimmung zu berücksichtigen, liefert ein Gyroskop die Rotationsdaten des Roboters.

Abb. 3:
Lokalisierung durch
Pattern-Matching,
Vergleich zu [2]



Referenzen/References:

- [1] Rico Schillings: "Lokalisierung eines humanoiden Roboters anhand visueller Informationen", Offenburg, 03.04.2017
- [2] Shu-Yin Chiang, Xingzhi Guo and Hsien-Wen Hu (2014): Real Time Self-Localization of Omni-Vision Robot by pattern Match System, Taiwan

AUTOREN



Rico Schillings
Student E+I
rschilli@stud.hs-offenburg.de



Prof. Dr. rer. nat. Klaus Dorer
Leiter Labor Autonome Systeme
Fakultät E+I
klaus.dorer@hs-offenburg.de



Prof. Dr. rer. nat. Michael Wülker
Mechatronik und Robotik
Fakultät M+V
wuelker@hs-offenburg.de

Entwicklung eines Gesichts für den humanoiden Roboter Sweaty

Timo Stampa, Christop Späth B. Eng., Prof. Dipl.-Des. Sabine Hirtes

Ursprünglich sollte Sweaty einen rein funktionalen Kopf bekommen – eine Halterung für Kameras, Beschleunigungs- und Drehwinkelsensoren, Mikrofone und Lautsprecher, und zwar möglichst stabil und leicht. Insbesondere im asiatischen Raum ist die Akzeptanz einer humanoiden Maschine größer, wenn sie ein menschenähnliches Gesicht hat. Nach ersten Versuchen wurde aufbauend auf Kenntnissen der Attraktivitätsforschung ein Gesicht entwickelt und gefertigt, das über das rein Funktionale hinaus Sweatys Äußeres sympathisch machen soll. Im Ergebnis ist ein Gesicht entstanden, das gegenüber der ursprünglich vorgesehenen Halterung stabiler, leichter und ästhetischer ist.

Sweaty's head was planned to be a simple carrier of cameras, accelerators, gyroscopes, microphones and a loud-speaker. However the acceptance of a humanoid robot is sometimes greater if it has a likable, friendly face. The challenge was to develop such a face, light in weight, and not looking angry or aggressive in any way. Different CAD-tools had to be combined to be able to print such a face.

Unser Gesicht ist ein Stück unserer Identität und Spiegel der Persönlichkeit. Wir stellen damit täglich tausende Emotionen dar. In unserem Alltag sind wir alle perfekt darauf trainiert, Gesichter zu lesen. Deshalb erkennen wir sofort, wenn ein Gesicht gefälscht oder unsympathisch ist. Es ist seit Jahren eine Herausforderung, ansprechende Gesichter für Roboter zu entwerfen, sowohl im Film als auch in der Robotik. Sweaty, der Roboter der Hochschule Offenburg, hatte bisher nur eine technische Vorrichtung für die Halterung der Kameras (Abb.1). Das wirkt bisher wenig sympathisch und ansprechend.



Abb. 1:
Ursprüngliches Design

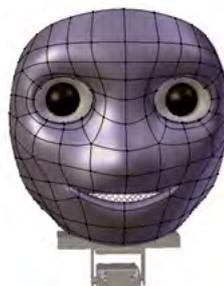


Abb. 2:
Blender 3D-Modell



Abb. 3:
Sweaty mit gedrucktem Kopf

Seit einigen Jahren wird es einfacher, Design und Technik zu kombinieren. Im Studiengang „Medien und Informationswesen“ an der Hochschule Offenburg werden Tools für 3D-Animationen und visuelle Filmeffekte verwendet. Diese Tools können inzwischen viel mehr, als nur rein fiktive Anwendungsgebiete abdecken. Mit der Open-Source-Software „Blender“ lässt sich ein 3D-Objekt intuitiv gestalten. Zudem können die Daten mit Programmen weiterverarbeitet werden, wie sie zum Beispiel im Maschinenbau verwendet werden. Aufbau und Handhabung dieser zwei Programmtypen sind grundverschieden: Während das eine für Design und Gestaltung verwendet wird, bei dem genaue Maße und Passungen nicht gefordert sind, zielt das andere darauf ab, pass- und funktionsgenau fertigungsgerechte Konstruktionselemente zu entwickeln und zu kombinieren.

Das Gesicht von Sweaty muss später im Gegensatz zu Gesichtern von Computer-Charakteren in Kombination mit Teilen eines echten Roboters funktionieren. Das Gewicht muss minimiert werden und das Sichtfeld der Kameras darf nicht eingeschränkt werden. Die Schnittstellen zur Elektronik im Kopf, insbesondere dem „Gleichgewichtsorgan“, der IMU (Inertial Measurement Unit), müssen passgenau geplant und gefertigt werden.

Dazu wurde das Model über das dxf-Austauschformat als Gitternetz zur Software Creo exportiert und dort weiter bearbeitet. Final werden die Daten in Cura für den 3D-Druck aufbereitet und gedruckt.

Referenzen/References:
 [1]: https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/81olikRJuML_SL1500_.jpg (09.05.17)
 [2]: http://freeforumsigs.com/ffs_gallery/albums/batch/zz-movie%20renders/movie%20other/9465_render_Render_robot_by_devilmackrey.png (09.05.17)
 [3]: Seyama, J. u. Nagayama, R. S.: The Uncanny Valley. Effect of Realism on the Impression of Artificial Human Faces. Presence: Teleoperators and Virtual Environments 16 (2007) 4, S.337–351
 [4] Glocker, M. L., Langleben, D. D., Ruparel, K., Loughhead, J. W., Gur, R. C. u. Sachser, N.: Baby Schema in Infant Faces Induces Cuteness Perception and Motivation for Caretaking in Adults. Ethology : formerly Zeitschrift für Tierpsychologie 115 (2009) 3, S.257–263



Abb. 4: Iron Man



Abb. 5: Sonny, iRobot

Wenn man an Roboter denkt, hat man oft die Bilder aus Filmen im Kopf (vgl. Abb. 4 und Abb. 5). Sich komplett davon zu lösen, ist nicht möglich, denn der Mensch hat schon eine gewisse Vorstellung und Assoziationen zu Gesichtern von Robotern. Die Design-Entwicklung des Gesichts von Sweaty kann am ehesten vom Iron-Man-Stil zu Sonny aus iRobot beschrieben werden. Viele Roboter in Filmen haben einen stark militärisch geprägten Hintergrund und sind sehr kantig.



Abb 6: Erste 3D-Entwürfe

Sweaty sollte eher ein liebevolles und sympathisches Gesicht bekommen, damit er nicht bedrohlich wirkt. Es sollte allerdings auch nicht zu realistisch werden, denn der Mensch fühlt sich bei zu menschenähnlichen Gesichtern unwohl. Dieses Phänomen tritt sowohl in der Robotik als auch in der 3D-Animation auf und wird als Uncanny Valley [3] bezeichnet. Daher wurde entschieden, die Form eines menschlichen Kindes bzw. Babys als Ausgangsform zu nehmen und dieses zu abstrahieren.

Das neue Gesicht hat kaum Kanten und besteht ausschließlich aus schönen Rundungen (Abb. 7). Die Proportionen sind so verteilt, dass die Augen größer sind als sonst. Damit wird das sogenannte Kindchenschema intensiver und der Charakter wird als süß und unschuldig empfunden [4]. Die Form des Gesichts ist eher schlicht. Um das Ganze aufzuwerten und Sweaty einen individuellen Charakter zu geben, wurde das Logo als Leuchtelement auf der Stirn eingebaut. Dieses kann mit verschiedenen Farben unterschiedliche Emotionszustände anzeigen,

beispielsweise rot oder grün, was tendenziell als wütend oder zufrieden empfunden wird. Ebenso werden die Kameraränder mit unterschiedlichen Farben aufgehellt, schon eine geringe Farbänderung lässt das Gesicht lebendig erscheinen.

Abb. 7:
Endgültiges Design



Das Gesicht wurde mit dem 3D-Drucker Ultimaker 3 der Hochschule Offenburg gedruckt. Als Grundmaterial wurde PLA (Polylactic Acid) verwendet, die notwendigen Stützstrukturen wurden aus einem wasserlöslichen Polyvinylalkohol gedruckt.

Das neue Gesicht von Sweaty ist stabiler und leichter als die ursprünglich vorgesehene Halterung für Kameras, Sensoren und Lautsprecher. Darüber hinaus wirkt es auf viele Personen attraktiver als ein rechtwinkliges Gestell. Als Nächstes soll untersucht werden, ob das Gesicht auch zur intuitiven Übermittlung von Informationen durch unterschiedlich farbige Beleuchtung des integrierten Logos oder der Kameraränder dienen kann.

AUTOREN



Timo Stampa
Student M+I
tstamp@stud.hs-offenburg.de



Christoph Späth B. Eng.
christophspaeth@web.de



Prof. Dipl.-Des. Sabine Hirtes
Professur für Computeranimation
und Vfx
Fakultät M+I
sabine.hirtes@hs-offenburg.de

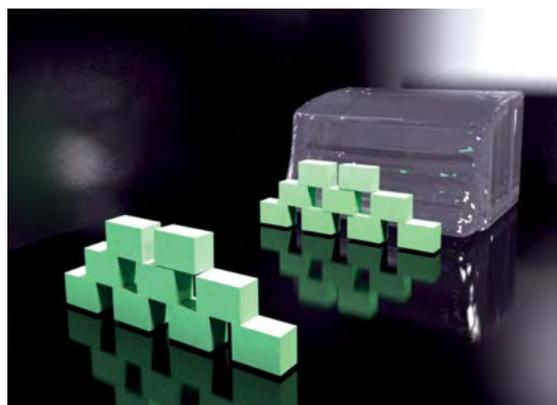
Astrophysik & Maschinenelemente?

Anwendung der SPH Methode für die numerische Strömungssimulation in Maschinenelementen

Prof. Dr.-Ing. Jörg Ettrich, Fritz Kornmeier MSc, Prof. Dr.-Ing. Christian Wetzel

Neben den klassischen Methoden der numerischen Strömungssimulation (CFD) existieren eine Reihe weiterer Verfahren für die Lösung der hydrodynamischen Grundgleichungen. Die sogenannte smoothed particle hydrodynamics (SPH)-Methode ist eine gitterfreie Lagrange'sche Partikelmethode, die bereits in den 1970er-Jahren für die Simulation astrophysikalischer hydrodynamischer Phänomene eingeführt wurde [1]. Sie ist nach Definition massenerhaltend, macht eine detailgetreue Simulation auch komplexer strömungsmechanischer Phänomene und multiphysikalischer Effekte möglich und erlaubt auf einfache Weise die Betrachtung freier Grenzflächen. In dieser Arbeit wurde der Einsatz einer SPH-Methode für technisch relevante Fragestellungen bei Strömungsvorgängen in Maschinenelementen untersucht. Abschließend wurde exemplarisch die Strömung im Radialspalt eines Gleitlagers simuliert.

Besides the classical methods of computational fluid dynamics there are various other methods for the solutions of the basic underlying hydrodynamical equations. Here, the so called smoothed particle hydrodynamic (SPH) method is a mesh-free lagrangian particle method, which originates back to research and simulations of astrophysical phenomena in the 1970's [1]. The method is intrinsically mass conserving, allows the detailed treatment of complex fluids and multiphysical effects, as well as the simulation of free boundary problems. This present work evaluated a SPH-method for its application for technically relevant problems within machine-elements. Finally, as an example, the flow in the radial gap of a plain bearing was simulated.



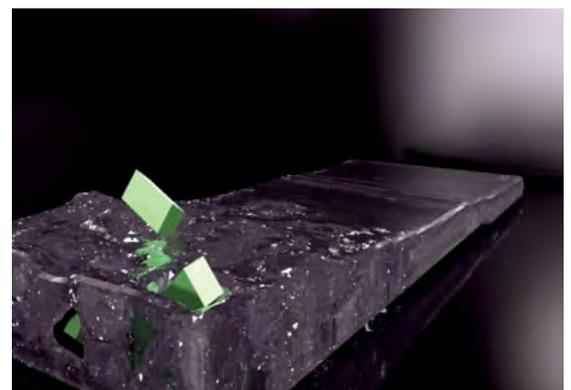
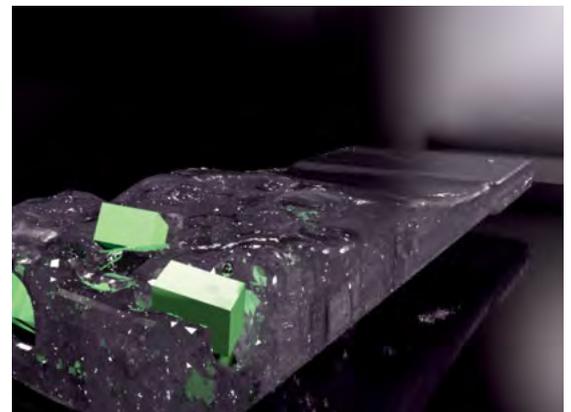
Smoothed Particle Hydrodynamics

Es gibt unterschiedliche numerische Lösungsverfahren, um die eine Strömung beschreibenden, hydrodynamischen Gleichungen näherungsweise zu lösen. Für den überwiegenden Teil der technischen Anwendungen kommen heute Lösungsverfahren auf Basis der kontinuumsmechanischen Erhaltungsgleichungen – der Navier-Stokes-Gleichungen – zum Einsatz. Daneben existieren eine Reihe weiterer Methoden, wie z.B. die Spektralverfahren oder Partikelmethode. Obgleich alle diese Verfahren letztlich eine Lösungsmöglichkeit für die hydrodynamischen Grundgleichungen bieten, entstammen sie unterschiedlichen Anwendungsbereichen, und ein jedes bringt seine eigenen charakteristischen Vor- und Nachteile mit sich.

Abb. 1:
Beispiel der Simulationmöglichkeiten mithilfe einer SPH-Methode: Simulation der Fluid-Struktur-Interaktion (FSI) einer freien Flüssigkeitsoberfläche mit festen Objekten (Dambruch-Simulation) [Bild 1-6]

Die SPH-Methode entstammt ursprünglich dem Anwendungsbereich der theoretischen Astrophysik, um hier das Zusammenspiel vieler kosmischer Systeme zu modellieren, die sich mithilfe der hydrodynamischen Gesetzmäßigkeiten beschreiben lassen. Bei diesem zu der Klasse der Partikelmethode gehörenden Verfahren wird sowohl das Fluid als auch seine Umgebung in Form von einzelnen Teilchen – den Partikeln – modelliert, die untereinander in Wechselwirkung stehen. Es eignet sich vor allem für Problemstellungen mit großer Verformung beziehungsweise hoher Energiezufuhr (z. B. Explosionen), für Probleme, bei denen herkömmliche gitterbasierte Verfahren hinsichtlich der Modellbildung an Grenzen stoßen, sowie für Strömungsprozesse mit freien Oberflächen oder die Modellierung der Wechselwirkung mit starren Körpern (Rigid Body Motion). Nachteilig hingegen ist die problematische Fehlerabschätzung des Verfahrens und die Tatsache, dass bis heute keine gültigen Konvergenztheorien existieren. Anders als die Mehrzahl der herkömmlichen CFD-Verfahren ist die SPH-Methode eine sog. Lagrange'sche Methode, d. h., zum einen wird für ein solches Verfahren kein Rechengitter benötigt, und zum anderen wird die Kontinuitätsgleichung automatisch erfüllt. Die Wechselwirkung der Teilchen untereinander wird in einem bestimmten Einflussbereich durch eine sogenannte smoothing function (Glättungsfunktion, Kern) bestimmt, dessen unterschiedliche Formulierungen den unterschiedlichen Diskretisierungsschemata der Differenzenverfahren einer Gittermethode entsprechen.

Aus mathematischer Sicht wird bei der SPH-Methode ein System zeitabhängiger partieller Differentialgleichungen in ein System gewöhnlicher zeitabhängiger Differentialgleichungen überführt, das sodann mit bewährten Zeitintegrationsverfahren gelöst werden kann. Dabei wird in einem ersten Schritt durch die Faltung der Feldgrößen mit einer Kernfunktion (Glättungsfunktion) zunächst eine räumliche Mittelung durchgeführt, deren Ergebnis in einem zweiten Schritt durch eine Summenapproximation diskretisiert wird. Während die Dichte unmittelbar aus der Verteilung der Teilchen bestimmt werden kann und der Druck aus einer Zustandsgleichung, gewinnt man die Teilchengeschwindigkeiten aus der Zeitintegration der Ergebnisse der diskreten Bewegungsgleichungen. Für einen detaillierteren Einblick in die Herleitung und Formulierung der SPH-Methode sei an dieser Stelle auf die grundlegenden Arbeiten [1, 3, 4, 7] sowie die Übersichtsartikel [2, 5, 6] verwiesen.



Maschinenbauliche Anwendung

Gleitlager als Grund- und Pleuellager sind in modernen Verbrennungsmotoren hoch ausgelastete Maschinenelemente, die aufgrund ihrer hohen Tragfähigkeit, der sehr guten Dämpfungswirkung und ihrer langen Lebensdauer bevorzugt eingesetzt werden. Hierzu werden die Gleitlager über aufwendige, aber in ihrer Vorhersagekraft beschränkte Berechnungsverfahren ausgelegt und müssen jeweils über umfangreiche Messprogramme wegen ihrer Zuverlässigkeit abgesichert werden. Trotz dieser aufwendigen Auslegung treten in der Praxis unerwünschte und momentan noch rechentechnisch schwer erfassbare Phänomene auf, die zu einem vorzeitigen Versagen der Gleitlager führen können. Typischerweise muss hier das Phänomen der echten Kavitation und die einhergehende Zerstörung der Bauteiloberflächen genannt werden. Die rechnerische Vorhersage der Kavitation in hoch instationären Gleitlagern ist auch heutzutage mit den Standardverfahren (z. B. Navier-Stokes Gleichungen) aufgrund der extrem unterschiedlichen Abmessungsverhältnissen (Schmier-spalthöhe zu Schmier-spaltumfang im Bereich 0,0005) und der sich instationär taumelnden Welle (bewegte Randbedingungen) nur ungenau und mit höchsten Schwierigkeiten möglich. Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens sollen nun die Vorteile der neuen Berechnungsverfahren bei der Lösung dieser Maschinenprobleme getestet und ausgenutzt werden. Besonders die SPH-Methode ist hervorragend für bewegte Randbedingungen und aufgrund ihrer Formulierung auch sehr gut zur Beschreibung freier Grenzflächen geeignet.

Verwendete Open-Source-Verfahren

Aufgrund der vergleichsweise einfachen Implementierung eines SPH-Codes gibt es zahlreiche Open-Source Codes, die sich durch ihren spezifischen Anwendungszweck, ihre Implementierung sowie den verfügbaren Schnittstellen unterscheiden. Für o. g. Problemstellung wurden im Rahmen dieser Arbeit die beiden Open-Source Verfahren DualSPHysics und PySPH näher getestet und untersucht.

SPHysics ist ein schwach kompressibles Verfahren (weak compressible), das auf den Formulierungen von [Monaghan (1992)] basiert. Entwickelt wurde dieser Code in einem Gemeinschaftsprojekt der Johns Hopkins University (U. S. A.), der University of Vigo (Spanien), der University of Manchester (U.K.) und der University of Rome La Sapienza (Italien).

Der hauptsächliche Anwendungszweck des Codes ist die Simulation von Strömungen mit freier Oberfläche, wie z. B. Wellen oder Dammbruch-Szenarien. Im Lauf der Zeit sind aus diesem Code mehrere Versionen hervorgegangen. Die aktuellste und leistungsstärkste Version des Codes nennt sich DualSPHysics.

Ein weiterer Open-Source-SPH-Code ist der vom Department of Aerospace Engineering des IIT Bombay entwickelte PySPH. Das Verfahren wurde als Bibliothek für die Skriptsprache Python implementiert und verwendet; OpenMP, MPI und Zoltan zur Parallelisierung. Im Gegensatz zu DualSPHysics unterstützt PySPH unterschiedliche Diskretisierungsschemata.

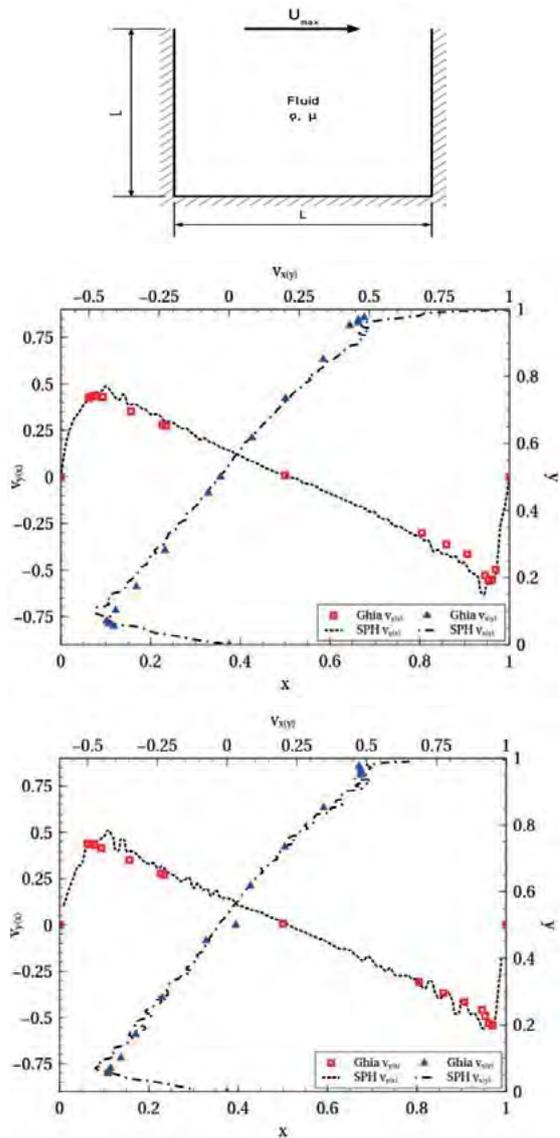


Abb. 2: Beispielhafte Ergebnisse der Validierungsrechnungen für die sog. lid-driven-cavity (oben) für unterschiedliche Reynoldszahlen, $Re=5000$ (mitte) und $Re=10000$ (unten)

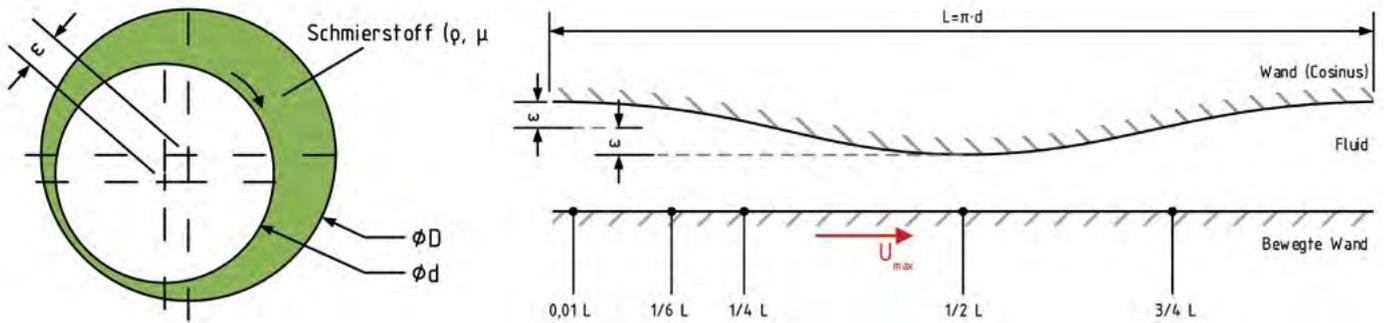


Abb. 3: Geometrie des Ringspalts am Gleitlager (links), Modellierung der Gleitlagerströmung als abgewinkelte Spaltströmung (rechts)

Validierung

Im Hinblick auf die vorwiegend schergetriebene Strömung in einem Gleitlager bietet sich die Validierung an einem bekannten und gut dokumentierten ebenfalls schergetriebenen Testfall, der sog. lid-driven-cavity an. Für die schergetriebene Nischenströmung wurden die Arbeiten von Ghia und Erturk [8,9] als Vergleich herangezogen. Die Ergebnisse zeigen für Reynoldszahlen im Bereich von 100 bis 10'000 ausgezeichnete Übereinstimmungen mit den Vergleichswerten. Beispielhaft sind die Ergebnisse für die Reynoldszahlen 5'000 und 10'000 in Abbildungen 2 dargestellt. Ein Vergleich mit Werten aus [8, 9] bestätigt, dass die in PySPH implementierte transport velocity formulation (TVF) [6] sich besonders für die Simulation von schergetriebenen Strömungen eignet, weshalb dieses Verfahren für die spätere Simulation der Gleitlagerströmung favorisiert wurde.

Weiterhin wurden unterschiedliche Testfälle mit beiden Verfahren durchgespielt, die die Stärken der Methode gerade für komplexe Simulationen mit bewegten Rändern, Interaktionen mit Festkörpern und für Strömungen mit freien Oberflächen deutlich machen (vgl. Abbildungen 1).

Fallstudie Gleitlager

Neben der umfassenden Auseinandersetzung mit der Theorie der SPH-Methoden [1-9] und den genannten Validierungsrechnungen wurde als Fallstudie die Strömung in einem hydrodynamischen Gleitlagerspalt modelliert und mit Ergebnissen der kommerziellen CFD-Software ANSYS (vgl. <http://www.ansys.com/>) verglichen.

Aufgrund des geringen Spaltmaßes und der dadurch erforderlichen hohen Partikelanzahl wurde die Nachrechnung eines hydrodynamischen Gleitlagerspalts anhand eines auf

Basis der Ähnlichkeitstheorie skalierten Modells durchgeführt. Dabei wurde der Gleitlagerspalt sowohl in Form eines abgewinkelten Spalts sowie als Ringspalt untersucht. Für die numerischen Größen Partikelabstand, Partikelgröße, Glättungsradius und Partikelschallgeschwindigkeit wurden Parameterstudien durchgeführt, um die optimalen Einstellungen zu ermitteln.

Ein Vergleich mit Ergebnissen des kommerziellen Navier-Stokes Löser ANSYS® zeigt, dass die Wahl des Partikelabstands und der Partikelgröße einen wesentlichen Einfluss auf die Qualität der Ergebnisse hat. Bei zu großem Partikelabstand kommt es z. B. zu Abweichungen des Geschwindigkeitsprofils im wandnahen Bereich sowie zu einer deutlichen Verschiebung des Druckniveaus.

Insgesamt zeigt sich eine gute Vergleichbarkeit der mit dem SPH-Modell erzielten Ergebnisse mit denen aus dem kommerziellen Strömungslöser ANSYS. Beispielhafte Ergebnisse der Simulationen zeigen die Abbildungen 4 und 5.

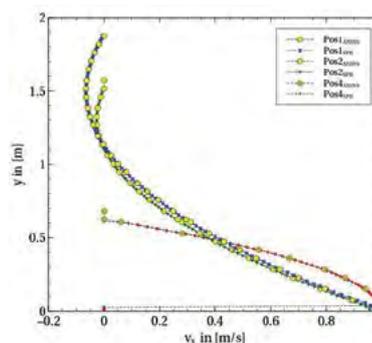


Abb. 4: Vergleich der Geschwindigkeitsprofile der Simulationen mit ANSYS® und der SPH-Methode an unterschiedlichen Positionen entlang des abgewinkelten Gleitlagerspaltes

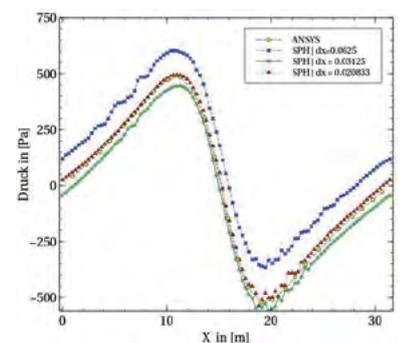


Abb. 5: Vergleich des Druckverlaufs entlang des Ringspaltes (SPH-Modell) mit Druckverlauf entlang des abgewinkelten Kanals (ANSYS® und SPH-Modell)

Zusammenfassung und Ausblick

Die Ergebnisse sowohl der Validierung als auch der Fallstudie Gleitlager zeigen deutlich, dass die SPH-Methode mit geeigneten numerischen Schemata und korrekten Einstellungen in der Lage ist, qualitativ und auch quantitativ ausgezeichnete Simulationsergebnisse zu erzielen.

Die untersuchten Testfälle zeigen jedoch auch, dass die SPH-Methode zwar in der Lage ist, die Physik einer schergetriebenen Strömung korrekt darzustellen, jedoch ist sie hinsichtlich Modellierung und Rechenaufwand im Vergleich zu den klassischen netzbasierenden CFD-Verfahren kaum im Vorteil. Einer Netzgenerierung auf der einen Seite steht die Modellierung von Partikeln auf der anderen Seite gegenüber. Aufgrund der grundsätzlich transienten Formulierung der SPH-Methode liegt in jedem Fall die zeitliche Entwicklung der Lösung – und damit des Strömungsvorgangs – ausgehend vom Ausgangszustand bis zum Endzustand vor, wobei die Simulationsdauer und der Speicherplatzbedarf entsprechend steigen. Für rein stationäre Fragestellungen bedeutet diese Vorgehensweise hingegen einen nicht unerheblichen Mehraufwand. Demnach scheint die SPH-Methode für die Lösung stationärer Einphasenströmungen ohne freie Oberfläche den konventionellen gitterbasierten FVM-Verfahren der Kontinuumsmechanik in den Punkten Genauigkeit und Rechenzeit zunächst unterlegen.

Wenngleich das SPH-Verfahren im vorliegenden Anwendungsfall seine Stärke nicht voll ausspielen konnte, ist es eine vielversprechende Ergänzung zu den herkömmlichen gitterbasierenden CFD-Verfahren. Die Stärken des SPH-Verfahren liegen eindeutig in der Modellierung komplexer Strömungsvorgänge, z. B. Mehrphasenströmungen, Modellierung mitbewegter Objekte, Modellierung freier Oberflächen, transienter Vorgänge und verspricht so ein großes Potenzial für die Anwendungen komplexer Fragestellungen im Maschinenbau. Nach dieser ersten Berührung mit der SPH-Methode aus dem für den Maschinenbau gänzlich artfremden Anwendungsbereich der Astrophysik wird unser Fokus für kommende Anwendungen darauf liegen, die Möglichkeiten und Stärken der Methode noch deutlicher zu fordern und auszuschöpfen.

Referenzen/References:

- [1] R. A. Gingold und J. J. Monaghan, „Smoothed particle hydrodynamics: theory and application to non-spherical stars“, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Bd. 181, Nr. 3, S. 375–389, Dez. 1977
- [2] M. B. Liu und G. R. Liu, „Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH): an Overview and Recent Developments“, *Archives of Computational Methods in Engineering*, Bd. 17, Nr. 1, S. 25–76, März 2010
- [3] J. J. Monaghan, „Simulating Free Surface Flows with SPH“, *Journal of Computational Physics*, Bd. 110, Nr. 2, S. 399–406, Feb. 1994
- [4] J. J. Monaghan, „Smoothed particle hydrodynamics“, *Reports on Progress in Physics*, Bd. 68, Nr. 8, S. 1703–1759, Aug. 2005
- [5] J. J. Monaghan, „Smoothed Particle Hydrodynamics and Its Diverse Applications“, *Annual Review of Fluid Mechanics*, Bd. 44, Nr. 1, S. 323–346, Jan. 2012
- [6] J. J. Monaghan, „Smoothed particle hydrodynamics“, *Annual review of astronomy and astrophysics*, Bd. 30, Nr. 1, S. 543–574, 1992.
- [7] J. J. Monaghan, „An introduction to SPH“, *Computer physics communications*, Bd. 48, Nr. 1, S. 89–96, 1988
- [8] Erturk, E., „Nature of Driven Cavity Flow at High-Re and Benchmark Solutions on Fine Grid Mesh“, Submitted to *Int. J. Numer. Methods Fluids*, 2004
- [9] Ghia U., Ghia K. N., und Shin C. T., „High-Re solutions for incompressible flow using the Navier-Stokes equations and a multigrid method, *Journal of Computational Physics*, 48(3), 387–411, 1982

AUTOREN



Prof. Dr.-Ing. Jörg Ettrich
Thermodynamik, Strömungslehre,
numerische Strömungsmechanik,
Maschinenlabor
joerg.ettrich@hs-offenburg.de



Fritz Kornmeier
Absolvent des Studiengang MME
Wintersemester 2016/17



Prof. Dr.-Ing. Christian Wetzel
Konstruktionslehre, CAD/CAE,
Technische Mechanik und
Technische Akustik
christian.wetzel@hs-offenburg.de



Automotive Testing Equipment
Sensorik für Baumaschinen & Tunnelling
Neigungs-, Kreisel-, Laser-Messtechnik
Industrielle Bildverarbeitung

Studenten sind herzlich willkommen

GeneSys Elektronik GmbH | In der Spöck 10
 77656 Offenburg | T 0781 969279-0
 mail@genesys-offenburg.de | www.genesys-offenburg.de



Wir helfen verkaufen.

www.sellwerk.de

Eine Marke Ihres



KUNSTSTOFFWERK LAHR

member of **BERNAUER GROUP**

KWL – Ihr kompetenter Partner für flexible Kunststoffverpackungen.



Kunststoffwerk Lahr GmbH · Tullastr. 5 · 77933 Lahr · www.kunststoffwerk-lahr.de
 Telefon +49 7821 9475 - 0 · Fax +49 7821 9475 - 50 · E-Mail info@tp-kwl.com



Neubau / Umbau /
 Modernisierung

- schlüsselfertig
- zuverlässig und preisgünstig

Bau-Cooperation
 Beraten und Bauen GmbH
 Badstraße 24a, 77652 Offenburg
 (Im STZ bei der Hochschule)
 Telefon 0781 / 91 91 860
 Telefax 0781 / 91 91 870
www.bau-cooperation.com

www.bau-cooperation.com
 Gewerbe und Industriebau
 Wir schaffen
 für Innovationen.



Wir machen Ihnen Platz.



ZEITERSPARNIS
70%
... UND MEHR!

DAS ORIGINAL
iMachining - exklusiv nur bei SolidCAM



SolidCAM
The Leaders in Integrated CAM

Die Revolution in
der CNC-Fertigung



**DREHEN &
DREHFRÄSEN**



Mit nahtloser Integration in
SOLIDWORKS und Autodesk Inventor

SolidCAM GmbH | Gewerbepark H.A.U. 36 | D-78713 Schramberg | Fon +49 7422 2494-0 | info@solidcam.de

www.solidcam.de

Erfolgreiche Unternehmen, beste Arbeitsbedingungen, hohe Lebensqualität – all das bietet die Region Nordschwarzwald.

Damit Sie bald Ihren Traumjob hier finden:

JOBPORTAL
www.jobs-im-nordschwarzwald.de

**Wirtschaftsförderung Zukunftsregion
Nordschwarzwald GmbH**

Westliche Karl-Friedrich-Straße 29 – 31
75172 Pforzheim

Tel. +49 7231 15 43 69-0
info@nordschwarzwald.de



REGION NORDSCHWARZWALD



Clever zum Erfolg
Leben und Arbeiten
im Nordschwarzwald

Solution
Partner

SIEMENS

PLM



**Gestalten Sie mit uns die
Technologie von morgen!**

Ob als Student oder Absolvent - hier warten spannende Aufgaben auf Sie!

- Praktika
- Abschlussarbeiten
- Werkstudententätigkeiten
- Jobs für Berufseinsteiger

www.bct-technology.com

MEDIEN UND INFORMATIONSWESSEN

Interdisziplinarität und inhaltliche Vielfalt sind die prägenden Elemente in Lehre und Forschung der Fakultät Medien und Informationswesen. Die gemeinsame Klammer über alle Arbeitsgebiete kann mit dem Begriff Medien beschrieben werden – Medien aller Art werden konzipiert, produziert, implementiert oder analysiert.

Der Forschungsschwerpunkt mit den meisten Drittmitteln war auch im Jahr 2016 wiederum die IT-Sicherheit. So laufen weiterhin zwei Projekte im Umfeld der Cloud Security, und ein drittes, in dem ein Curriculum für ein Online-Studium IT-Security entwickelt wird.

Neben dem omnipräsenten Lehren und Lernen sind User Interfaces bzw. die User Experience typische Forschungsthemen der Fakultät, die aufgrund ihrer Interdisziplinarität von vielen Kolleginnen und Kollegen aus unterschiedlichen Blickwinkeln bearbeitet werden. In diesem Umfeld startete 2016 mit KoBeLu (Kontextbewusste LernUmgebung für die Aus- und Weiterbildung) ein neues Drittmittelprojekt mit

vielen Partnern, das die Entwicklung einer praxisorientierten und kostengünstigen Lern- und Anleitungsumgebung zum Gegenstand hat, in der individuell angepasste Informationen, z. B. zu Elektronikbauteilen, sobald man sie berührt, direkt in den Arbeitsbereich projiziert werden.

Mediales Gestalten und die Präsentation der Ergebnisse für die Öffentlichkeit rückt immer mehr in den Fokus. So zogen die Shorts, das etablierte Kurzspielfilmfestival der Fakultät, als trinationales Event über vier Tage hinweg ein großes Publikum in ihren Bann. In Freiburg-Merzhausen fand im Dezember eine viel beachtete Finissage statt, in der neben einigen Kurzfilmen der Fakultät eine Performance aufgeführt wurde, die Klang, Bewegung und digitalen Medien zu einem künstlerischen Experimentalsystem verschmelzen ließ.

Auszüge der Forschungsarbeiten in M+I – ohne Anspruch auf Vollständigkeit – werden in den folgenden Beiträgen vorgestellt.

Dekan Prof. Dr. rer. pol. Volker Sängler



SoundScape, AudioKomposition, RadioKunst und KlangFilm

Prof. Dr. Hans- Ulrich Werner

Dieser Entwurf zum künstlerischen Forschen betont die akustischen Dimensionen im Kontext und auch als Werkzeug angewandter und anwendbarer Medienwissenschaft in der Hochschule Offenburg. Dies ist inspiriert von der kanadischen A/R/Tography, die mit ihrer triadischen Arbeitsweise in der Universität von British Columbia praktiziert wird. Artist, Research und Teaching, auch Transmission von Wissen, ist dort differenziert verbunden. In dieser aktuellen Version und Variation wird das Konzept erweitert um den Dialog mit dem renommierten World Soundscape Project an der benachbarten Simon-Fraser-Universität, schon früh entwickelt von Kanadas berühmtestem Komponisten R Murray Schafer.

This concept emphasizes acoustic forms of artistic research with with elements of applied and applicable media sciences at University Offenburg. Design on basis of a multitude of sound concepts will touch and influence other perspectives and media constellation. We focus on three steps of a future A/R/Tophony, as Sound Creation, Research and Transmission. This triadic pattern derives from the Canadian approach of A/R/Tography, bringing art making, reflection and teaching together. The concept derves from the University of British Columbia in Vancouver, UBC, combined with Soundscape Studies and Sound Art from Simon Fraser University, as well in Vancouver and known for a long tradition of acoustic communication.

Forschung auf dem Campus

DO 17.11.2016
17:30 h | E 411

Prof. Götz Gruner, Prof. Dipl.-Ing. Daniel Fetzner,
Prof. Dipl.-Designerin Sabine Hirtes und Prof. Dr. phil. Hans-Ulrich Werner

Künstlerische Forschung an der Fakultät M-I

Intermedialer Film / 360°-Kino / Animation + Virtual Reality /
Klangkunst + Sound-Art

Ein Viel Klang Klar

Das World-Soundscape-Projekt nach Murray Schafer war eine Pioniertat der 60er und 70er Jahre: Akustische Ökologie, eine Schule des Hörens und der Audio-Analyse, Soundscape-Design und Sound-Komposition als Kunst und Anwendung sind eng miteinander verbunden. Auch ohne den Dreiklang der A/R/Tography haben sich die Initiatoren des frühen Projekts als Künstler, Wissenschaftler, Vermittler und Pädagogen verstanden und so gehandelt, ohne den Aktionsbegriff der UBC schon zu erahnen.¹

Heute werden in beiden Zentren, Methoden, Aktionen und Modelle solcher dialogischer Kommunikation verhandelt, aber unterschiedlich praktiziert. Der ungewohnt klingende Begriff der „Métissage“ an der UBC bedeutet ein dichtes Verweben von Bildern, Texten, Aphorismen, Diskursen und Formen in künstlerisch-forschenden Prozessen. Dabei ist Schreiben nicht die solitäre Dokumentation oder ein formatierter Artikel, sondern eine kollektive Reflexion und inhaltliche Polyphonie. Fachgebiete, Regeln und Projekte begegnen sich offener als das strenge Wissen der Peer-Review-Praxis. Im Gegenteil, viele der aktuellen Dissertationen inspirieren einige Kunsthochschulen Kanadas und der USA.



In der fraktalen Formel von A/rtist, R/esearch und T/eacher verbinden sich Produktionen nicht nur als Storytelling, sondern auch als integrierte Praxis unterschiedlicher ExpertInnen, frei nach Deleuze und seinen Netzwerken. So ist Rita L Irwin, die frühe Initiatorin des Projekts in der „Art Education“ der UBC, ebenso Kunst- wie Musikpädagogin; der Jazzexperte und Radiomacher Peter Gouzouasis, Herr über 15 Gitarren, Pädagoge und Musikforscher. Carl Leggo, renommierter Literat, verbindet sein Kerngebiet der Poesie mit Performance, Musik und besonders in der Lehre, auch als Erzählung, Erfahrung, Erinnern; biografisch oft Reisen zurück in die eigene Herkunft im kargen Neufundland, wo dann wieder neue Texte und Bilder entstehen.

In ganz Kanada sind viele Autoren und Künstlerinnen diesem kreativen Feld und seiner Methodik verbunden. Aber auch in Vancouver reicht der Dialog den Berg hinauf zur zweiten großen Universität der Stadt. An der SFU, der Simon Fraser University, co-existiert ein verwandtes Denken und vor allem ein neues Hören. Hier wirkt die Tradition der Sound Art in heute digitale Studios hinein; mit Recherchen zu akustischer Kommunikation weltweit in Projekten, Produktionen und Publikationen. Ausgangspunkt war am Ende der 60er Jahre ein didaktisches Zentrum für akustische Praxis und Wissen, als Schule des Hörens und „Sound Education“ Kanadas einflussreichster Kompo-

nist, der Musikpädagoge, R Murray Schafer, hatte seit den 70er Jahren das World-SoundScape-Projekt (WSP) erdacht und mit Komponisten wie Hildegard Westerkamp und Barry Truax geformt. Truax hat später aus dem Sonic-Studio heraus alle drei und noch Schichten von Kunst, Forschen und Vermitteln differenziert. Vor einem Jahr habe ich ihn in Berlin erlebt, wo er nach vier Dekaden im Studio Vancouver durch die Gastprofessur der UdK mit hiesigen Lernenden arbeitete. Im elektronischen Musikstudio der TU traf er auf unseren M+I-Absolventen und Doktoranden Andreas Pysiewicz, die nächste Generation von Sound Studies und digitalen Künstler-Forschern.¹¹

Vergleichbar ist das in umgekehrter Richtung mit der offenen Kooperation der beiden Universitäten in Vancouver, wo der Studiomanager und Dozent David Murphy, Absolvent bei Truax, seine Dissertation über Produzieren, Erforschen, Vermitteln in den Medien nicht nur langjährig „on the Job“ der eigenen, sondern in Reflexion auch mit der ANDEREN Universität im PhD-Programm ausdifferenziert. Sein Schritt aus dem inneren Raum der Studios verbindet sich mit dem offenen Blick zu frühen Leitfiguren und Vorbildern der A/R/To-graphie, wie dem einflussreichen Forscher Aoki und anderen seiner Generation. Murphy nutzt den Transfer auch, um das inzwischen neu besetzte Sonic-Studio der SFU, nach, aber mit Truax, jetzt von der jüngeren Künstlerin Milena Droumeva neu zu gestalten.

Solche Fallstudien und Studioprofile sind triadisches Gestalten, Forschen und Vermitteln. Sie werden damit Teil des Transfers von der klassischen A/R/Tographie hin zu einer künftigen A/R/Tophonie, die ihr Hörfeld als Klangkunst immer wieder neu zusammenfügt. Auch an unserer Hochschule tragen wir in Schritten dazu bei, mit Methoden und Dialogen, zwischen den Gebieten, nicht außerhalb der Reihe.

2013 gab es dazu einen ersten, 2016 bereits einen kollektiven Vortrag in der „Forschung auf dem Campus-Reihe“ des IAF zur neuen (Inter-) Disziplin „Artistic Research“. Diese entfaltet sich unter vielen Labels und Studien, aus den USA und Kanada über Europa bis nach AustralAsia. Bei uns hat „practice-based-research“ das Bauhaus Weimar erreicht sowie Kunsthochschulen in Skandinavien, der Schweiz und Österreich. Gestalter finden hier ihre ganz eigene Form der Promotion. Das künstlerische Werk steht im Zentrum und wird kultur- und medienwissenschaftlich reflektiert. Aber auch umgekehrt reicht die Projektion künstlerischer Erfahrung in die Wissenschaft und erweitert deren Fragen zu offenen Denkweisen.^{III}

„Angewandte Forschung“ in Hochschulen meint ja eher, Probleme anderer als sozio-technische Innovation und Struktur für die konkrete Anwendung zu lösen. Praxisnahe Medienwissenschaft aber wird in Bild, Musik, Kultur und Kunst auch durch eigenwillige Formen des Denkens und Forschens geprägt bis zu Methoden der qualitativen Sozialwissenschaft. Eine für uns besondere Rolle verkörpert die angewandte und auch „anwendbare“ Ästhetik und Medienwissenschaft nach Gundolf Freyer-muth, von der ifs, der „internationalen film-schule köln“.^{IV}

Ganz am Anfang und Ende aber steht vor allem Kreativität, sowohl die spezielle der künstlerischen Produzenten wie auch bei der Rezeption von Kunst die der offenen Rezipienten, die in ihrem Leben kreativ und produktiv sind. Zum Ausklang folgt hier die Zusammenfassung eines sehr umfassenden Textes zu Kreativität in Kunst und Leben:

Am Anfang steht das Beispiel vom Kolleg Pro Art der LMU. Johanna Eder, Kunstpädagogin, Kunstwissenschaftlerin, Künstlerin, (auch Artografin, ohne die Triade zu nennen), forschte über den vom Tonstudio besessenen Pianisten Glenn Gould und seine Hörspiele. Klänge, Musik und Stimmen werden wie in einer medialen Kunst der Fuge zum Kontrapunkt verwoben. Klavier, Studio, Originalton und Ra-

dioKunst werden zu transmedialer Kunst und finden dichten Widerhall in oft langen Passagen und vielen Portraits zur „Kreativität und Kreativitätsbildung“. Mit dem Bild des „Homo Creans“ wird Denken und Handeln polyästhetisch vernetzt; die Autorin praktiziert dies selbst als Akteurin in eigener Mission, aber auch im Forschen und Lehren für andere. Johanna Eder vermittelt ihre Erkenntnis auf parallelen Spuren, im anspruchsvollen Forschungstext und der tiefen Fundstätte von Literatur, Ansichten und Werkformen; als visuelle Sequenz eigener Diagramme und Künstler-Interviews.

Deren Ideen prägen den Kern einer tief und selbst analysierten Reihe Freischaffender, von Cage zu regionalen KollegInnen. Plastisch schreibt sie über Duchamps und Merce Cunningham, vertieft ihr Verständnis von Glenn Gould und bringt uns Beuys nahe. Mit viel Erfahrung porträtiert sie die Ethnografie improvisierender Musiker in München oder nutzt Klang-Raum-Analyse als Erkundung mit allen Sinnen. Musiker und Künstler wie Robert Lip-pok werden in ihrer digitalen Ästhetik portra- tiert; Claire Filmon mit der Tanzkunst als analoge Komposition herausgearbeitet.

Ihr Buch begleitet uns auf parallelen Bah- nen und ermutigt, neue Wege zu erproben, um die Qualität des Homo Creans als „Anthropo- logie des Schöpferischen selbst zu erfahren, zu praktizieren und immer auch zu unterrichten.“

Referenzen/References:

- I Badura Jens (Hg.): Künstlerische Forschung. Diaphanes, Zürich 2015
- II Ottersbach, Beatrice; Schadt, Thomas: Filmlehren. 2013
- III Eder, Gundula Johanna: Homo creans: Kreativität und Kreativitätsbildung im Kontext.
- IV Transcript Verlag Bielefeld 2016

AUTOR



Prof. Dr. Hans-Ulrich Werner
Audiowerkstatt,
Künstlerisches Forschen,
Medien/Hochschuldidaktik
hans-ulrich.werner@hs-offenburg.de

Imageanalyse der Privatbrauerei Waldhaus

Prof. Dr. rer. pol. Ute Rohbock, Franziska Speck M. Sc.

Das Labor Medienforschung analysiert das Image der Privatbrauerei Waldhaus. Im Rahmen einer qualitativen Kundenbefragung werden die Kaufmotivation und die Einstellung der Auskunftspersonen ermittelt. Des Weiteren werden die Wahrnehmung und die Botschaft der Kommunikationsinhalte untersucht. Dabei wird ein besonderer Fokus auf die Werbegesichter der Marke Waldhaus gelegt. Abschließend werden Handlungsempfehlungen für die zukünftige Kommunikation formuliert.

The laboratory of media research analyzes the image of the regional brewery Waldhaus. By conducting a qualitative customer survey, buying motives and general attitudes are determined. Furthermore the perception and the message of the communication contents are examined. A special focus is placed on the testimonials of the brand. Finally, recommendations for future communication are formulated.

Theoretische Grundlagen

Gegenstand der Untersuchung ist das Image der Marke Waldhaus und der Waldhaus Bierspezialitäten. In der Marketingkommunikation basiert das Image auf bestimmten Attributen, die einem Unternehmen von einer Person durch individuelle Kenntnisse, Erfahrungen und Ansichten zugeschrieben werden [1].

Image und Einstellung werden häufig als deckungsgleiche Begriffe verwendet. In dieser Hinsicht beschreibt das Image verschiedene Einstellungen der unterschiedlichsten Dimensionen und fasst diese aus der subjektiven Sicht der Konsumierenden differenziert sowie ganzheitlich zusammen [2]. Dabei kann es sich ebenso auf einzelne Leistungen oder Produkte eines Unternehmens beziehen. Im Allgemeinen wird das Image durch zahlreiche Ereignisse negativ oder positiv beeinflusst. In diesem Zusammenhang sind Werbekampagnen von zentraler Bedeutung [3].

Um das Image einer Marke gezielt positiv zu gestalten, werden in der Kommunikationspolitik und dabei insbesondere in der Werbung spezifische Instrumente eingesetzt. Hierzu zählen beispielsweise ein besonderer Slogan, eine außergewöhnliche Farbgebung, ein zentrales Symbol, ein glaubwürdiges Werbegesicht oder eine bestimmte Geschichte, die erzählt wird. In diesem Zusammenhang kann eine kreative Werbekampagne zu einem positiven Image beitragen. Darüber hinaus rückt eine zielgruppengerechte Werbegestaltung angesichts der

alltäglichen Informationsflut vermehrt in den Fokus. Dadurch können Streuverluste bestmöglich reduziert werden [4].

Forschungsdesign

Methoden der qualitativen Markt- und Sozialforschung werden als Ansatz gewählt, wenn ergründet werden soll, warum sich Zielgruppen gegenüber einem Unternehmen und dessen Marketingkommunikationsmaßnahmen in einer bestimmten Art und Weise verhalten [5].

Um derart komplexe Zusammenhänge unter der Oberfläche aufzudecken, ist die qualitative Forschung mit einem sehr hohen Zeitaufwand verbunden. Eine mündlich-persönliche Befragung einer Testperson kann dabei häufig mehr als 60 Minuten in Anspruch nehmen. Aus diesem Grund wird in der Regel mit kleinen, meist nicht repräsentativen Fallzahlen gearbeitet [6]. Dabei wird die Stichprobe oftmals durch weniger als zehn zu befragende Auskunftspersonen gebildet [7]. Allgemein tragen qualitative Studien zu einer genaueren Zielgruppenbestimmung bei. Außerdem erleichtern sie das Erkennen von bisher nicht wahrgenommenen Trends [5]. Dabei stehen weniger exakt messbare und quantifizierbare Angaben im Zentrum, sondern möglichst tief liegende, vielseitige oder neuartige Erkenntnisse im Hinblick auf den Untersuchungsgegenstand [7].



Abb. 1:
Plakatmotive als Stimuli

Demnach basiert die qualitative Forschung auf beschreibenden und interpretativen Verfahren, die den Mensch als Subjekt in den Vordergrund stellen und zumeist nicht standardisiert sind [8]. Um in diesem Zusammenhang das menschliche Verhalten umfassend verstehen zu können, ist der qualitative Forschungsprozess von einer hohen Offenheit, Empathie und Flexibilität geprägt [7]. Infolgedessen werden auch private Gedanken und Gefühle bei der Auswertung einbezogen. Durch eine methodisch geleitete und argumentativ begründete Interpretation der subjektiven Daten werden qualitative Aussagen über Motive, Einstellungen und Verhaltensweisen transparent. Diese Erkenntnisse können im Marketing als zukünftige Entscheidungshilfe dienen [5].

Um eine hohe Güte der qualitativen Untersuchungsergebnisse sicherzustellen, wird der Forschungsablauf ausführlich dokumentiert. Dabei erfolgt die Datenerhebung durch qualitative Einzelinterviews. Mit dem Einverständnis der zu befragenden Testpersonen werden schriftliche Protokolle und Tonbandaufzeichnungen angefertigt. In dieser Hinsicht wird den Teilnehmenden Vertraulichkeit und Anonymität zugesichert.

Bei der persönlich-mündlichen Befragung wird ein teilstandardisierter Gesprächsleitfaden eingesetzt. Dieser wird auf der Grundlage einer theoretisch fundierten IST-Analyse entwickelt. Die Qualität und Vollständigkeit des Leitfadens wird durch einen Pretest überprüft. Demnach enthält er die wichtigsten Fragestel-

lungen, die im Interview zu thematisieren sind. Hierzu zählen allgemeine Fragen zur Person, zur Kaufmotivation, dem Image und den Einstellungen sowie zu den Werbemitteln und den Kommunikationsinhalten der Privatbrauerei Waldhaus. Den Auskunftspersonen werden während des Interviews drei Großflächenplakate im DIN A4-Format als Stimuli vorgelegt. Diese Plakatmotive werden in Abbildung 1 dargestellt.

Testpersonen

Insgesamt werden 12 Personen interviewt. An der Untersuchung nehmen zehn männliche und zwei weibliche Testpersonen teil. Die Altersspanne liegt zwischen 38 und 67 Jahren. Der Altersdurchschnitt beträgt 52,5 Jahre. Demnach gehört die Mehrheit der Teilnehmenden der Generation 50plus an. Alle Befragten stammen aus dem badischen Raum. Die große Mehrheit der Teilnehmenden erwirbt die Produkte der Privatbrauerei Waldhaus seit ein bis drei Jahren. Demnach sind alle Testpersonen als Neukunden einzustufen.

Ergebnisse

Die Befragungsergebnisse machen deutlich, dass die Marke Waldhaus und die Waldhaus Bierspezialitäten über ein sehr gutes Image verfügen. Alle befragten Neukunden sind im Hinblick auf die Privatbrauerei Waldhaus positiv eingestellt. Neben frei äußerbaren

Referenzen/References:
 [1] Einwiller, S. (2014): Reputation und Image: Grundlagen, Einflussmöglichkeiten, Management. In Zerfaß, A.; Pivinger, M. (Hrsg.): Handbuch Unternehmenskommunikation. Strategie – Management – Wertschöpfung, 2. Auflage, Springer Verlag, Wiesbaden
 [2] Meffert, H.; Burmann, C.; Kirchgeorg, M. (2012): Marketing: Grundlagen marktorientierter Unternehmensführung. Konzepte - Instrumente - Praxisbeispiele, 11. Aufl., Gabler Verlag, Wiesbaden
 [3] Wüst, C. (2012): Corporate Reputation Management – die kraftvolle Währung für Unternehmenserfolg. In Wüst, C.; Kreuzer, R. T. (Hrsg.): Corporate Reputation Management. Wirksame Strategien für den Unternehmenserfolg, 1. Auflage, Springer Verlag, Wiesbaden
 [4] Kotler, P. (2003): Marketing. Märkte schaffen, erobern und



beherrschen. In Boersch, C.; Eschen, R. (Hrsg.): Das Summa Summarum des Management. Die 25 wichtigsten Werke für Strategie, Führung und Veränderung, 1. Auflage, Gabler Verlag, Wiesbaden
 [5] Magerhans, A. (2016): Marktforschung. Eine praxisorientierte Einführung, 1. Aufl., Springer Verlag, Wiesbaden
 [6] Lamnek, S. (2010): Qualitative Sozialforschung, 5., überarbeitete Aufl., Beltz Verlag, Weinheim, Basel
 [7] Kuß, A.; Wildner, R.; Kreis, H. (2014): Marktforschung. Grundlagen der Datenerhebung und Datenanalyse, 5., vollständig überarbeitete und erweiterte Aufl., Springer Gabler Verlag, Wiesbaden
 [8] Mayring, P. (2002): Einführung in die qualitative Sozialforschung. Eine Anleitung zu qualitativem Denken. 5. Auflage, Beltz Verlag, Weinheim, Basel

Assoziationen im qualitativen Forschungsprozess werden die Teilnehmenden außerdem gebeten, konkrete Angaben zur Erstellung eines Polaritätenprofils zu machen. Dabei handelt es sich um ein Instrument zur mehrdimensionalen Messung von spezifischen Einstellungen. Hierbei werden die Testpersonen dazu aufgefordert, die Marke Waldhaus anhand von siebenstufigen Rating-Skalen zu charakterisieren. Am Skalenende befinden sich jeweils gegensätzliche Wortpaare, die der begrifflichen Einordnung dienen. Abbildung 2 stellt die Befragungsergebnisse im Hinblick auf das Image der Marke Waldhaus anhand von Durchschnittswerten im Polaritätenprofil dar.

Die grafische Darstellung zeigt auf, dass die Begriffe sympathisch, authentisch, echt, qualitativ hochwertig und vertrauenswürdig am stärksten mit der Marke Waldhaus verbunden werden. Die gedankliche Verknüpfung mit den Adjektiven professionell, gesellig, attraktiv, kreativ und persönlich ist ebenfalls sehr stark ausgeprägt. In Richtung der begrifflichen Beschreibungen dynamisch, außergewöhnlich, unterhaltsam, aufregend, humorvoll, bunt und regional sind ebenfalls klare Tendenzen in Verbindung mit der Marke Waldhaus erkennbar.

Bei der beschreibenden Einordnung von weiteren Gegensatzpaaren ergibt sich hingegen keine eindeutige Differenzierung. In diesem Zusammenhang wird von den Testpersonen beispielsweise angemerkt, dass die Marke Waldhaus auf einer alten und traditionellen Unternehmensgeschichte beruht. Gleichzeitig

wirkt der heutige Markenauftritt jedoch modern. Ebenso wird oftmals herausgestellt, dass sowohl Männer als auch Frauen gern die Waldhaus Bierspezialitäten trinken und deshalb keine klare Zuordnung zu einem Geschlecht erfolgen kann.

Die Gegensatzpaare solide/frech und teuer/preisgünstig werden auf der Skala nahezu mittig eingestuft. Demnach kann das Image der Marke Waldhaus in diesem Zusammen-

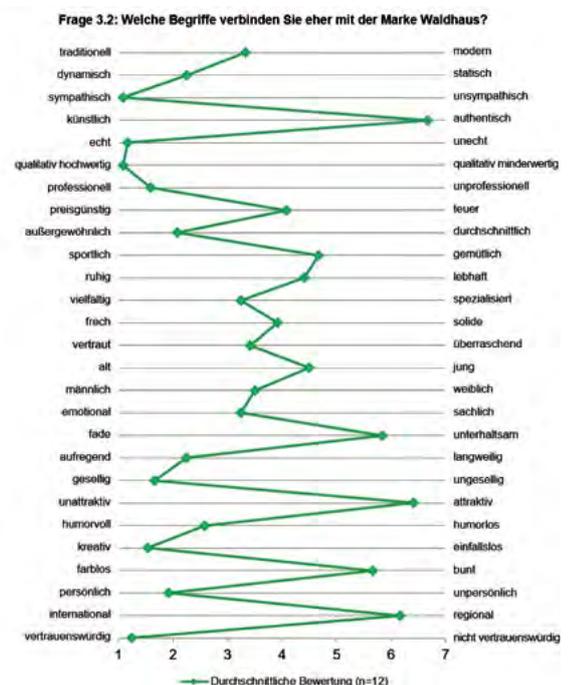


Abb. 2: Polaritätenprofil

hang ebenfalls keinem Extrem zugeordnet werden. Im Hinblick auf die Preisgestaltung erläutern einige der Befragten, dass sie die Waldhaus-Bierspezialitäten nicht für günstig halten. Gleichzeitig weisen diese Testpersonen aber auch darauf hin, dass die Produkte ihrer Meinung nach den geforderten Preis wert sind. Entsprechend nehmen sie häufig eine begriffliche Einordnung in der Mitte vor.

Die weiterführenden Forschungsergebnisse stellen zudem heraus, dass der Erstkontakt zur Marke stark von persönlichen Beziehungen und Empfehlungen beeinflusst wird. Darüber hinaus werden die Waldhaus-Bierspezialitäten im Vergleich zur Konkurrenz vor allem aufgrund des besonderen Geschmacks und der Regionalität des Unternehmens bevorzugt. In diesem Zusammenhang sind die Freude am Genuss von natürlichen Produkten und ein Gefühl der heimatlichen Verbundenheit wichtige Gesichtspunkte. Zur hohen Identifikation mit der Marke tragen aber auch die Wertvorstellungen bei, die mit der Privatbrauerei Waldhaus verbunden werden.

Handlungsempfehlungen

Unter Berücksichtigung der Befragungsergebnisse wird empfohlen, die persönliche Bedürfnis-, Gefühls- und Lebenswelt der Zielgruppe durch die visuelle Motivgestaltung in der werblichen Kommunikation intensiver anzusprechen. Auf diese Weise kann die positive Identifikation mit der Marke nachhaltig gefördert werden. Gleichzeitig erscheint bei der Werbemittelgestaltung eine inhaltliche Reduktion der dargestellten Informationen lohnenswert, sodass der begründete Kundennutzen im Fokus steht. Hierzu sollte sich die werbliche Kommunikation auf ein bis zwei Produktversprechen konzentrieren. Dementsprechend ist die zentrale Werbebotschaft der Marke Waldhaus inhaltlich zu überarbeiten. Diese Botschaft sollte sich in Form von einem einzigen und klar erkennbaren Slogan ausdrücken. Die Anmutung der Werbemittel ist ebenfalls einheitlich umzusetzen. In diesem Zusammenhang sollte stets eine klare Symbolik gewählt werden, die die Region Schwarzwald in der Motivgestaltung abbildet. Im Sinne der integrierten Kommunikation wird diesbezüglich empfohlen, die Marke Waldhaus über alle Kommunikationskanäle hinweg konsistent zu präsentieren. In diesem Kontext sind eine Intensivierung der regionalen Printwerbung und die Produktion von Radiowerbung als wichtige Bausteine im Media-Mix anzusehen.

Außerdem wird vorgeschlagen, die weibliche Zielgruppe der Biergenießerinnen sowohl

bildlich und als auch sprachlich deutlicher anzusprechen. In diesem Kontext werden Werbegesichter mit einem klaren Bezug zur familiär geführten Privatbrauerei Waldhaus als besonders glaubwürdige Markenbotschafter und Markenbotschafterinnen wahrgenommen. Die gute Mitarbeiterpolitik ist in diesem Zusammenhang ein wichtiges Alleinstellungsmerkmal, das in den Mittelpunkt gerückt werden sollte. Dabei könnte Dieter Schmid als Brauerei-Chef zeitweise in den Hintergrund treten, sodass die Mitarbeitenden als Werbegesichter im Vordergrund stehen.

Neben der zielgruppengerechten Anpassung der Werbemaßnahmen wird im Hinblick auf die weiterführende Kommunikationspolitik empfohlen, die lokale Presse- und Öffentlichkeitsarbeit, das Sponsoring und das Eventmarketing in der badischen Region zu verstärken. Darüber hinaus können Maßnahmen zur Verkaufsförderung am Point-of-Sale zur unmittelbaren Steigerung der Markenbekanntheit beitragen.

Im Zusammenhang mit der Produktpolitik ist die Aluminiumfolie am Flaschenhals der Waldhaus-Bierspezialitäten als zentraler Kritikpunkt anzusehen. Eine Veränderung des Materials entspricht hierbei den Kundenwünschen. Darüber hinaus wird vertriebspolitisch eine höhere und umfangreichere Verfügbarkeit der Waldhaus-Bierspezialitäten im badischen Raum gewünscht.

Auf der Grundlage dieser Forschungsergebnisse können zukünftige Fragestellungen im Hinblick auf eine ganzheitliche Marketingkommunikation der Privatbrauerei Waldhaus durch gezielte Folgeuntersuchungen beantwortet werden. Näheren Aufschluss im Hinblick auf die gewünschte Wirksamkeit der Werbemittel können beispielsweise qualitative Untersuchungen unter Einsatz von Eyetracking geben.

AUTORINNEN



Prof. Dr. rer. pol. Ute Rohbock
Fakultät M+I, Prodekanin M+I,
Studiendekanin M+I,
Leiterin Labor Medienforschung
ute.rohbock@hs-offenburg.de



Franziska Speck M. Sc.
Akademische Mitarbeiterin
im Labor Medienforschung
der Fakultät M+I
franziska.speck@hs-offenburg.de

Management 4.0 – KMUUs im digitalen Wandel

Prof. Dr. phil. Thomas Breyer-Mayländer

Management 4.0 beschreibt eine besondere Herausforderung für kleinere und mittlere Unternehmen (KMU), nämlich die Anforderungen an die Unternehmens- und Mitarbeiterführung im digitalen Wandel. Das Themenspektrum reicht von der Neuausrichtung von Unternehmen, Produkten und Geschäftsmodellen aufgrund disruptiver Veränderungen über die Änderung von Strategien, Strukturen und Prozessen bis hin zu neuen Konzepten der Rekrutierung und Führung von jungen Fach- und Führungskräften der Generation Y.

Management 4.0 is a remarkable challenge especially for small and medium sized enterprises (sme), because it describes the requirements in the field of leadership and strategic management for a successful digital transformation. When coping with disruptive innovations a sme should be able to prepare new products, solutions and business models which lead to new business units, often separated from the traditional business with management structures which allow much more agility. Often companies need a new way of leadership and a change in their corporate culture to succeed in recruiting and integrating young experts, who are part of the generation Y.

Die Nachrichten sind voll von Appellen zur Digitalisierung. Verbände, Kammern, Hochschulen und Fachjournalisten haben die „digitale Transformation“ zu einem ihrer Lieblingsthemen gemacht, und es gibt in der Tat viele bemerkenswerte Erfolgsgeschichten. Dennoch bleibt für viele, gerade auch Vertreter kleinerer und mittlerer Unternehmen (KMU), die Frage, was die Digitalisierung kurz-, mittel- und langfristig für sie bedeutet und mit welchen Maßnahmen sie das Thema in Angriff nehmen sollen. Grundsätzlich wird jede Branche und jedes Unternehmen von der Digitalisierung beeinflusst. Die Unterschiede liegen allein im Zeitablauf und in den hauptsächlich betroffenen Bereichen. Die zentralen Aufgaben im Rahmen des digitalen Wandels sind:

1. Die Analyse der Betroffenheit des eigenen Unternehmens und der eigenen Geschäftsmodelle
2. Die Anpassung von Strukturen, Prozessen und Kultur
3. Die Führung unterschiedlicher Generationen von Mitarbeitenden mit unterschiedlichen digitalen Kompetenzen

Analyse digitaler Veränderungen

In regelmäßigen Abständen gilt es, die Auswirkungen digitaler Geschäftsmodelle und digitaler Technologien auf das eigene Unternehmen und die eigenen Märkte zu analysie-

ren. Geht es um disruptive Veränderungen, bei denen anfangs schwächere digitale Lösungen am Ende den Markt komplett verändern? Beispielhaft ist der Markt der digitalen Fotografie, bei dem eine zu Beginn nur für Nischen gedachte Technologie den Markt dominiert, der sich auch von der Anwendung her komplett verändert hat. Noch nie wurden so viele Fotos weltweit gemacht und verschickt, und dennoch haben nicht die klassischen Kamerahersteller, sondern mit den Smartphone- und Tabletproduzenten neue Player den Großteil dieses Markts übernommen, bei dem die einstmalige zentrale Funktion des Fotografierens zu einem von vielen Features wurde.

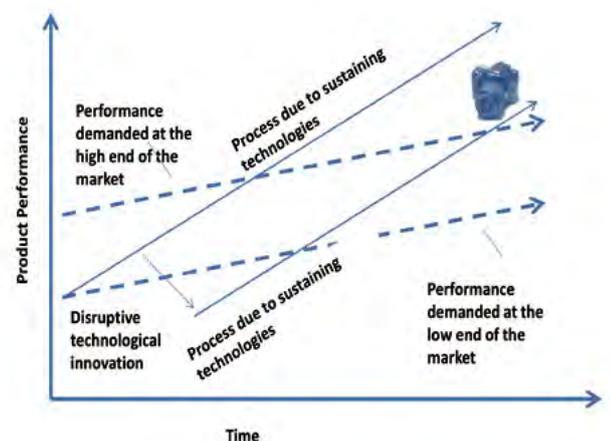


Abb. 1:
Disruptive Veränderungen (Quelle: [1],
S. 34 in Erweiterung von [2], S. 12)

Alternativ zu diesen revolutionären Veränderungen gibt es viele Märkte mit einem zeitlich anders gelagerten Verlauf, bei denen die Digitalisierung sich in einzelnen Produkten und Prozessen, die sich schrittweise verändern, widerspiegelt. Maschinenbauunternehmen werfen üblicherweise nicht ihren kompletten Maschinen- und Anlagenbestand in die Tonne, um den Anforderungen der vernetzten Produktion als Teilfacette von „Industrie 4.0“ zu genügen, sondern stehen vor der Aufgabe, einen bestehenden Bestand aufzurüsten.

Leider sind viele Darstellungen über die Betroffenheit einzelner Branchen widersprüchlich (die Unternehmensberatung Bain & Company ging beispielsweise 2015 noch von einer geringen Betroffenheit der Energieversorger aus, was sicherlich zu hinterfragen ist), und selbst bei Branchen wie dem Bergbau, die auf den ersten Blick digitalisierungsresistent erscheinen, zeigen Projekte wie die „digitale Grube“ (K+S Kali AG), dass auch hier eine Betroffenheit vorhanden ist.

Daher muss eine Analyse in hohem Maß individuell erfolgen. Meist wissen die Beteiligten im Unternehmen genau, wo die wunden Punkte liegen, man scheut sich jedoch, die Bereiche, in denen Wettbewerber das eigene Geschäft attackieren können, kompakt darzustellen. Nach dem Ansatz „Kill the company“ lassen sich diese Punkte im Rahmen eines internen Workshops sehr gut herausarbeiten. Damit treten die Bereiche zutage, in denen man die Innovationen selbst vorantreiben kann, bevor es ein anderer übernimmt.



Quelle: Steinbeis-Beratungszentrum „Leadership in Science and Education“, in Erweiterung von: Heads!/Deloitte 2015, S. 5

Abb. 2: Auswirkungen der digitalen Disruption auf unterschiedliche Branchen ([1], S. 36)

Es lohnt sich, das Geschäftsmodell aller bestehenden und geplanten Produktgruppen etwas genauer unter die Lupe zu nehmen, wie es in dem Canvas-Modell deutlich wird, das sich aus den Arbeiten von Osterwalder/Pigneur (2011) und Maurya (2012) [3], [4] ableiten lässt.

Dabei stellen sich für jedes Produkt/jeden Bereich einige zentrale Fragen, die nicht unbedingt neu oder originell sind, für deren Beantwortung man sich im Arbeitsalltag jedoch häufig zu wenig Zeit nimmt:

- Welche Zielgruppe habe ich mit dem Produkt/dem Geschäftsmodell im Visier?
- Welche Teilzielgruppen existieren hier und in welcher zeitlichen Folge wollen wir diese adressieren?
- Gibt es eine aktive Zielgruppe von „early adoptern“, die ein Minimal Viable Product (MVP), ein minimal funktionsfähiges Produkt (MFP) testen können?
- Was sind die drei größten Probleme meiner Kunden?
- Sind diese Probleme den Kunden bewusst?
- Welche bisherigen Lösungen haben die Kunden für diese Probleme entwickelt?
- Welche Nachteile enthalten diese bisherigen Lösungen?
- Wie gravierend sind diese Nachteile für unterschiedliche Teilssegmente meiner Zielgruppe?
- Wie können die bisherigen Lösungen von den Kunden oder deren Partnern weiterentwickelt werden?
- Wie wollen wir die jeweiligen Probleme unserer Kunden lösen?
- Welche drei Haupt-Features kennzeichnen die Produkte?
- Wie lässt sich die Funktionsfähigkeit meiner Lösungen bewerten (Worauf muss man besonders in der Phase des Experiments mithilfe eines MVP achten)?
- Mit welchen Kennzahlen (KPI: Key Performance Indicator) kann man den Erfolg messen?
- Welches einzigartige Wertversprechen bieten meine Lösungen?
- Weshalb ist die neue Lösung besser als die bisherigen, und warum verdient sie besondere Beachtung?
- Wie kann man das Konzept im Rahmen einer kurz gefassten Analogie beschreiben (z.B. ein eBay für den Stahlhandel)?
- Welchen unfairen Vorteil besitzen wir als künftiger Anbieter im Markt?
- Was hindert andere daran, innerhalb kurzer Zeit das Produkt zu kopieren?
- Über welche Kanäle erreiche ich meine Kunden?
- Welche Kosten entstehen?
- Welche Fixkosten entstehen?

Referenzen/References:

[1] Breyer-Mayländer, Thomas (2017): Management 4.0 – Den digitalen Wandel erfolgreich meistern, Hanser Verlag München ISBN 978-3-446-45038-7

[2] Christensen, Clayton M. (1997): The Innovator’s Dilemma – When new technologies cause great firms to fail. Harvard Business School Press, Boston/Massachusetts, ISBN 0875845851

[3] Maurya, A. (2012): Why Lean Canvas vs. Business Model Canvas? in: <http://leanstack.com/why-lean-canvas/> (Abruf: 09.01.2017)

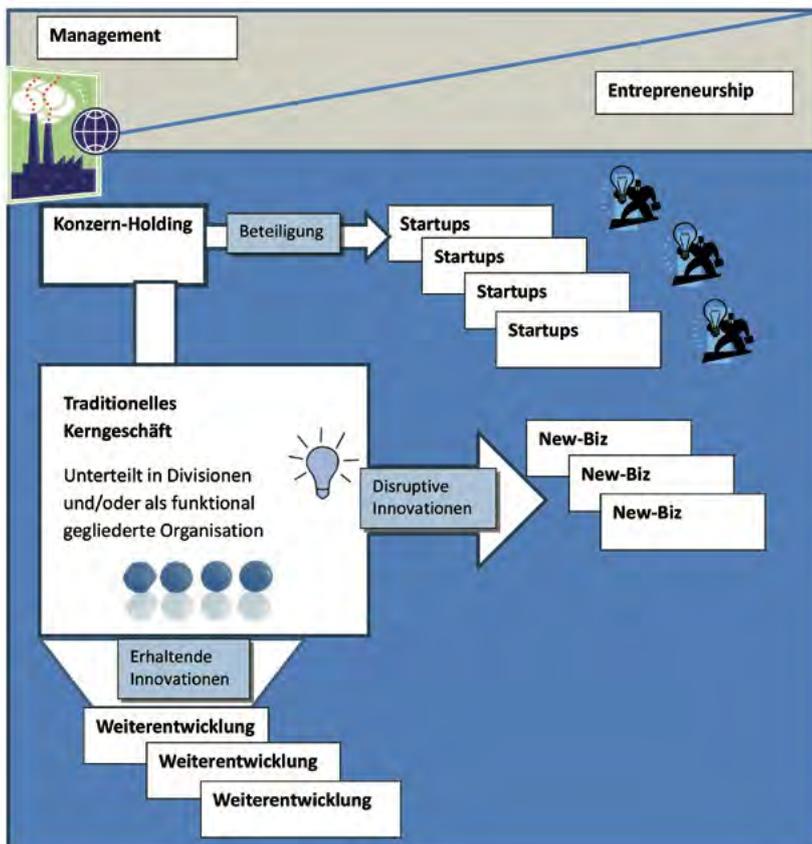
[4] Osterwalder, A./Pigneur, Y. (2011): Business Model Generation: Ein Handbuch für Visionäre, Spielveränderer und Herausforderer, Campus Verlag Frankfurt, ISBN 978-3-593-39474-9

- Welche variablen Kosten entstehen und von welcher Größe sind die Kosten abhängig?
- Welche Erlösquellen sind realistisch?
- Wie sieht der ideale Kundenlebenszyklus (Customer Lifetime Value) aus?
- Welche Margen sind im Wettbewerb zu anderen Lösungen realistisch?
- Wie kann das Geschäftsmodell skaliert werden?
- Welche Voraussetzungen muss ich in meinem Unternehmen erfüllen und welche Vorbereitungen muss ich treffen, um das Modell skalieren zu können?

Anpassung von Strukturen, Prozessen und Kultur

Für alle, die nach dem Check der Geschäftsmodelle und der Branchenentwicklungen Handlungsbedarf erkennen, ist es entscheidend, die richtige Organisationsform zu wählen. Dass es sinnvoll sein kann, neue Projekte, Produkte und Märkte zunächst in eigenen Teams zu betreiben, ist eine Erkenntnis, die nicht neu ist, sondern die man für den digitalen Wandel nur konsequent anwenden muss.

Abb. 3: Unterschiedliche Integrationsformen digitaler Geschäftsfelder (Quelle: [1], S. 102)



Die Führung unterschiedlicher Generationen von Mitarbeitenden mit unterschiedlichen digitalen Kompetenzen

Parallel dazu geht es auch um die Veränderung der Arbeitsprozesse und Methoden. Unter dem Stichwort „agile Methoden“ gibt es inzwischen ein ganzes Set an Arbeitsweisen, mit denen man schneller ans Ziel gelangt, und die Dynamik der Teams, die den Erfolg wollen, auch zielgerichtet nutzen kann. Viele Unternehmen nutzen die Chance, dabei auch die Führungskultur zu verändern und sich somit auch als Arbeitgeber neu zu positionieren. Denn wenn es darum geht, jüngere Kolleginnen und Kollegen zu integrieren und zu motivieren, dann muss man sich darüber im Klaren sein, dass für viele ziel- und leistungsorientierte Angehörigen der sogenannten „Generation Y“ (Jahrgänge 1981–1995) die erfolgreiche Arbeit als solches einen hohen Stellenwert einnimmt. Die Loyalität gehört häufig dem Projekt und dem Team und nicht einer übergeordneten Bindung an das abstrakte Unternehmen.



Abb. 4: Nerds und Techies – Führung von besonderen Talenten ([1], S. 199)

Erfolgreiche Unternehmen schaffen dabei die Balance zwischen der Notwendigkeit, die digitalen Geschäftsfelder zu forcieren und damit die notwendige Dynamik und Wandlungsfähigkeit zu erzeugen und gleichzeitig die bisherigen Kompetenzen und Erfahrungen des Unternehmens und der Mitarbeitenden zu nutzen und weiterzuentwickeln.

AUTOR



Prof. Dr. phil. Thomas Breyer-Mayländer
 Professor für Medienmanagement,
 Lehrgebiete: u.a. Führung & Strategie,
 breyer-maylaender@hs-offenburg.de

Avatartanz – Kooperation mit dem Stadttheater Freiburg

Prof. Dipl.-Ing. Daniel Fetzner, Ephraim Wegner

Avatartanz ist ein genreübergreifendes Projekt an der Schnittstelle von Tanz, bildender Kunst, digitaler und somatischer Forschung. An der Kooperation zwischen dem Stadttheater Freiburg und der Hochschule Offenburg nahmen über 100 Kinder aus dem sozialen Brennpunkt Freiburg/Haslach teil. Die jungen Teilnehmer im Alter zwischen 6 und 14 Jahren hatten die Möglichkeit, eine Bewegungspartitur zu entwickeln, diese öffentlich aufzuführen und über eine Echtzeit-Visualisierung der Bewegungsdaten ihren eigenen Avatar plastisch zu erleben.

Avatartanz is a cross-genre project at the crossing of interactive media, dance and somatic research. More than 100 children from the social focus of Freiburg/Haslach participated in the cooperation between Hochschule Offenburg and the Stadttheater Freiburg. The young participants in the ages between 6 and 14 had the opportunity to develop a choreographic score and to experience their own avatar by means of a real-time visualization and sonification of the generated motion data during the performance.



Die meisten der teilnehmenden Kinder verfügten bereits über ein tänzerisches Vorwissen über das BMBF-geförderte Tanzprojekt »Learning by moving« unter Leitung des Choreografen Graham Smith am Stadttheater Freiburg.

Aufgabe der studentischen Projektgruppe¹ der Hochschule Offenburg bei dem Folgeprojekt »Avatartanz« war die Dokumentation des

Arbeitsprozesses sowie die Entwicklung einer interaktiven Echtzeit-Visualisierung. In Zusammenarbeit mit dem Biologen und Informatiker Dr. Daniel Bisig von der Züricher Hochschule der Künste (ZhdK) entwickelte Ephraim Wegner gemeinsam mit den Offenburger Studierenden eine Software, die die Bewegungen und choreografischen Miniaturen der Kinder in Bild und Ton übersetzt.

Hierzu wurde der Bühnenraum mit einem Kinect-Sensor² und openCV³ erfasst. Als bildgebendes Verfahren diente eine Schwarm-Simulation, für die Klangerzeugung kam ein Granularsynthese-Verfahren zum Einsatz.

Verschiedene Positionsfelder im Raum waren mit festgelegten Funktionen der Software verknüpft. Darüber hinaus wurde der Raumklang aufgezeichnet und digital sonifiziert. Für die Simulation der Schwärme kamen sogenannte Boids⁴ zum Einsatz. Diese folgen einem einfachen Regelwerk, mit dem ein emergentes Erscheinungsbild erzeugt werden kann. Die Grundregeln – Separation, Angleichung und Zusammenhalt – können durch weitere Regeln, wie die Zielsuche oder das Ausweichen, ergänzt werden. So ergaben sich mannigfaltige Möglichkeiten der Visualisierung, die der Körperkontur mal folgt, sich mal von ihr entfernt, Bewegungsverläufe nachzeichnet, weiterführt oder ergänzt.

Die Sonifizierung des Klangs erfolgte mit der Granularsynthese – das Ursprungsmaterial wird in variablen Geschwindigkeiten an der jeweiligen Abspielposition in einzelne Fragmente zerlegt.

In der Mitte des Raums wiederholten sich kontinuierliche Klangfragmente einer statischen Abspielposition. Die Strecke zwischen der Mitte des Raums und den äußeren Grenzen veränderten das Abspieltempo sukzessiv zu- oder abnehmend.

Ähnlich wurde mit der Größe der erfassten Person bzw. der tänzerischen Geste verfahren. Je größer die Geste, desto mehr Klangfragmente wurden pro Zeiteinheit ausgelöst. Eine hohe Dichte führt dazu, dass die einzelnen Fragmente als kontinuierlich scheinender Klang wahrgenommen werden. Kleinere Figuren hingegen waren an weniger einzelne Klangfragmente gekoppelt und an eine entsprechend geringere Dichte. Rhythmische Strukturen sind die Folge. Liegend konnte der Klang gestoppt werden.

Referenzen/References:

1 Alexander Schröder, Anna Katharina Maier, Benjamin Kempter, Felix Klett, Kolja Hübschmann, Kim Laura Schulz, Laura Mandana Massumi, Manuel Gerlach, Marcus Hafner sowie Marco Schmid

2 Kinect ist eine Hardware zur Steuerung der Videospielekonsole Xbox 360 von Microsoft. Spieler können damit durch Körperbewegungen die Software bedienen.

3 OpenCV ist eine freie Programmbibliothek mit Algorithmen für die Bildverarbeitung und maschinelles Sehen.

4 Boids ist die Bezeichnung für bestimmte interagierende Objekte in einer Computersimulation. Die Bezeichnung stammt von einem bahnbrechenden Künstliches-Leben-Programm, das 1986 von Craig Reynolds entwickelt wurde, um das Schwarmverhalten von Vögeln zu simulieren. Er bezeichnete die simulierten Objekte als Boids.



Der so geschaffene audiovisuelle Apparat sollte den jungen Tänzern ein Experimentierfeld zur Verfügung stellen, in dem die tänzerische Geste gleichzeitig um eine musikalische Geste und über die Projektion um eine zusätzliche Körperlichkeit, gewissermaßen eine zweite Präsenz im Raum erweitert wurde. Um hier ausführlich mit den verschiedenen Ebenen zwischen Körper, Klang und Metakörper zu spielen und diese auszuloten, hatten die Kinder im Rahmen dieser Projektarbeit leider nicht ausreichend Zeit. Es wäre wünschenswert, in einem solchen Versuchsaufbau über einen längeren Zeitraum eine kontinuierliche Entfaltung der Möglichkeiten mit verschiedenen Gruppen durchzuführen. Interessant wäre darüber hinaus eine Bühnensituation, in der der Tänzer hinter die Projektion zurücktritt und für das Publikum nicht mehr sichtbar ist.

Avatartanz orientierte sich an der Utopie eines zuschreibungsfreien menschlichen Körpers. Trotz der genannten Kritik eröffnete das Projekt allen Kindern ein Experimentierfeld, in dem sie sich und ihre Choreografien unabhängig ihres Geschlechts, ihrer Herkunft und ihrer konkreten leiblichen Physis wahrnehmen und spiegeln konnten. Die Videodokumentation ist unter <https://youtu.be/mNEB-8JKPLI> im Netz zugänglich und kann dort kommentiert werden.

AUTOREN



Prof. Dipl.-Ing. Daniel Fetzner
Leiter des Labors für Medienökologie
an der Hochschule Offenburg
daniel.fetzner@hs-offenburg.de



Ephraim Wegner
Diplom der KMH Köln, Künstlerischer
Mitarbeiter im Labor für Medienökologie
an der Hochschule Offenburg
ephrain.wegner@hs-offenburg.de

WASTELAND – Medienökologische Forschung im Anthropozän

Prof. Dipl.- Ing. Daniel Fetzner, Dr. Dr. Martin Dornberg

Die künstlerische Forschung WASTELAND von Daniel Fetzner und Martin Dornberg stellt die Frage nach dem Umgang mit Ressourcen im Anthropozän. Transmediale Installationen, Performances und Vorträge mischen die damit verbundenen affektiven, synästhetischen, rationalen und medialen Datenströme zu neuen Mustern. Parasitäre und mikrobische Strategien produzieren neue Fragen über die Interaktion des Menschen mit einer selbst geschaffenen Umwelt.

WASTELAND is an artistic research cycle by Daniel Fetzner and Martin Dornberg. The topological intersection of art, philosophy and media ecology is evoking sensory experiences in different aesthetic forms and phases about matter and waste in the anthropocene. The project is dispersing data, dust and matter as a media ecological meshwork. An interplay of installations, exhibitions, screenings and discussions produce new questions about the relationship of man and environment.

Kontext

1844 beschreibt der Biologe Ehrenberg den transkontinentalen Austausch des von Mikroorganismen durchsetzten Passatstaubs als »Blutregen«. Äquivalent dazu gibt es heute vom Menschen hergestellte Partikelströme wie nuklearer Fallout, ozeanische Inseln aus Plastikmüll, globale Warenströme und die atmosphärische Konzentration von CO₂.

Das neue Erdzeitalter Anthropozän, in dem der Mensch zu einem der wichtigsten Einflussfaktoren auf die biologischen, geologischen und atmosphärischen Prozesse auf der Erde geworden ist, ist Gegenstand von WASTELAND. Das künstlerische Forschungsprojekt stellt die Frage nach dem Umgang mit Ressourcen und arrangiert damit verbundene affektive, synästhetische, rationale und mediale Datenströme zu neuen Mustern. Das Projekt möchte so über das Schrauben an Recyclingquote, Ressourceneffizienz und Energiesparen hinaus die gewohnten Muster zum System Abfall aufbrechen. Parasitäre Denkstrategien (siehe das Vorläuferprojekt BUZZ, 2015¹) können zum besseren Verständnis medialer Prozesse und von deren Interaktion mit den Menschen und ihrer Umwelt dienen.

Das Anthropozän und der Müll

Der Anthropozän genannte, ins geologische gesteigerte Einfluss des Menschen auf die Erdgeschichte, wird vor allem am Ausstoß seiner technologisch potenzierten Stoffwechselrate festgemacht. Die Abfallproduktion wird

dabei zur planetarischen Gestaltungsmacht und »Fußspur« des Menschen. Was bedeutet es aber, die größte gestalterische Kraft der Menschheit als Abfall zu bezeichnen und das Anthropozän als Abfallprodukt industrieller und kultureller Transformationsprozesse zu betrachten? Im Einzelnen lassen sich beliebige Reststoffe genauestens analysieren; aber was macht einen Stoff zu Müll? Ist nicht jedes Produkt eine Art Emission, die fein verteilt in der Konsumentenumwelt entsorgt wird?

Abfall ist weniger ein Ding als ein relationales Netz, auch ein Ergebnis diverser Zuschreibungen. Die Codierung von Abfall als etwas nicht mehr Brauchbares gibt es nur in anthropogen beeinflussten Systemen. Für Paläoanthropologen sind Müllfunde der entscheidende Hinweis für die Rekonstruktion der Menschwerdung. Müll ist insofern das Signet des Anthropozäns schlechthin, ein höchst komplexer Kulminationspunkt gesellschaftlicher, individueller, wissenschaftlicher, wirtschaftlicher und kultureller Transaktionen.

WASTELAND konzeptualisiert Müll genau in diesem Sinn, um das Anthropozän nicht im Denkmuster eines katastrophisch-zweckrationalen Umgangs mit Ressourcen thematisch einzufrieren. Die Rückkehr des Mülls mit all seinen chemischen, philosophischen, olfaktorischen, digitalisierten Daten eröffnet die Möglichkeit, das System der Materialströme jenseits der Illusion zu begreifen, dass sich ein Konstrukt wie Abfall aus dem Gesamtbilanzraum der Erde beseitigen ließe.

Referenzen/References:
 1 FIF 18/2016, S. 69-72 sowie <http://parasite.metaspaces.de>
 2 Neue ethnografische Methode, siehe <https://sel.fas.harvard.edu>
 3 Begriff von Sigmund Freud (1917), siehe <https://de.wikipedia.org/wiki/Kränkungen-der-Menschheit>

Zwei Verwertungssysteme in Kairo und Südbaden

Die künstlerische Forschung WASTELAND wirft einen Blick auf den Umgang mit Dingen im Vergleich zweier sehr unterschiedlicher Müllverwertungssysteme in Ägypten und in Deutschland.

In Mokattam Village/Kairo leben rund 50.000 Menschen. Seit den 1940er Jahren betreibt dort die koptische Minderheit ein informelles Müllverwertungssystem in der Megacity am Nil. Die Zabbaleen (arabisch زبالين, »Müllmenschen« dt. Wikipedia übersetzt »Müllsucher«, auch »Müllsammler«) recyceln den von ihnen gesammelten Abfall. Etwa 10.000 Tonnen Müll sortieren sie täglich von Hand in ihren Häusern. Ein wichtiger Faktor des Verwertungssystems sind Schweine, die den organischen Abfall fressen und als Schlachtvieh der Fleischversorgung dienen. Die Exkremente der Tiere werden an eine Kompostieranlage in einer Kairoer Vorstadt geliefert.

Die Situation in Eschbach/Breisgau zeigt ein komplett anderes Bild. Inmitten der Rheinebene steht eine hoch moderne Müllverbrennungsanlage. Die Müllverarbeitung ist hochgradig automatisiert und wird ausschließlich von Maschinen besorgt. Die Industrieanlage verbrennt 170.000 Tonnen Abfall jährlich und erzeugt damit 15 Megawatt Strom und Schlacke, die im Straßenbau Verwendung findet. Die Müllverbrennungsanlage in Eschbach als zentraleuropäische State of the Art der strikten Trennung von Müll und Mensch erzielt eine Recyclingquote von 30%. Die Müllmenschen von Kairo, für die der Abfall ihr Ökosystem ist, verwerten in großer Armut sowie unter unhaltbaren hygienischen Bedingungen über 90% des Materials. WASTELAND exploriert ästhetische und narrative Dimensionen dieser strukturellen Kopplung im Vergleich beider Umwelten. Im Kern geht es dabei um die Frage, welche materiellen und informationellen Verbindungen zwischen den unterschiedlichen Milieus existieren. Welcher Austausch von Dingen, Geschichten und Partikeln findet dort statt? Wie interveniert der Beobachter in diesen Stoffwechsel, wenn er nicht mehr auf die Dinge blickt, als vielmehr verwoben mit den und aus den Dingen heraus lebt?

Im Anthropozänlabor

Im Anthropozän lösen sich Landschaften und das Erzählen auf. Geschichten sind teleologisch, die Erde nicht. Wir leben radikal mit den Dingen auf einer Ebene, können mit ihnen in sinnliche Beziehungen treten, ähnlich wie

die Menschen in der Müllstadt. Auf der Suche nach der Null-Personen-Perspektive oder der Zero-Landscape, wie das Timothy Morton nennt, sind die Dinge weiter: Es geht um radikale Durchdringungen in Form von objektrationalen Beziehungen wie in der »Sensory Ethnography²«. Plutonium 239 ist überall, und das auch noch in 24.100 Jahren. Im Quecksilberspiegel des Films »Matrix« (Wachowski, 1999) löst sich nicht die Realität als vielmehr das Subjekt auf. Im Spiegelbild verschwinden der Rahmen und die Repräsentation. Es gibt keinen distanzierten Betrachter, es gibt kein Dort, es gibt kein Vergraben in Salzstöcken oder Verbrennen mehr. Es gibt kein Weg mehr im Wegwerfen, der Plastikmüll landet im Pazifik, in den Fischen, in unserem Essen. Die Hyperobjekte sind omnipräsent und alldurchdringend. Sie brechen den Rahmen der Bilder und unseres Denkens auf. Die »Kränkungen der Menschheit³« machen nicht nur klar, dass es kein Zentrum, keine reine Natur gibt, sondern auch keine Peripherie. Kein Subjekt und kein Objekt. 360° Video kann so die mögliche filmische Cadrage dieser neuen Medienökologie sein.

In aktuellen Theorien wird der Mensch als soziales Wesen beschrieben, das zunehmend in komplexe medienökologische Beziehungen verflochten ist. Relationale Netze, Materie und das Parasitäre bilden dabei Zentren einer neuen Kybernetik, die in Form einer biomedialen Ökologie auf der einen Seite Überfluss und Komplexität, auf der anderen Störungen, Auslöschungen und Kontingenzen produziert. Die Verhältnisse sind radikal relational. Out of sight ist nicht mehr out of mind. »Entfernung« ist nur ein psychologisches und ideologisches Konstrukt, um sich die Dinge vom Leib zu halten. »Objects in the mirror are closer than they appear«.

In Bruno Latours ZKM-Ausstellung RESET MODERNITY (2016) wird ein Abschied von dem Sublimen (der »Erhabenheit«) proklamiert. Dieses kann sich nur aus einem sicheren Blickpunkt entfalten, den es nicht mehr gibt. Das Sublime ist in den Installationen von WASTELAND eine Frage der Blick- und Hörrichtungen, die die Betrachter selbst wählen können. Unsere Projekte verlassen die anthropozentrische Augenhöhe des aufrechten Gangs auf die Augenhöhe der Mikroben, der Insekten, der Vögel, der Erdoberfläche und der Dinge. Wir sind in Latour'schem Sinn »niemals modern gewesen«.

Transdisziplinäre Umsetzung

WASTELAND nutzt verschiedene Medien und faltet sie. Überkreuzungen und transmediale Transfers sollen neue Sicht-, Verknüpfungs-

und Handlungsweisen im Umgang mit der Komplexität der Dinge im Zeitalter des Anthropozän und von dessen Nähr- und Umsetzungsmedien ermöglichen. Die Projektzeitung, vor allem aber die interaktive Webdokumentation falten dabei im Wortsinn Bezüge, Materialien und Ideen. Es sollen Prozesse des »Beobachtens zweiter Ordnung« sowie sinnlich-körperliche »Gegenwarts- oder Evidenzmomente« angestoßen werden. Sie entstehen rhizomatisch mehrdimensional unter Nutzung diagrammatischer, transmedialer und verkörpernder Verfahren, die unterschiedliche Medien und Zeitebenen verkoppeln, wie es auch für die Funktion des Gedächtnisses oder des Gehirns gezeigt worden ist.

Die Suchbewegungen eines möglichen Nutzers der interaktiven Webplattform des Projekts sind in jedem Fall wesentlicher Bestandteil von deren Gebrauch: seine Interessen, seine inhaltlichen und/oder ästhetischen Präferenzen, seine Neugier, aber auch seine »pathischen« Anteile oder Kompetenzen – d. h. seine Verbundenheit mit speziellen affektiven Kontexten, die ihn bewusst oder unbewusst beeinflussen. Bestandteil der interaktiven Dokumentation ist beispielsweise eine Sequenz, die den Philosophen Graham Harman inmitten der Müllstadt in Kairo zeigt. Eingebettet in Lärm, Hitze und Gestank erklärt der ehemalige Sportreporter seine »objektorientierte Ontologie« (OOO). Die radikale Situierung wurde mit 360° Video dokumentiert. Alternativ kann die panoramische Sequenz mit einem Head Mounted Display (HMD) erfahren werden.

Das 30-minütige Setting wurde in Form einer Ausstellung in Genf mit zwei Workshops und einer Diskussionsrunde mit dem Biosemiotiker Kalevi Kull von der University of Tartu/Estonia ausgewertet. Folgendes wurde diskutiert: Wie gestalten sich die medienökologischen Zugänge zu der Szene – immersiv über das HMD und installativ über die Rauminstallation mit 360° Video und Sound? Wie können biokybernetische Modelle (v. Uexküll) die artifizielle Materialität der Situation besser verstehbar machen? Und schließlich: wie verbindet sich diese interaktive Erfahrung mit der Plastizität unseres Erlebens? Der Sozialanthropologe Tim Ingold spricht in diesem Zusammenhang von einer Logik polyphoner Bezugnahmen und lebendiger Korrespondenz, von einem »Leben der Linsen«. Materialien und künstlerische Prozesse, unser Denken erweiternde philosophische Gedanken, aber auch die vielschichtige Entitäten der Ausstellung/Installation und deren interaktiver Webplattform kommunizieren nicht nur über Sprache. Man muss sich dort vielmehr immer auch mit einer Fülle von Elementen di-

rekt, ganz praktisch beschäftigen, sich sozusagen am Berühren, Hören und Forschen beteiligen. Ingold spricht in diesem Zusammenhang auch vom Aufbau eines »Meshwork« statt von einem »Network« und von Logiken gemeinsamen »Besessen-Seins« statt von Logiken der Distanzierung und Objektivierung.

Vorträge und Ausstellungen von WASTELAND

WASTELAND ist ein Projekt von Daniel Fetzner und Martin Dornberg in Zusammenarbeit mit der Forschungsgruppe mbody, der Hochschule Offenburg, dem Kommunalen Kino Freiburg, der Müllverbrennungsanlage Eschbach, der Universität Freiburg, der German University in Kairo und dem Goethe Institut Kairo. Das Projekt wird im Januar 2018 mit einem interdisziplinären Symposium mit Vertretern aus Kunst, Philosophie und Wirtschaft in der Müllstadt in Kairo seinen Abschluss finden.

Dezember 2015

Vortrag »Parasitäre Medienökologien«
Critical Media Lab (IXDM), Basel/Schweiz

März 2016

Vortrag »Parasitic Media Assemblages« auf der i-doc Konferenz für interaktive Webdokumentationen – University Bristol/UK

Juni 2016

Ausstellung, Diskussionen, Filmvorführungen
»48h WASTELAND« – Kommunales Kino Freiburg
September 2016

Vortrag und Workshop – Utopiana, Genf/Schweiz

Februar 2017

Vortrag über interaktive Dokumentationspraktiken am Beispiel von WASTELAND

Joint Research Centre (JRC) der EU, Ispra/Italien

Februar/März 2017

Installation und Workshop im Rahmen der Ausstellung »Biotope(s) – La semiosphère du Commun« am Museum für Gegenwartskunst (BAC), Genf

April 2017

Vortrag auf der Jahrestagung der Society of Artistic Research (SAR) – University of the Arts, Helsinki/Finnland
August 2017

Workshop und Paneldiskussion

International Conference Visual Evidence, Cine Documental – University of Tres de Ferrero UNTREF, Buenos Aires/Argentinien

Oktober 2017

Panel »Interaktive Webdokumentationen«

Jahrestagung der Gesellschaft für Medienwissenschaften (GfM) – Universität Erlangen

January 2018

Abschlusskonferenz und Workshop »Matter in the wrong Place« – German University in Cairo/Ägypten



AUTOREN



Prof. Dipl.-Ing.
Daniel Fetzner
Leiter des Labors
für Medien-
ökologie an der
Hochschule
Offenburg
daniel.fetzner@
hs-offenburg.de



Dr. Dr. Martin
Dornberg
Institut für
Philosophie
der Universität
Freiburg

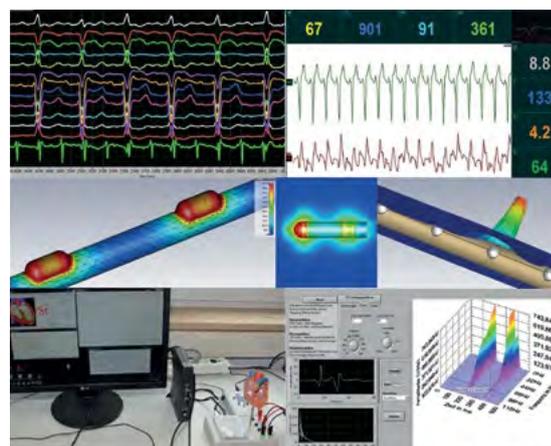
ELEKTROTECHNIK UND INFORMATIONSTECHNIK

Im Jahr 2016 war die Forschungs- und Entwicklungstätigkeit der Fakultät E+I insbesondere dadurch gekennzeichnet, dass etablierte sowie relativ neu hinzugekommene Schwerpunkte kontinuierlich ausgebaut bzw. weiterbetrieben wurden. Neu berufene Professoren wie Prof. Dr. Pfletschinger und Prof. Dr. Zirn sind dabei, in ihren Fachdisziplinen neue Impulse zu setzen. Die Themen ihrer Antrittsvorlesungen „Zuverlässige drahtlose Kommunikation mit der nächsten Mobilfunk-Generation: 5G und Industrie 4.0“ wie auch „Das Cochlea-Implantat“ lassen in dieser Hinsicht Vielversprechendes erwarten.



Die bereits in E+I etablierten Forschungsfelder decken Gebiete wie Autonome Systeme, Business Intelligence, Business Process Management, elektrische Antriebstechnik, elektrische Energieübertragung, Embedded Systems, Kommunikationstechnik, Künstliche Intelligenz, Medizintechnik, Mikroelektronik, Navigation und Regenerative Energiesysteme sowie das in aller Munde befindliche Thema „Industrie 4.0“ ab.

In Zahlen schlägt sich die Forschungsleistung 2016 durch eingeworbene Drittmittel in Höhe von ca. 2,45 Mio. € nieder. Zudem beschäftigen sich am Hochschulstandort neun E+I-Doktoranden mit der Gewinnung neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse auf ihren jeweiligen Arbeitsgebieten.



Nennenswert ist auch die beachtliche Zahl von 87 Veröffentlichungen im Jahr 2016 aus dem Kreis der Professorenschaft und der Mitarbeiter der Fakultät E+I.

Der vorliegende Forschungsbericht des IAF spiegelt diese oben skizzierte Forschungsvielfalt wieder. So geht es in der aktuellen Ausgabe um die Erstellung von Magnetfeldkarten mit mobilen Plattformen, den Themenbereich Production Intelligence und um medizintechnische Themen wie die Erstellung eines Herzrhythmusmodells, die Feldsimulation bei CRT und Ablation sowie um ein Thema aus der Schnittmenge zwischen Neurowissenschaften und Robotik. Weitere Beiträge über die Forschungstätigkeiten aus dem Kollegium von E+I finden Sie auf den institutseigenen Seiten.



Ich wünsche den Lesern beim Studium der Beiträge viele neue Erkenntnisse sowie zahlreiche Projektimpulse.

Dekan Prof. Dr.-Ing. habil. Uwe Nuß

Erstellung von Magnetfeldkarten mit mobilen Plattformen

Prof. Dr.-Ing. Stefan Hensel, Tino Schwilk M. Sc.

Für die genaue Positionsbestimmung in Innenräumen, beispielsweise in Bahnhöfen oder Einkaufszentren, soll in dem beschriebenen Projekt untersucht werden, inwiefern lokale Magnetfelder genutzt werden können, um Genauigkeit und Robustheit zu erhöhen. Hierzu wird untersucht, ob und wie kostengünstige Magnetfeldsensoren und mobile Roboterplattformen genutzt werden können, um Karten zu erstellen, die eine spätere Navigation, beispielsweise mit Smartphones, verbessern.

This report examines the feasibility of using the local magnetic field to enhance precise indoor localization, as for example given in shopping malls or train stations, in robustness and accuracy. We focus on the problem of using mobile robotic platforms and low-cost magnetometers to build up maps that can be used for mobile navigation, e.g. with smartphones. We employ a Gaussian process regression framework to allow the incorporation of measurement uncertainties and a priori modeling assumptions. They also ensure the subsequent usefulness of the map in stochastic localization frameworks based on recursive Bayesian estimation.

Einführung

Während die Positionsbestimmung unter freiem Himmel seit längerer Zeit auf etablierte Weise durch eine Kombination von Satellitennavigation und Inertialsensorik erfolgt, ist die präzise Ortsbestimmung innerhalb von Gebäuden weiterhin Gegenstand aktiver Forschung. Im Labor für Mess- und Sensortechnik erfolgt die Untersuchung von kostengünstigen Sensoren zur Verringerung oder Vermeidung der unweigerlich auftretenden Drift der inertialen Navigation.

Das natürlich auftretende Erdmagnetfeld wird in Gebäuden durch die verwendeten Baumaterialien und Einrichtungsgegenständen teils massiv verzerrt. Diese Störungen der magnetischen Flussdichte \mathbf{B} sind lokal stark ausgeprägt und weitestgehend stationär. Sie können daher als Merkmal für die Positionsbestimmung verwendet werden [1]. Vorab kalibrierte Magnetfeldsensoren messen diese Merkmale und verwenden sie als Orientierungshilfe in der Navigation [2].

Die von den Sensoren gewonnene Information wird dem Nutzer sinnvollerweise in Form einer Karte zur Verfügung gestellt. Das beschriebene Projekt untersucht, wie diese Karten mithilfe mobiler Roboter erstellt werden können. Besonderes Augenmerk wird auf das Zusammenführen mehrerer individuell erstellter Karten gelegt, sodass entweder ein

Schwarm von Robotern eingesetzt werden kann oder ein einzelner Roboter die Karten in mehreren Durchläufen erstellen kann.

Methodik

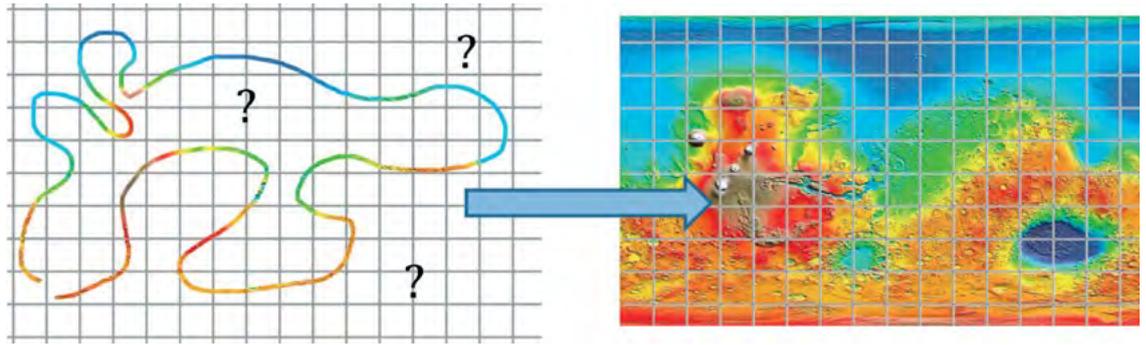
Für die gegebene Problemstellung wurde die Kartenerstellung in zwei parallele Stränge aufgeteilt. Die Positionsbestimmung des Roboters erfolgt durch die Fusion von Inertialsensoren, d.h. Beschleunigungs- und Drehratensensoren, mit Odometriedaten und den Entfernungsdaten aus einer Tiefenkamera. Der eingesetzte Algorithmus ist ein Partikelfilter, der eine simultane Lokalisierung und Kartierung (SLAM) ermöglicht und als Ausgangsdaten die Position sowie eine zweidimensionale Rasterkarte der Umgebung liefert. Aufbauend auf dieser Position wird mit Messdaten eines handelsüblichen Magnetfeldsensors die Magnetfeldkarte berechnet.

Die Erstellung der Karte muss die Unsicherheit der Position aufgrund von Umgebungseinflüssen und verrauschten Sensoren ebenso berücksichtigen wie die unsicherheitsbehafteten und störanfälligen Messungen des Magnetfeldsensors. Da die Messungen des Sensors punktuell auf der gefahrenen Trajektorie des Roboters erfolgen, muss eine Interpolation und Extrapolation zwischen den Punkten und über diese hinaus durchgeführt werden. Die

Referenzen/References:

- [1] B. Li, T. Gallagher, A. Dempster and C. Rizos C: „How feasible is the use of magnetic field alone for indoor positioning?“, Proceedings of the International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN). Sydney, Australia, pp. 1–9, 2012.
- [2] M. Frassl, M. Angermann, M. Lichtenstern, P. Robertson, B. Julian and M. Doniec: „Magnetic maps of indoor environments for precise localization of legged and nonlegged locomotion“, Proceedings of the IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS). Tokyo, Japan, pp. 913–920. 2013.
- [3] C. E. Rasmussen and C. K. I. Williams. „Gaussian processes for machine learning“, MIT press Cambridge, MA, 2006.
- [4] M. Quigley, B. Gerkey and W. Smart: „Programming Robots with ROS“, O'Reilly Media, 2015
- [5] G. Grisetti, C. Stachniss and Wolfram Burgard: „Improved Techniques for Grid Mapping with Rao-Blackwellized Particle Filters“, IEEE Transactions on Robotics, Volume 23, pages 34-46, 2007.
- [6] B. Minasny and B. McBradley: „Spatial prediction of soil properties using EBLUP with the Matérn covariance function“, Geoderma, Vol. 140, pp. 323-456, 2007.

Abb. 1:
Prädiktion der magnetischen
Flussdichte in unbekanntem
Bereich auf Basis verteilter
Messungen



Aufgabe der Kartierung mit geringer Datenmenge ist in Abbildung 1 exemplarisch für den vorliegenden zweidimensionalen Fall dargestellt. Für die Vorhersage dieser Werte und die Verarbeitung der zugehörigen Unsicherheit in Form einer Kovarianz wurde in der Arbeit der Einsatz von sog. Gaußprozessen untersucht.

Gaußprozess-Regression und Interpolation

Gaußprozesse [3] sind eine Verallgemeinerung der multivariaten Gaußverteilung und können genutzt werden, um eine stetige und glatte Funktion aus Messdaten zu schätzen. Ein Spezialfall der Gaußprozess-Regression (GPR), der auch in der vorliegenden Arbeit Verwendung findet, ist in der Geostatistik unter dem Namen Kriging bekannt. Daneben können Gaußprozesse auf eine Vielzahl Probleme des maschinellen Lernens angewandt werden und finden Einsatz in der Glättung mit Splines, Klassifikationsproblemen oder der Datenvorhersage. Ein veranschaulichendes Beispiel für die Regression auf Basis weniger Messungen ist in Abbildung 2 für den Fall von einer, zwei und drei Messungen dargestellt.

Messpunkte sind schwarz gezeichnet, der grau mattierte Bereich gibt das sog. 95 % - Konfidenzintervall (die zweifache Standardunsicherheit der geschätzten Funktion) auf Basis der gegebenen Messwerte wieder.

In der hier verwendeten GPR werden die Modellfunktionen $f(x)$ als Realisierungen eines stochastischen Prozesses gesehen, dessen Kovarianzfunktion $\kappa(\mathbf{x}, \mathbf{x}')$ a priori vorgegeben wird. Die Bestimmung der Funktion erfolgt auf Basis von n gegebenen und unsicheren Messungen y_1, y_2, \dots, y_n , die an den Stellen x_1, x_2, \dots, x_n beobachtet werden. Man erhält dann das Modell

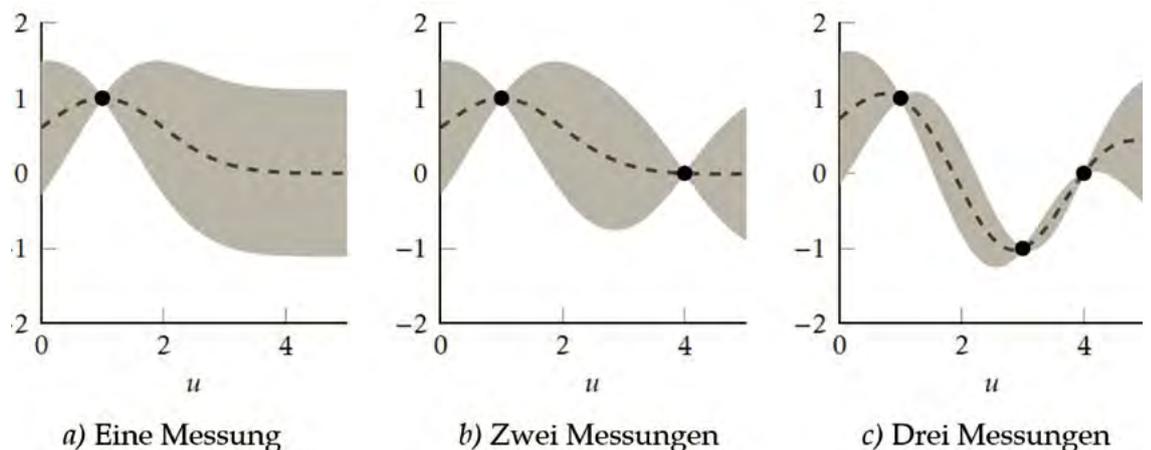
$$f(\mathbf{x}) \sim \text{GP}(0, \kappa(\mathbf{x}, \mathbf{x}')),$$

$$y_i = f(\mathbf{x}_i) + \varepsilon_i,$$

bei dem angenommen wird, dass der Fehler ε einem weißen Rauschen entspricht. Damit sind das Mess- und a priori-Modell normalverteilt, und das geschätzte a posteriori-Modell wird wiederum normalverteilt sein. Die Wahl einer spezifischen Kovarianzfunktion drückt das Domänenwissen über den unterliegenden Prozess aus, im vorliegenden Fall über das Verhalten des Magnetfelds in geschlossenen Räumen. Aufgabe der Inferenz ist es, aus den Messdaten die Parameter dieser Kovarianzfunktion zu schätzen. Die Parameter werden hierbei als sogenannte Hyperparameter bezeichnet, der Typ der Kovarianzfunktion wird in Form von Modellwissen a priori festgelegt. Eine der meist gewählten Kovarianzfunktionen ist eine stationäre Exponentialverteilung (auch radiale Basisfunktion RBF) der Form

$$\kappa_{RBF}(\mathbf{x}, \mathbf{x}') = \sigma_{RBF}^2 \cdot \exp\left(-\frac{\|\mathbf{x} - \mathbf{x}'\|^2}{2l_{RBF}^2}\right),$$

Abb. 2:
Prinzip der
Gaußprozess-Regression



mit den Hyperparametern σ_{RBF}^2 und l_{RBF} , die die Skale und Granularität (Bandbreite) der Funktion ausdrücken.

Ein Beispiel für den Einfluss des Hyperparameters l_{RBF} auf die geschätzte Funktion mit Konfidenzintervall ist in Abbildung 3 gezeigt:

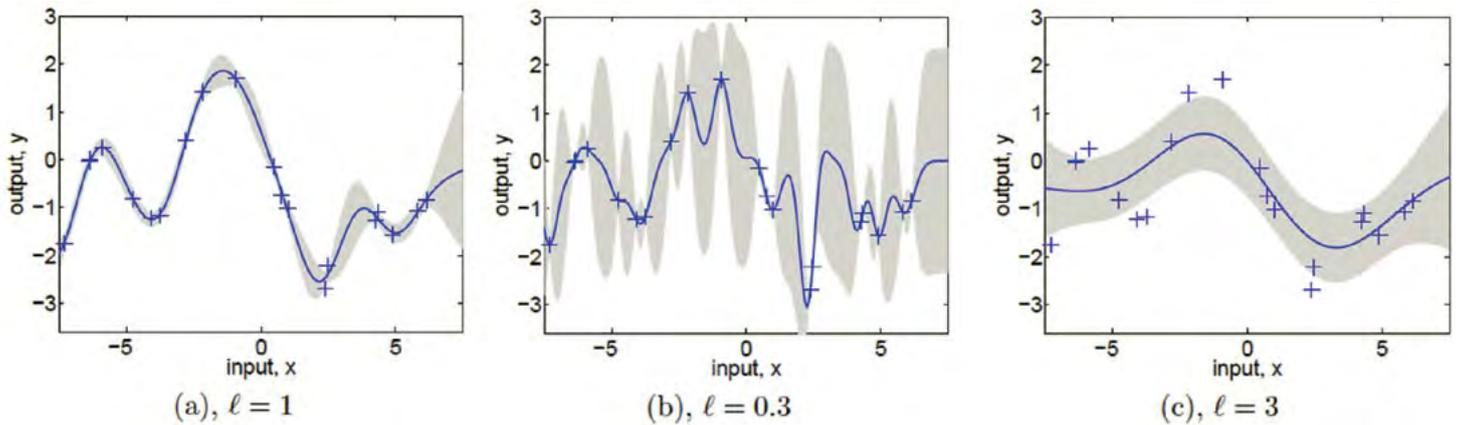


Abb. 3: Einfluss des Hyperparameters l auf die Schätzung der Funktion (entnommen aus [3])

Die Schätzung der Hyperparameter auf Datenbasis erfolgt im optimalen Sinne durch Bestimmung der maximum a posteriori-Wahrscheinlichkeit.

Die Verwendung von Gaußprozessen ermöglicht nicht nur die Einbindung aller in der Kartierung auftretenden Unsicherheiten, sondern erlaubt die anschließende Fusionierung der erstellten Karten auf Basis der geschätzten Genauigkeit. Dies ist möglich, indem die Karte jeweils mit allen Messungen neu berechnet wird oder indem mehrere interpolierte Karten, die zu beliebigen Zeiten und mit beliebigen Sensoren aufgezeichnet wurden, durch ein gewichtetes arithmetisches Mittel auf Basis der Kovarianz zusammengeführt werden.

Versuchsaufbau und Ergebnisse Verwendete Hardware

Für die Erprobung wurde ein mobiles Robotersystem vom Typ Turtlebot verwendet. Als Middleware kam das Robot-Operating-System (ROS) [4] zum Einsatz, das eine einfache Treiberanbindung erlaubt. Die Lokalisierung des Systems wurde mit gmapping [5], einem SLAM-Algorithmus realisiert. Für die Aufzeichnung des Magnetfelds wird ein Dreiachs-MEMS-Magnetfeldsensor genutzt, wie er beispielsweise in Smartphones zu finden ist. Zusätzlich ist eine vollständige inertielle Messeinheit (IMU), bestehend aus einem Dreiachs-Drehratensensor und Dreiachs-Beschleunigungssensor, in dem Chip integriert. Die IMU erlaubt über die Berechnung der Lage die Projektion der dreidimensionalen Magnetfeldmessung in

ein globales Koordinatensystem und damit die Bestimmung der Flussdichtekomponenten

$$\vec{B} = (B_x, B_y, B_z)^T.$$

Abbildung 4 zeigt den verwendeten Roboter sowie den Versuchsaufbau mit Rechner und Magnetfeld-IMU-Sensor.



Abb. 4: Mobile Roboterplattform (links) und Versuchsaufbau mit Magnetfeldsensor-IMU-Kombination (rechts)

Software

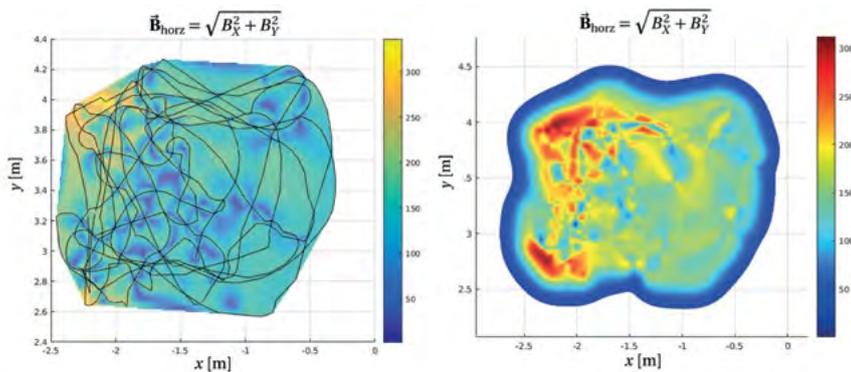
Für die Schätzung der Parameter des Gaußprozesses werden komplexe Optimierungsverfahren benötigt, die in der Regel die Komplexität $O(n^3)$ aufweisen. Da für die Interpolation des Magnetfelds hunderte bis tausende Messwerte vorliegen, wurde daher auf approximative Verfahren zurückgegriffen. Als a priori-Annahme der Messfunktion wurde ein Gauß'sches Rauschen angenommen, die Kovarianz wurde a priori zu einer Matérn-Funktion festgesetzt, die eine generalisierte Version der RBF darstellt und einen zusätzlichen Hyperparameter

zur Festlegung der Glattheit enthält [6]. Die Berechnung erfolgte offline im Batch-Verfahren, d.h. für den gesamten Datensatz nach der Aufzeichnung der Messwerte. Eingangsdaten sind die Magnetometermessungen \vec{B} zusammen mit der Position, Orientierung und der Kovarianzmatrix, die durch den SLAM-Algorithmus bestimmt wurden.

Ergebnisse

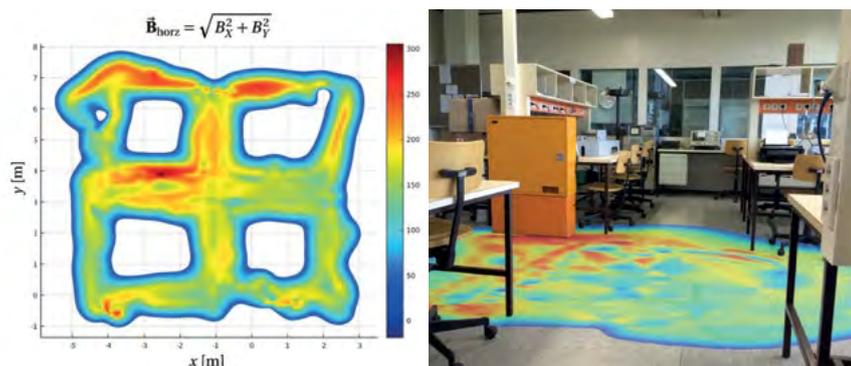
In einer ersten Untersuchung wurde die Eignung der Gaußprozesse für die Interpolation der Messdaten betrachtet. Zum Vergleich wurde eine klassische zweidimensionale lineare Interpolation herangezogen. Obgleich letztere nicht die Möglichkeit der Kovarianzangabe und -schätzung bietet, ist die Berechnungszeit um mehrere Größenordnungen geringer. Allerdings wird schnell deutlich, welches qualitative Vorteil durch die Interpolation und Prädiktion mit GP erreicht werden kann. Abbildung 5 zeigt die lineare Interpolation auf der linken Seite auf Basis der befahrenen Trajektorie, die in Schwarz dargestellt ist. Das Resultat des GP für den gleichen Datensatz ist auf der rechten Seite dargestellt.

Abb. 5: Vergleich der GPR (rechts) mit einfacher Interpolation (links): Magnetfeldkarte der horizontalen Flussdichte



Für die Arbeit wurden Magnetfeldkarten auf Basis mehrerer Messfahrten in verschiedenen Bereichen der Hochschule aufgezeichnet. Abbildung 6 zeigt exemplarisch die qualitativen Ergebnisse für einen kleinen Bereich des Labors für Mess- und Sensortechnik an der Hochschule Offenburg.

Abb. 6: Exemplarische Magnetfeldkarte (horizontale Flussdichte) des Labors für Mess- und Sensortechnik



Die linke Seite zeigt die Interpolation der Messwerte, auf der rechten Seite ist ein Bereich der Karte dem Labor fotografisch überlagert. Hier zeigt sich qualitativ, dass metallische Strukturen gut abgebildet werden und als Merkmale für die Lokalisierung genutzt werden können. Die Karte ist metrisch korrekt und kann auf einfache Weise dem verwendeten Lokalisierungsalgorithmus zur Verbesserung der Positioniergenauigkeit zugeführt werden.

Zusammenfassung

Die Untersuchung zeigt, dass die Gaußprozess-Regression grundlegend geeignet ist, um aus einzelnen Messungen eine vollständige und nutzbare Karte kontinuierlicher Merkmale zu erzeugen. Die erstellten Karten weisen einen guten Detaillierungsgrad auf und zeigen beispielsweise Schaltschränke oder Heizkörper. Die Vorteile gegenüber weniger aufwendigen Verfahren liegen in der einfachen Einbindung neuer Messungen, der Verfügbarkeit eines Qualitätsmaßes in Form einer Kovarianzmatrix und darauf basierend der natürlichen Integration in stochastische Lokalisierungsverfahren. Die Modellierung erlaubt zudem das Einbringen von Randbedingungen und Modellwissen. Dies alles geht allerdings zu Lasten einer schnellen Berechnung.

Die Karten wurden mit einer Auflösung von fünf cm erstellt, das Potenzial für eine Positioniergenauigkeit liegt im Rahmen einiger Dezimeter bis Meter, was für die kontinuierliche Verbesserung und Driftkorrektur inertialer Sensoren bereits ausreicht.

AUTOREN



Prof. Dr.-Ing. Stefan Hensel
Laborleiter Mess- und Sensortechnik,
Mess- und Sensortechnik,
Bildverarbeitung, Robotik, Mechatronik
stefan.hensel@hs-offenburg.de



Tino Schwilk M. Sc.
Laborarbeit Angewandte Forschung

NeuRob: NeuroScience und Robotik

Prof. Dr. med. Andreas Otte, Prof. Dr.-Ing. Harald Hoppe

Nicht-invasives, nicht-ionisierendes funktionelles Neuroimaging mit räumlich und zeitlich hochauflösender Elektroenzephalographie oder Echtzeit-Naheinfrarotspektroskopie in Kombination mit modernen Robotersystemen ist ein entscheidender Entwicklungsschritt auf dem Gebiet der Neuroprothetik und Brain-Machine-Interfaces. In der Medizintechnik an der Hochschule Offenburg wird hierzu geforscht.

Non-invasive, non-ionizing functional neuroimaging using electroencephalography or real-time near-infrared spectroscopy with high spatial and temporal resolution combined with modern robotic systems poses an essential step forward in the field of neuroprosthetics and brain-machine-interfaces, in which the division of medical engineering at Offenburg University is conducting research.

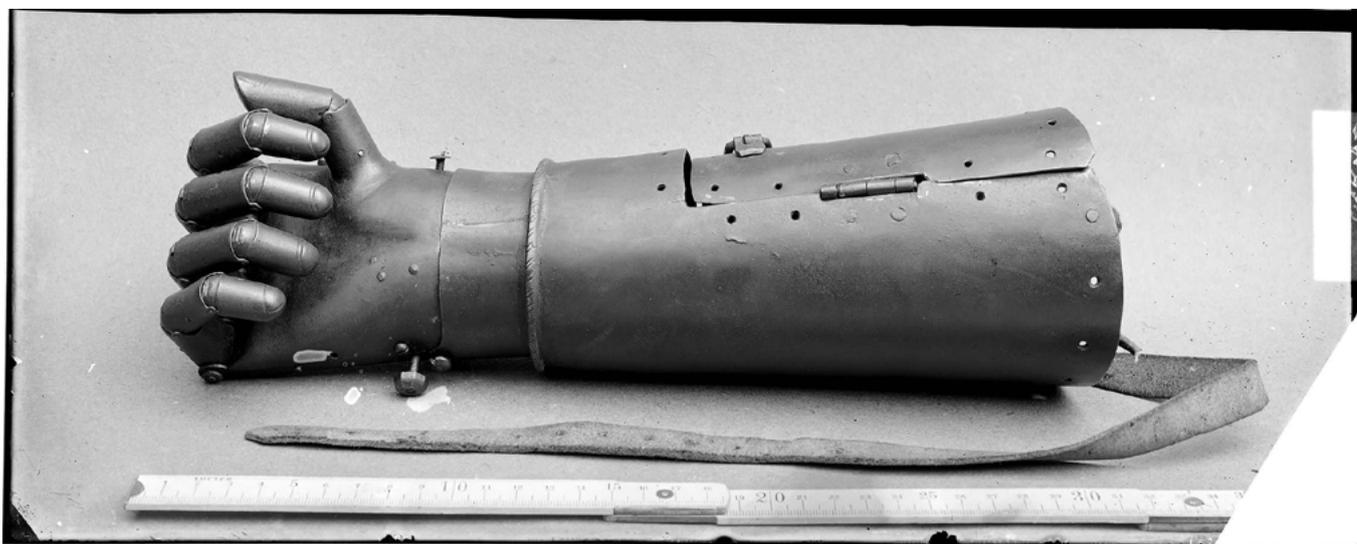


Abb. 1:
Zweite (jüngere) schmiedeeiserne Handprothese des Götz von Berlichingen in gebeugtem Zustand der Finger, die durch einen komplizierten Federmechanismus in ihren Gelenken durch Knopfdruck bewegt werden können. Glasnegativ von 1910. Quelle und Nutzungsbedingungen: Landesarchiv Baden-Württemberg, Abteilung Generallandesarchiv Karlsruhe 498-1 Nr. 936 Bild 1 / Fotograf: Wilhelm Kratt (1869–1949), Permalink <http://www.landessarchiv-bw.de/plink/?f=4-1078685-1>; <http://landessarchiv-bw.de/nutzungsbedingungen> [Zugriff: 11.12.2016]

Einführung

Innerhalb der letzten Jahre hat sich in den Neurowissenschaften ein deutlicher Trend in Richtung Neuroprothetik und Brain-Machine-Interfaces abgezeichnet. Für Menschen mit Querschnittslähmung (Para- bzw. Tetraplegiker) oder Amputation sind weltweit Forschungsprojekte und Entwicklungen im Gang, die den Verlust oder die Kontrolle über die Gliedmaßen wiederherzustellen versuchen. Dies kann auf verschiedenen Wegen erfolgen:

1. mithilfe einer mechanischen Prothese, wie wir sie in seinen Anfängen bereits als „Eiserne Hand“ (Abb. 1) bei dem Ritter Götz von Berlichingen (1480–1562) in auch für heutige Zeit komplexer Bauweise vorfinden können [1];
2. mit einer Roboterhand (Abb. 3) oder
3. durch direkte elektrische Ansteuerung der erhaltenen, jedoch nicht innervierten Muskulatur z. B. einer Hand [2-4].

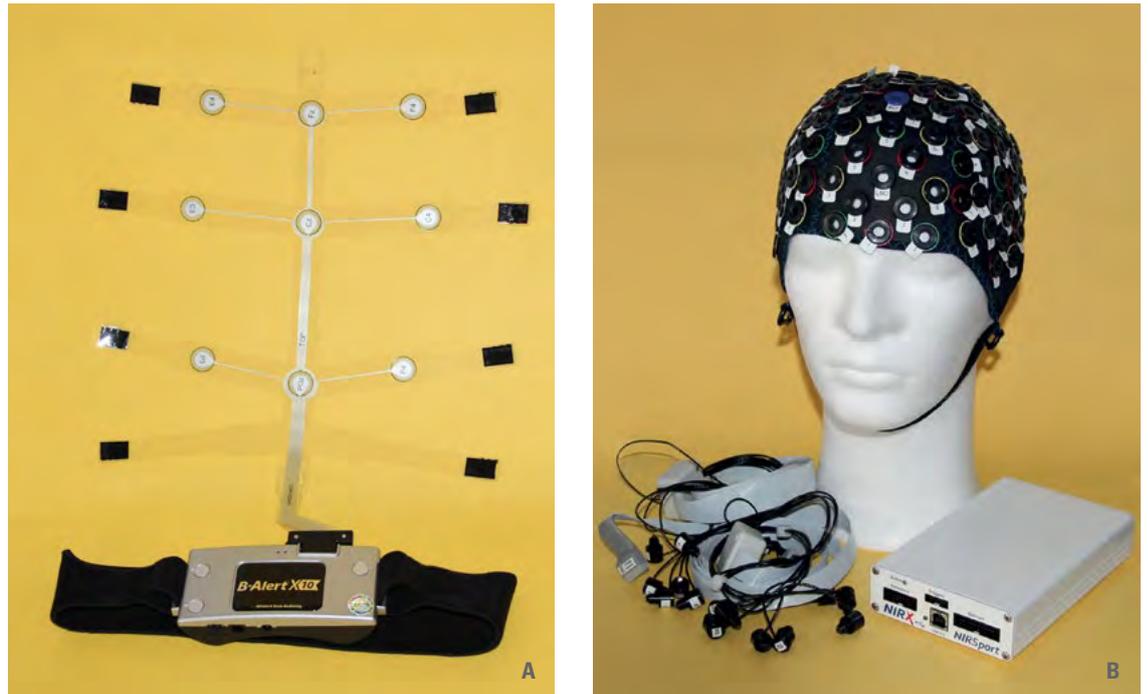
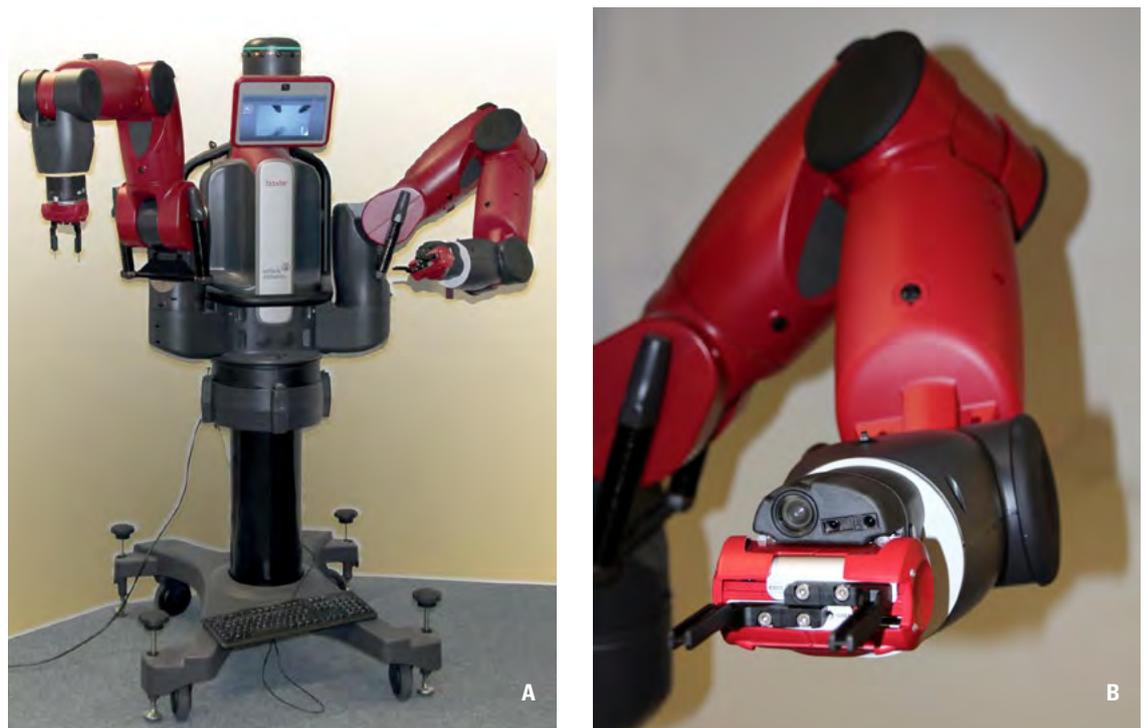


Abb. 2:
 Im Labor NeuroScience (Prof. Dr. A. Otte) verfügbares funktionelles Neuroimaging: A: mobiles 10-Kanal-EEG-System B-Alert X-10, Advanced Brain Monitoring, CA, USA / B: 8x8-Kanal NIRS-System NIRSport Model 88, NIRx Medical Technologies, NY, USA

Bei den letzten beiden Varianten ist es erstrebenswert, die Ansteuerung allein durch **Gedankenkraft** zu erzielen. Hierzu besteht prinzipiell die Möglichkeit, ein Signalmuster aus dem Inneren des Schädels direkt von der Oberfläche des Gehirns abzuleiten und dann mit der außen angebrachten „Maschine“ (Roboter, Reizelektrode für intakte Muskulatur) zu verbind-

den; alternativ eignen sich nicht-invasive Verfahren, die imstande sind, Gehirnfunktionen von außen abzugreifen und in Bewegungsvorgänge zu übersetzen. Dazu gehören räumlich und zeitlich hochauflösende elektroenzephalographische (EEG) und naheinfrarotspektroskopische (NIRS) Verfahren (Abb. 2).

Abb. 3:
 A: Im Labor für Computer-assistierte Medizin (Prof. Dr. Hoppe) verfügbarer Baxter Research Robot der Firma Rethink Robotics mit zwei Armen (jeweils sieben Freiheitsgrade) / B: Endeffektor (Greifer) mit integrierter Kamera



Aktuelle Projekte an der Hochschule Offenburg

Derzeit werden in dem oben geschilderten Zusammenhang in der Medizintechnik folgende Fragestellungen untersucht:

1. Welche Erkenntnisse lassen sich aus der o. a. Götzprothese für die heutige Medizintechnik ableiten?
2. Wie kann man Gedanken mit NIRS und EEG abgreifen, um eine Roboterhand zu bewegen?
3. Können – bezogen auf Brain-Machine-Interfaces – nichtinvasive Methoden zur Ableitung von Gehirnsignalen invasive Methoden ersetzen?
4. Inwiefern beeinflussen sensomotorische Deafferenzierung und neuronale Plastizität nach Amputation bzw. Querschnittslähmung die Programmierung künstlicher neuronaler Netze für die Steuerung von Robotern?
5. Wie lassen sich dem betroffenen Menschen sensorische Signale des Roboters (z. B. der Druck beim Greifen, das Fühlen der Hand) vermitteln (sensomotorische Rückkopplung)?
6. Wie kann man durch visuelles Feedback mit Mitteln der erweiterten Realität (augmented reality) humane Haptik verbessern bzw. ersetzen sowie die Mensch-Maschine-Interaktion sicherer und verlässlicher gestalten?

Dank

Wir danken Frau Lutz-Vogt vom IAF für die Anfertigung der Abbildungen 2 und 3.

AUTOREN



Prof. Dr. med. Andreas Otte
Medizintechnik, Fakultät Elektrotechnik
und Informationstechnik
andreas.otte@hs-offenburg.de



Prof. Dr.-Ing. Harald Hoppe
Medizintechnik, Fakultät Elektrotechnik
und Informationstechnik
harald.hoppe@hs-offenburg.de

Referenzen/References:

1. Ohnemus, D., Otte, A.: Medizinhistorische Fundstücke aus der (Neuro-) Prothetik: eine Online-Analyse. [Medical-historical findings of (neuro-) prosthetics: an online survey]. Arch Kriminol 2014; 234(5+6):201-208.
2. Otte A. The "neural bypass": New hope for spinal cord injury patients. Spine Research 2016; 2(2):18
3. Flesher, S.N. et al.: Intracortical microstimulation of human somatosensory cortex. Sci Transl Med 2016; 8(361):361ra141
4. Bouton, C.E. et al.: Restoring cortical control of functional movement in a human with quadriplegia. Nature 2016; 533(7602): 247-50

E-Feld-Simulation bei CRT und Ablation

Martin Krämer M. Sc., Dipl.-Ing. (FH) Reinhard Echle M. Eng.,
Prof. Dr.-Ing. Lothar Schüssele, Prof. Dr.-Ing. med. habil. Matthias Heinke

Die Entwicklung von neuartigen Elektrodentypen und die Weiterentwicklung bestehender Produkten machen einen großen Teil der entstehenden Kosten für ein Unternehmen aus. Mithilfe geeigneter Software können Änderungen der Konstruktionen erfasst und bestimmte Simulationen, bspw. das Auftreten von Wechselwirkungen im elektrischen Feld, vor der eigentlichen Prototypenerstellung durchgeführt werden. Das Ziel der Studie besteht in der Modellierung unterschiedlicher Schrittmacher- und Ablationselektroden und deren Integration in das Offenburger Herzrhythmusmodell (HRM) zur statischen und dynamischen Simulation der biventrikulären Stimulation und HF Ablation bei Vorhofflimmern (AF).

The development of innovative types of electrodes and the further development of existing products account for a large part of the resulting costs for a company. With the help of suitable software, changes of the constructions can be recorded and certain simulations, eg. the occurrence of interactions in the electric field, can be carried out before the actual prototyping. The aim of the study was to model different pacing and ablation electrodes and to integrate them into the Offenburg heart rhythm model (HRM) for the static and dynamic simulation of bivenricular stimulation and HF ablation in atrial fibrillation (AF).

Einleitung

Das elektrische Feld (E-Feld) der biventrikulären (BV) Stimulation ist bei Patienten mit Herzinsuffizienz und verbreiterem QRS Komplex von großer Bedeutung für den Erfolg der kardialen Resynchronisationstherapie (CRT). Die 3D Modellierung ermöglicht die Simulation der CRT und Hochfrequenz (HF) Ablation. Das Ziel der Studie besteht in der Modellierung unterschiedlicher Schrittmacher- und Ablationselektroden und deren Integration in ein Herzmodell zur statischen und dynamischen Simulation der BV Stimulation und Ablation bei Vorhofflimmern (AF) mithilfe der CST STUDIO SUITE® (CST Computer Simulation Technology AG, Darmstadt).

Methoden

Die Modellierung und Simulation erfolgte mithilfe der Konstruktions- und Simulationssoftware CST (Computer Simulation Technology, Darmstadt). Auf Basis der technischen Handbücher der Hersteller Medtronic und Biotronik wurden insgesamt fünf multipolare linksventrikuläre (LV) Elektroden, eine epikardiale LV-Elektrode, vier bipolare rechtsatriale (RA-)Elektroden, zwei rechtsventrikuläre (RV) Elektroden und ein HF Ablationskatheter modelliert (Abb. 1). Für die Simulation des E-Feldes während BV Stimulation wurde die Select Secure 3830, Capsure VDD-2 5038 und Attain

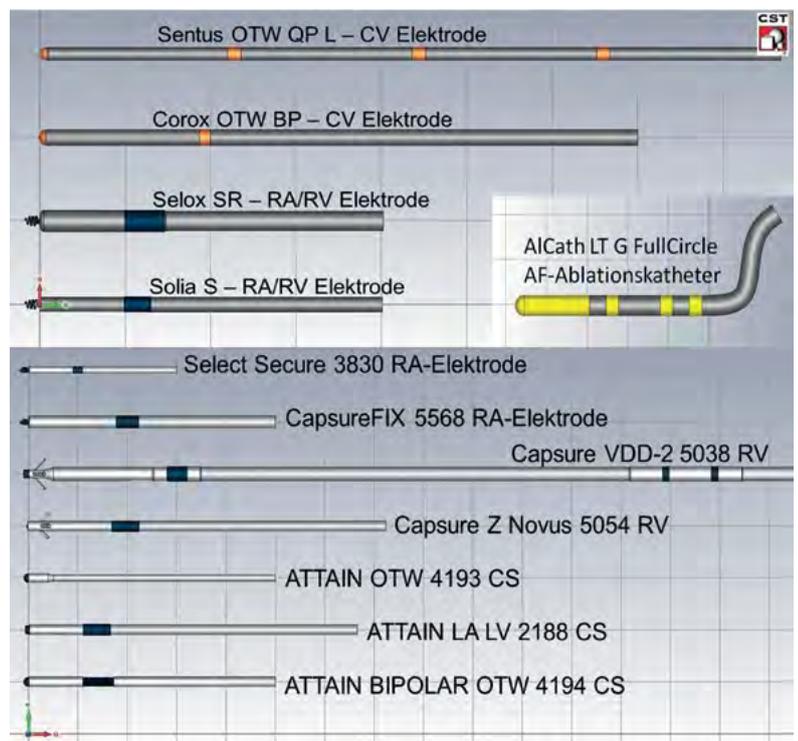


Abb. 1:
Übersicht über die verschiedenen modellierten RA-, RV-, LV-Elektrodenmodelle

OTW 4194 (Medtronic) in das Herzrhythmusmodell (Schalk, Offenburg [1]) integriert. Die Simulation einer AV-Knoten-Ablation bei CRT erfolgte mit RA-, RV- und LV-Elektroden und integriertem Ablationskatheter AICath LT G FullCircle (Biotronik)(Abb.2).

Ergebnisse

Die RV- und LV-Stimulation erfolgten zeitgleich bei einer Amplitude von 3 V an der LV-Elektrode und 1,5 V an der RV-Elektrode mit einer Impulsbreite von jeweils 0,5 ms. Die von der BV-Stimulationen erzeugten Fernpotentiale konnten von der RA-Elektrode wahrgenommen werden. Das Fernpotential an der RA -Elektroden Spitze betrug 32,86 mV. In 1 mm Abstand von der RA-Elektroden Spitze ergab sich ein Fernpotential von 185,97 mV (Abb. 3).

Die AV-Knoten Ablation wurde mit einer anliegenden Leistung von 5 W bei 420 kHz an der distalen 8 mm Ablationselektrode simuliert. Die Temperatur an der Katheterspitze betrug nach 5 s Ablationsdauer 103,87 °C, in 1 mm Abstand von der Katheterspitze im Myokard 44,17 °C und in 2 mm Abstand 37,61 °C. Nach 10 s betrug die Temperatur an den drei zuvor beschriebenen Messpunkten 107,33 °C, 50,87 °C, 40,05 °C und nach 15 s 118,42 °C, 55,75 °C und 42,13 °C. In Abbildung 4 ist die Temperaturentwicklung im Gewebe nach 1 s, 5 s und 15 s grafisch dargestellt und der Temperaturverlauf über die Gesamtablationsdauer von 30s an den vier Messpunkten wiedergegeben.

Schlussfolgerungen

Virtuelle Herz- und Elektrodenmodelle sowie die Simulationen von E-Feldern und Temperaturverläufen ermöglichen die statische und dynamische Simulation von vorhofsynchroner BV-Stimulation und HF-Ablation bei AF. Die 3D-Simulation von E-Feld und Temperaturverlauf können möglicherweise zur Optimierung der CRT- und AF-Ablation genutzt werden

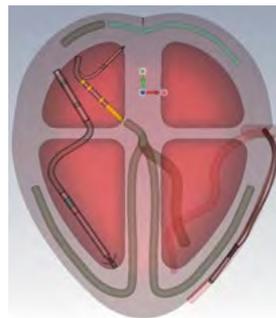


Abb. 2: CRT-Elektrodenanlage der Select Secure 3830, Capsure VDD-2 5038, Attain OTW 4194 und dem Ablationskatheter AICath LT G FullCircle im Herzmodell als Frontalansicht

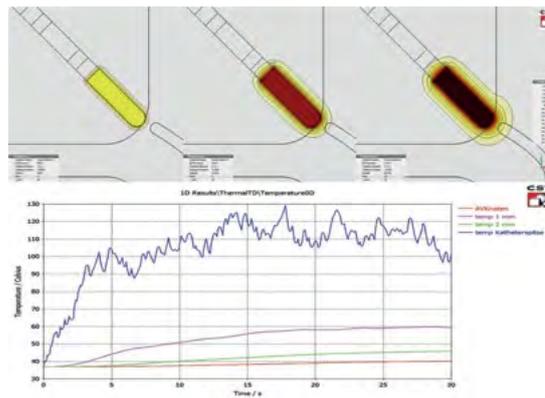


Abb. 3: v.o.n.u.: 2D-Ansicht der Potentialfeldausbreitung bei biventrikulärer Stimulation und Schnittebene auf Höhe der rechtsventrikulären Elektrode. Spannungsmessung während BV-Stimulation an verschiedenen Messpunkten entlang der rechtsatrialen Elektrodenachse

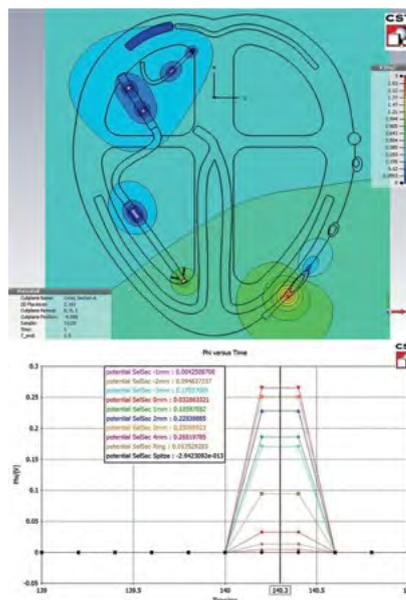


Abb. 4: v.o.n.u.: Ausbreitung der Temperatur zum Zeitpunkt T = 1 s, 5 s und 15 s nach Ablationsbeginn. Temperaturverlauf, gemessen über 30 s an vier verschiedenen Messpunkten in 1 mm Abständen, ausgehend von der Katheterspitze

Referenzen/References:
[1] M. Schalk (2016). Rhythmologisches Herzmodell und Simulation mit CST, Offenburg

AUTOREN



Martin Krämer M. Sc.
Absolvent Medizintechnik Fakultät E+I
kraemer-martin@gmx.net



Prof. Dr.-Ing. Lothar Schüssele
Wissenschaftlicher Leiter der Labore
Hochfrequenztechnik und EMV,
Mitglied IAF, Geschäftsführer des
Kuratoriums der Hochschule
l.schuessele@hs-offenburg.de



Dipl.-Ing. (FH) Reinhard Echle M. Eng.,
Akad. Mitarbeiter Fakultät E+I, Laborleiter
Hochfrequenztechnik und EMV, Laborleiter
Mobile Kommunikation und Wellen
reinhard.echle@hs-offenburg.de



Prof. Dr.-Ing. med. habil. Matthias Heinke
Praktikantenamtsleiter Medizintechnik und
Leiter Labor Kardiovaskuläre Gerätetechnik
und Rhythmologie
matthias.heinke@hs-offenburg.de

Herzrhythmusmodell zur Simulation von EPU und Ablation

Marco Schalk M. Sc., Dipl.-Ing. (FH) Reinhard Echle M. Eng.,
Prof. Dr.-Ing. Lothar Schüssele, Prof. Dr.-Ing. med. habil. Matthias Heinke

Die Simulation komplexer kardialer Strukturen und kardialer Elektroden ist von Bedeutung für die Optimierung langatmiger und kostspieliger klinischer Studien. Das Risiko der Patientengefährdung wird durch diese Methode auf ein Minimum reduziert. Das Ziel der Studie besteht im Entwurf eines anatomisch korrekten 3D CAD Herzrhythmusmodells (HRM) zur Simulation von elektrophysiologischen Untersuchungen (EPU) und Hochfrequenz-(HF-)Ablationen.

The simulation of complex cardiologic structures and cardiac electrodes have the potential to replace clinical studies due to its high efficiency regarding time and costs. Furthermore, the method is more careful for the patients' health than the conventional ways. The aim of the study was to create an anatomic 3D-CAD-heart rhythm model (HRM) as accurate as possible, and to show its usefulness for cardiac electrophysiological studies (EPS) and high-frequency (HF) ablations.

Einleitung

CST STUDIO SUITE® ist eine Simulationssoftware (CST Computer Simulation Technology AG, Darmstadt), mit der eine Vielzahl von elektromagnetischen Simulationen durchgeführt werden kann. Von großer Bedeutung für diese Arbeit ist der Niederfrequenzbereich mit Simulationen im Zeitbereich. Durch die Möglichkeit, materialunabhängig elektrische Potentiale anzulegen und Spannungspfade zu definieren, eignet sich die Software hervorragend für die Simulation von Erregungsleitungen innerhalb des Herzens und zur Simulation der elektrischen Herzstimulation und Elektrokardiographie mit intrakardialen und transösophagealen Elektrodenkathetern [1]. Das Ziel der Studie besteht im Entwurf eines anatomisch korrekten 3D-CAD-Herzrhythmusmodells (HRM) zur Simulation von elektrophysiologischen Untersuchungen (EPU) und Hochfrequenz-(HF-) Ablationen.

Methoden

Die Evaluierung vorhandener Herzmodelle führte zur Entscheidung ein eigenes Herzrhythmusmodell zu entwickeln, das auf spezielle rhythmologische Situationen zugeschnitten ist. Die Modellierung erfolgte mit dem CST 3D Modeler, der es ermöglichte, neben den vier Herzkammern das Erregungsbildungs- und Reizleitungssystem des Herzens zu modellieren. Die Material Library von CST beinhaltet eine Vielzahl von Materialien, die sich auf menschliches Körpergewebe beziehen. Dies ist ein weiterer Vorteil von CST, da in diesen Werkstoffen die notwendigen Parameter wie elektrische Leitfähigkeit oder Wärmekapazität enthalten sind. Ein besonderes Merkmal ist die Berücksichtigung der Gewebekühlung durch einen eingerechneten Blutfluss und Metabolismus [2-4].

Um die Elektrodenkatheter zu entwerfen, wurde auf frei erhältliche auf dem Markt etablierte multipolare Herzkatheter zurückgegriffen, die exakt in dem Modeler nachgebildet wurden. Berechnungsdauer und benötigte Speicherkapazität zeigten eine starke Abhängigkeit von den tetrahedralen Mesh-Einstellungen und von der gewählten Schrittweite der Simulation. An der Reizleitung des entwickelten Modells wurden unterschiedliche Ausbreitungssignale, Reizleitungszeiten, Spannungen sowie Monitoringparameter und Katheterpositionen für die EPU getestet (Abb. 1).

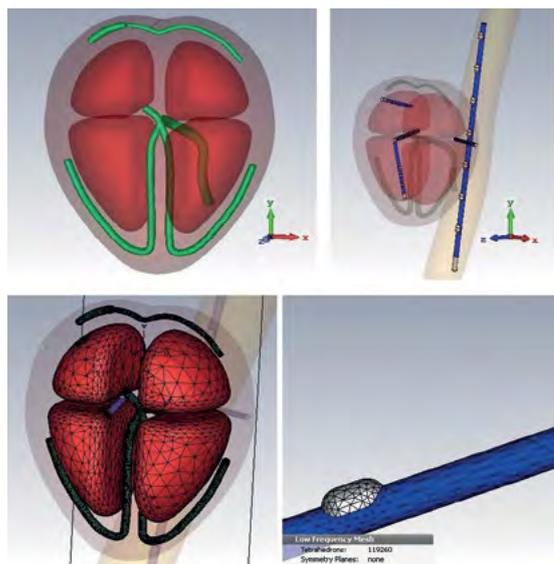


Abb. 1:
v.l.n.r.: CAD-Herzrhythmusmodell mit Erregungsleitung, Herzmodell mit positionierten Herzkathetern, tetrahedrales Mesh der Herzkammern und der Erregungsleitung, Ausschnitt des tetrahedralen Mesh des Oesophaguskatheters

Ergebnisse

Es wurde ein voll funktionsfähiges und funktionelles 3D-Herzrhythmusmodell mit Sinusknoten, Bachmann-Bündel, AV-Knoten, His-Bündel, rechts- und linksventrikuläre Tawaraschenkel konstruiert. Die Anatomie konnte auf Basis von MRT-Aufnahmen und anatomischen Schnittbildern maßstabsgetreu entworfen werden. Ebenso wurden verschiedene Elektrodenkatheter exakt nachgebildet und an geeigneten Stellen im Herzmodell positioniert. Sowohl die für die Herzkatheter verwendeten Materialien als auch die Gewebeparameter der Herzanatomie und Rhythmologie, waren sehr gut für die Simulationen geeignet.

Die Funktion des Monitorings an definierten Punkten ermöglichte die Ableitung simulierter Eigensignale des Herzens mithilfe unterschiedlicher Elektroden der multipolaren Elektrodenkatheter. Die zeitliche Darstellung einer elektrischen Herzaktivität konnte durch LF-Time-Domain-Solver als E-Feld problemlos visualisiert werden. Da sich unterschiedliche Anregungssignale innerhalb der Software erstellen lassen, war die Rekonstruktion von unterschiedlichen Herzrhythmen realisierbar. Eine weitere Möglichkeit der Software bestand in der thermalen Simulation. Hier konnten Wärme- und Leistungsquellen simuliert werden und je nach gewünschtem Ergebnis statisch oder im Zeitbereich über eine definierte Zeitspanne berechnet werden. Durch die Simulati-

on von Leistungsquellen im Zeitbereich konnte eine Therapie in Form einer HF-Ablation durch die Möglichkeit der Definition eines hochfrequenten Sinussignals dargestellt werden.

Die Ergebnisse sind sowohl in animierter, ein- und zweidimensionaler Form plausibel und aussagekräftig. Mit dem neuen HRM wurden Parameter definiert, um Sinusrhythmus, elf unterschiedliche bradykarde und tachykarde Herzrhythmusstörungen (Abb. 2, 3), drei antibradykarde Herzstimulationen (Abb. 4) und fünf verschiedene HF Ablationen (Abb. 5) zu berechnen. Die simulierten Fallbeispiele veranschaulichen die rhythmologische Funktionsweise des Herzens und die elektrischen Abläufe im Rahmen der Diagnostik und Therapie von Herzrhythmusstörungen optimal.

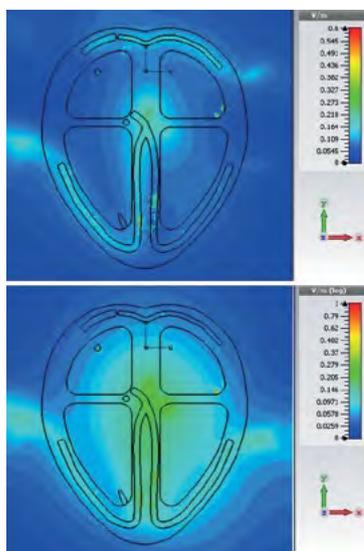


Abb. 2:
v.o.n.u.:Darstellung eines simulierten linksanterioren Hemiblocks zum Zeitpunkt der ventrikulären Erregung, Darstellung eines simulierten Sinusknotensyndroms zum Zeitpunkt der atrioventrikulären Erregung durch den Ersatzrhythmus

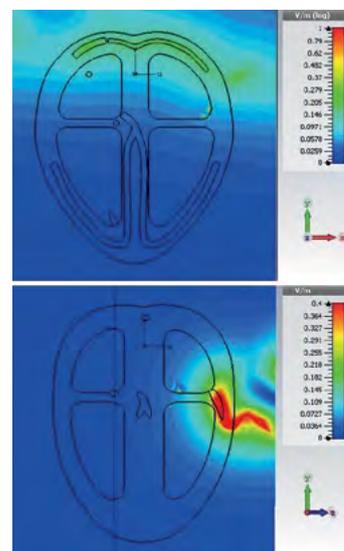
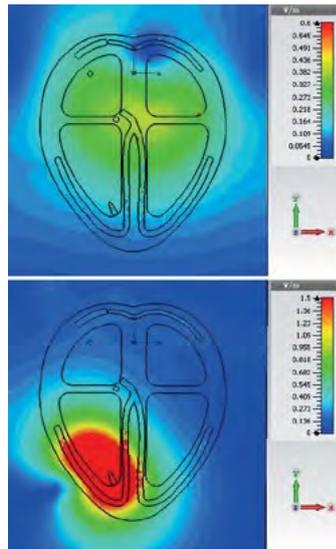


Abb. 3:
v.o.n.u. Darstellung eines simulierten AV-Blocks III.° zum Zeitpunkt der Vorhoferregung, Darstellung einer simulierten WPW-Tachykardie zum Zeitpunkt der Erregung der Kent-Bahn

Referenzen/References:

- [1] M. Heinke, H. Kühnert, T. Heinke, J. Tumamos, G. Dannberg: Electrical Left Atrial Conduction Delay with Focused Transesophageal Electrocardiography in Cardiac Resynchronization Therapy. D.A. Jaffray (ed.), World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, June 7-12, 2015, Toronto, Canada, IFMBE Proceedings 51, DOI: 10.1007/978-3-319-19387-8_255
- [2] Benjamin Loader (2013). Applications of CST to modelling human interaction with EM fields: a metrological perspective. https://www.cst.com/Content/Articles/article749/NPL_B%20Loader%20CST%202013_web%20friendly.pdf, Abruf am 11.05.2016
- [3] Hubert J. Visser (2015). Taking ECG Signals from a human voxel model. file:///E:/Uni/Master%20Thesis/Recherche%20Voxel%20Modelle/Visser-MUL-LAPC2015-2016-Vol14-Mar_Apr-009%20Taking%20ECG%20Signals%20from%20.....pdf, Abruf am 11.05.2016
- [4] CST (2013). Modeling Temperature Effects of RF Thermoablation in a Human Liver using the Bioheat Formulation in CST STUDIO SUITE. <https://www.cst.com/Applications/Article/RF-Thermoablation-In-A-Human-Liver-Using-The-Bioheat-Formulation-In-CST-STUDIO-SUITE>, Abruf am 15.05.2016

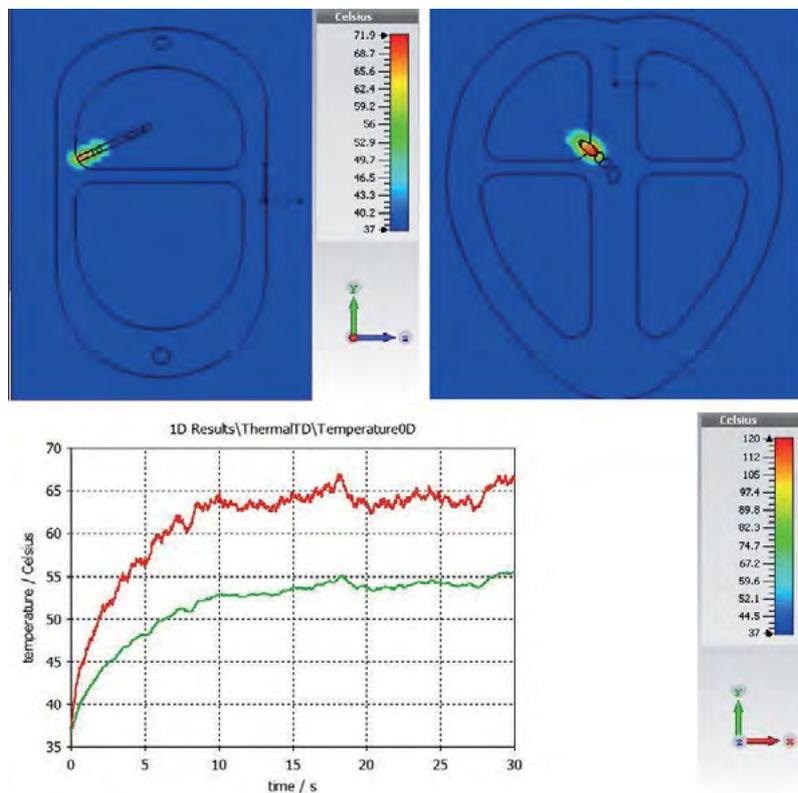
Abb. 4:
v.o.n.u. Darstellung einer simulierten transoesophagealen Vorhofstimulation durch den Oesophaguskatheter, Darstellung einer simulierten vorhofgesteuerten Ventrikelstimulation



Schlussfolgerungen

Das erstellte Herzrhythmusmodell mit integrierten multipolaren Elektrodenkathetern ermöglicht die elektrische Feldsimulation von EPU und die thermale Simulation von HF Ablationen im Rahmen der Diagnostik und Therapie von bradykarden und tachykarden Herzrhythmusstörungen. Die Simulationen von Braykardien, Tachykardien, Elektrostimulation, Elektrokardiographie und HF-Ablation können potentiell die Diagnostik und Therapie von Herzrhythmusstörungen, klinischen Studien sowie Lehre und Forschung unterstützen.

Abb. 5:
v.l.n.r.: Darstellung einer simulierten Isthmus-Ablation bei rechtsatrialem Vorhofflattern, Darstellung einer simulierten Fast-Pathway-AV-Knoten-Modulation bei AV-Knoten-Reentrytachykardie (AVNRT), grafisch dargestellter Temperaturverlauf an der Katheterspitze (rot) und in 1mm Gewebetiefe (grün) bei der simulierten Isthmus-Ablation bei rechtsatrialem Vorhofflattern



AUTOREN	
	<p>Marco Schalk M. Sc., Absolvent Medizintechnik Fakultät E+I marcoschalk@hotmail.com</p>
	<p>Prof. Dr.-Ing. Lothar Schüssele Wissenschaftlicher Leiter der Labore Hochfrequenztechnik und EMV, Mitglied IAF, Geschäftsführer des Kuratoriums der Hochschule l.schuessele@hs-offenburg.de</p>
	<p>Dipl.-Ing. (FH) Reinhard Echle M. Eng., Akad. Mitarbeiter Fakultät E+I, Laborleiter Hochfrequenztechnik und EMV, Laborleiter Mobile Kommunikation und Wellen reinhard.echle@hs-offenburg.de</p>
	<p>Prof. Dr.-Ing. med. habil. Matthias Heinke Praktikantenamtsleiter Medizintechnik und Leiter Labor Kardiovaskuläre Gerätetechnik und Rhythmologie matthias.heinke@hs-offenburg.de</p>

Production Intelligence: Clustering of Defects on a Metal Work Piece

Ruth Tesfaye Zibello M. Sc., Prof. Dr. rer. nat. Stephan Trahasch, Prof. Dr. rer. nat. Tobias Lauer

Dieser Beitrag stellt die Anwendung von verschiedenen Clustering-Verfahren zur Bewertung von Oberflächenqualitäten bei der Verarbeitung von Blechen vor. Im Fokus stehen dabei Defekte am Rand der Bleche, die sich im Zeitverlauf durch Verschleiß der Maschinen ergeben. Mit der Single-Linkage Distanzmethode konnten Cluster erkannt werden, die auf einen zukünftigen Verschleiß hinweisen.

This work describes the application of a single-linkage hierarchical clustering method. The goal of this study is to group defects that occur during the bending of a car panel in manufacturing. The area of interest for clustering defects is 5 mm into work piece from the edge i.e. border of work piece. Defects outside the area of interest have been removed as outliers. Better results have been achieved using a single-linkage method according to the assumptions made for the performance criteria.

The study addresses the problem of detecting clusters of defects around the border of a metal work piece in the manufacturing process of car body parts. The objective is to realize the increase of defect elements on the border and also to decide at which point in time the machine requires sharpening or change of blade. Hierarchical clustering is the approach used to obtain clusters of defects. Variant linkage metrics were sought out during the study. Single linkage method presented better results according to the performance criteria of this application. In the following sections theoretical concepts of hierarchical clustering, the structure of the data and experimental evaluation of the method approached are discussed respectively.

The general background of cluster analysis is to find clusters (groups) those elements are close to each other by some notion of distance between them given a set of observations in a dataset. Hierarchical clustering is such one kind method that creates a sequence of nested partitions, i.e. a hierarchy of clusters visualized in an upside down tree-like structure called dendrogram. The clusters in the hierarchy range from the lowest level of the tree (the leaves), consisting of each observation in its own cluster, to the highest level (the root), consisting of all points in one cluster. There are two approaches of applying hierarchical clustering: agglomerative and divisive. Agglomerative clustering works in a bottom-up manner

where each object is initially considered as a single-element cluster (leaf). It repeatedly merges pairs of similar clusters until all points are clustered into one root cluster. Divisive clustering just does the counterpart working in a top-down manner, starting from a root cluster and recursively splitting heterogeneous clusters until each point is in its own cluster. [1] [2]

Merging and splitting of clusters is performed based on similarity/dissimilarity measures. In order to measure the dissimilarity between clusters of observations, different cluster agglomeration (linkage) methods are available. Among the available linkage methods, the common types are complete (maximum), single (minimum), average, centroid and Ward's minimum variance method. These linkage methods use the maximum, minimum or average value of the computed pairwise dissimilarity distance measure to link clusters. The centroid and Ward's minimum variance methods compute the dissimilarity between centroids and minimum total within-cluster variance respectively between clusters to merge clusters at each step. For our work, agglomerative clustering with single linkage method based on Euclidean distance was used to conduct the formation of clusters. In order to identify clusters, the dendrogram should be cut at a certain height or number of clusters to group observations, specified by the user. In this study, the number of clusters was specified and it was also dependent on the size of the dataset.

To specify the number of clusters the heuristic formula in [3] has been used:

$$n_c = \max\left(2, \frac{n}{10}\right)$$

This was used to make number of clusters depend on the number of observations in the dataset and also to ensure that outliers are isolated in small clusters. The dataset used in the project is a synthetically generated set of observations for the metal work pieces (800 mm x 100 mm) of a car panel. About 25,000 datasets have been generated to be analyzed. Records in the dataset represent defects that occur during the bending of the work piece in the production line. Each dataset contains n observations and k variables and its structure is described below.

ID	X	Y	D	C
represents the n^{th} work piece (0 -24999)	horizontal axis of the work piece in mm (0-799)	horizontal axis of the work piece in mm (0-799)	depth of the defects in μm (micrometers)	category (types) of defects

Tab. 1:
Data structure of Metal Work Piece Data

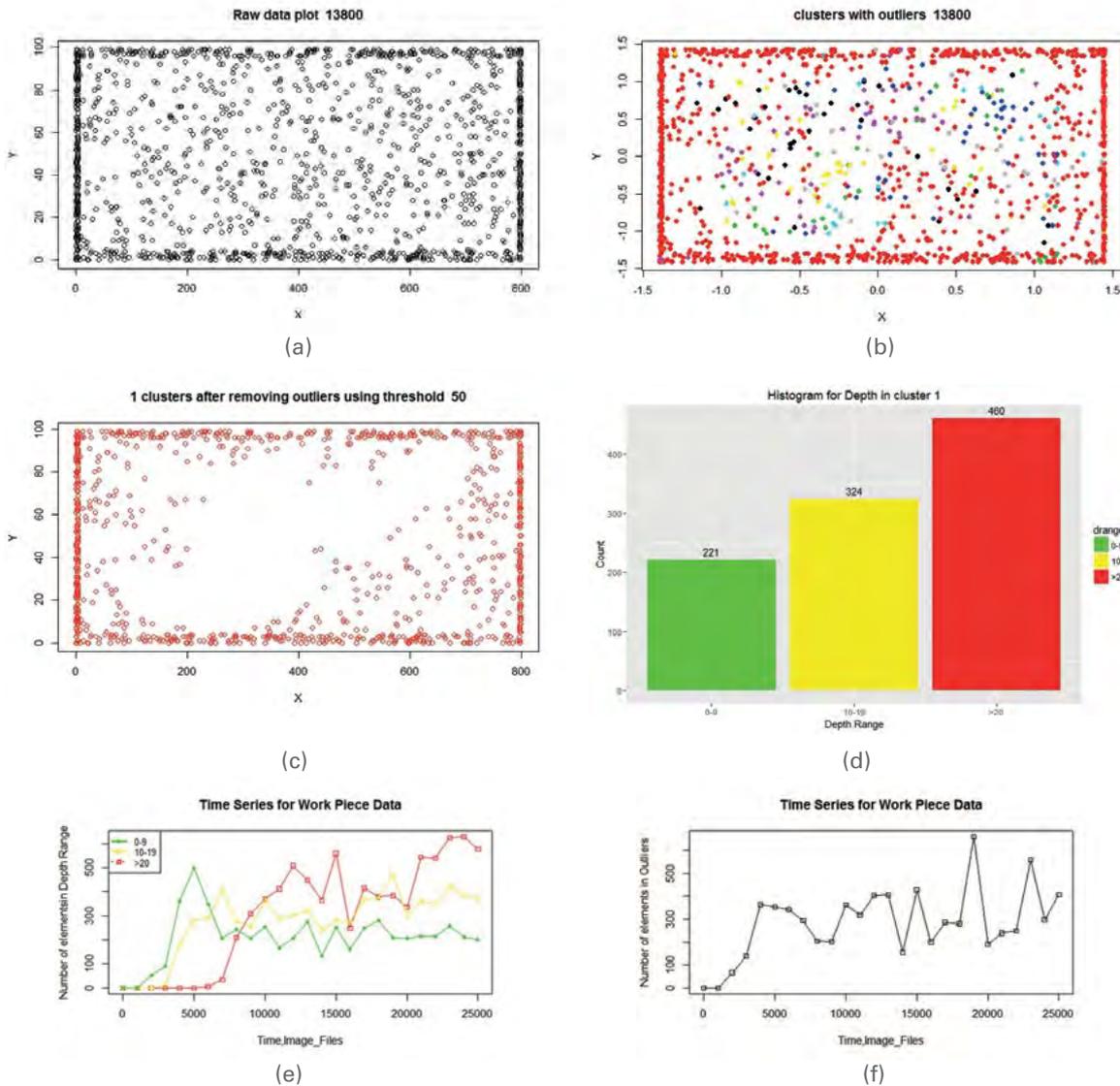
The variables of interest for the clustering analysis are the locations of the defect (i.e. X and Y variables) and the depth of the defect (D). Since the variables X, Y and D were measured with different units, they had to be standardized (scaled) in order to make them comparable. Variables ID and C are of no influence to the formation of clusters, hence they are avoided as inputs to the clustering technique.

In order to assess whether or not the datasets had meaningful clusters, a statistical clustering tendency method named Hopkins statistic was applied. Hopkins statistic measures the feasibility of clustering by testing the spatial randomness of data. The result value of a Hopkins statistic is a probability which indicates whether the given data (D) has non-random structure or is uniformly distributed. The mean of the nearest neighbor distance in a simulated dataset (random D) divided by the sum of the mean nearest neighbor distances in the real (D) and across the simulated dataset give the Hopkins statistical probability (H). If the value of H is less than 0.5, then it is concluded that the dataset D has meaningful clusters. [2]

$$H = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{\sum_{i=1}^n x_i + \sum_{i=1}^n y_i} \begin{cases} x_i: \text{mean nearest neighbor of real } D \\ y_i: \text{mean nearest neighbor of random } D \end{cases}$$

The key idea behind the outlier detection methodology was to use the size of the resulting initial clusters as indicators of the presence of outliers. The outliers in this case would be the clusters with number of elements less than the threshold (τ) parameter. τ was fixed to 50 and can be replaced based on any performance criteria a production manager sees fit. In Figure 1 the original data and the results obtained through out the process of clustering and removing outliers is portrayed for a sample dataset (dataset 13800). The sample data set contains 1351 observations and 5 variables; results to 135 initial clusters as shown in Figure 1b. One final cluster is available with number of elements greater than τ . The remaining 134 clusters are removed as outliers and these were defects that were further away from the border of the work piece. After clustering and removing outliers the further interest in analysis was to see the available defect depth ranges within each cluster. Figure 1d shows histogram of depth ranges classified as 0-9, 10-19 and > 20 for the available final clusters. For dataset 13800 it shows that the work piece has defects with depth > 20 μm within its final cluster. This result can be used as an indicator that this work piece will not make it as a car body part and also as an indicator for an overdue change or sharpening of the blade used in production.

A time series of how defects with high depths are growing across the manufacturing process and also the growth of outliers across all datasets with a step size of 1000 files are illustrated in Figure 1 e & f on page 68.



AUTOREN



Ruth Tesfaye Zibello M. Sc.
Akademische Mitarbeiterin, Fakultät
Elektrotechnik und Informationstechnik
ruth.zibello@hs-offenburg.de



Prof. Dr. rer. nat. Stephan Trahasch
Fakultät E+I, Forschungsgr. Analytics und
Data Science, Lehrgebiete: Data Mining,
Big Data Analytics, IT-Security,
stephan.trahasch@hs-offenburg.de
http://analytics.hs-offenburg.de



Prof. Dr. rer. nat. Tobias Lauer
Fakultät E+I, Forschungsgruppe Analytics
und Data Science,
Lehrgebiete: Parallele Programmierung,
Betriebssysteme
tobias.lauer@hs-offenburg.de

Referenzen/References:

- [1] M. J. Zaki and W. J. Meira, Data Mining and Analysis: Fundamental Concepts and Algorithms, Cambridge University Press, 2014.
- [2] A. Kassambra, „STHDA: Statistical Tools For High-Throughput Data Analysis“, [Online]. Available: <http://www.sthda.com/english/wiki/cluster-analysis-in-r-unsupervised-machine-learning>. [Accessed July 2016]
- [3] A. Loureiro, L. Torgo and C. Soares. Outlier Detection Using Clustering Methods: a Data Cleaning Application. In Proceedings of KDDNet Symposium on Knowledge-based systems for the Public Sector (2004)

BETRIEBSWIRTSCHAFT UND WIRTSCHAFTSINGENIEURWESEN

Die vielfältigen Forschungsaktivitäten spiegeln die breite fachliche Aufstellung der Fakultät B+W wider. Sie reichen von anwendungsnaher Forschung in den Bereichen Handel und e-Commerce über das Data Mining bis hin zu ingenieurwissenschaftlichen Aufgabenstellungen. Dabei ist aktuell die enge Verzahnung von Wirtschaftsinformatik und Wirtschaftsingenieurwesen unter dem Schlagwort „Industrie 4.0“ ein wichtiger Ansatz für die gemeinsame bereichsübergreifende Forschung.

Grundlage für diese Forschungsarbeit sind die vielfältigen Labore der Fakultät B+W, die sowohl die Bereiche Marketing und e-Commerce, aber auch Wirtschaftsinformatik und Lean-Produktion umfassen. Auch im letzten Jahr konnten einige Labore neu eingerichtet bzw. erweitert werden. Dazu wurden umfangreiche Mittel u.a. aus bundesweiten Programmen erfolgreich eingeworben – so stehen für die Forschung seit kurzem z. B. eine Biaxialprüfmaschine und ein Leichtbauroboter für sensitive Montagearbeiten zur Verfügung. Zudem konnte im Labor Rapid Prototyping ein neuer 3D-Multimaterialdrucker in Betrieb genommen werden, der bis zu sechs Materialien gleichzeitig verarbeiten kann. Diese gute Ausstattung der Labore und ihre stetige Forschungsarbeit schlagen sich auch in der steigenden Zahl ihrer kooperativen Promotionen nieder. Ein weiteres Indiz für erfolgreiche Forschung an der Fakultät B+W ist die Einwerbung von Drittmitteln, wie z. B. für „die Untersuchung der Hochschulsteuerung auf Basis eines kaufmännischen Rechnungswesens“. Die regionale Wirtschaft nutzt dabei gern die umfangreiche Expertise der Fakultät für eine direkte Zusammenarbeit in Forschungsprojekten. So konnte das Labor Innovationsmanagement in Zusammenarbeit mit einem regionalen Partner erweitert werden.

Darüber hinaus ist in den letzten Jahren die Kooperation zwischen den Fakultäten stark ausgebaut worden. So ist die Wirtschaftsinformatik ein Teil der fakultätsübergreifenden Forschungsgruppe Business Analytics.



Das Labor Prototyping entwickelte in Zusammenarbeit mit dem Institut IUAS zwei 3D-gedruckte Unmanned Aerial Vehicles „UAVs“, die hervorragende Flugeigenschaften aufweisen (Hintergrundbild). Diese Arbeit wird aktuell im Forschungsprojekt ELCOD auf internationaler Ebene fortgesetzt. Hier arbeiten Kollegen aus drei Fakultäten der Hochschule Offenburg mit Forschern aus Frankreich gemeinsam an der Entwicklung eines Langstrecken-UAVs, das z. B. zum Umwelt-Monitoring genutzt werden kann.

Dekan Prof. Dr. Philipp Eudelle

Beurteilung zustimmungspflichtiger Geschäfte

Dr. Marc Lehnen, Prof. Dr. rer. pol. Habil. Matthias Graumann

Der Übernahme eines anderen Unternehmens muss regelmäßig auch der Aufsichtsrat zustimmen. Hierbei ist u.a. zu prüfen, ob der Entscheidung des Vorstands eine angemessene Information zugrunde liegt. Wann ist davon auszugehen? Im Forschungsprojekt wird eine Antwort auf diese Frage für den Fall gesucht, dass der Vorstand die Übernahmeentscheidung mit der Erwirtschaftung von Synergien begründet.

According to German corporate law, certain major decisions made by the executive management team ("Vorstand") requires the approval of the company's supervisory board. A company takeover is usually deemed to be such a decision. In order to evaluate the pros and the cons of the takeover, the board directors need to check whether the decision is based on adequate information. We investigate into the question how this can be achieved when the decision on a takeover is based on assumed future synergies.

Das deutsche Gesellschaftsrecht fordert Vorstand und Aufsichtsrat dazu auf, stets die Sorgfalt eines ordentlichen und gewissenhaften Geschäftsleiters walten zu lassen. Wie sich diese Forderung in konkreter Entscheidungssituation erfüllen lässt, ist Thema eines Forschungsprogramms der Hochschule Offenburg, das in verschiedene Teilfragen aufgefächert ist. Gegenwärtig wird untersucht, wie der Aufsichtsrat prüfen kann, ob der Vorstand bei einer anvisierten Unternehmensübernahme über einen angemessenen Informationsstand verfügt. Dabei wird der praktisch relevante Fall betrachtet, dass der Vorstand die Übernahme vorrangig mit erwarteten Synergien begründet.

Für die Unterstützung des Aufsichtsrats wurde bereits ein Verfahren entwickelt, das auf der in Abbildung 1 gezeigten Konzeption eines rationalen Entscheidungsprozesses basiert. Zwar betrifft die gesellschaftsrechtliche Forderung nach angemessener Information alle Phasen dieses Prozesses. Eine besondere Bedeutung erlangt jedoch die Prognosephase, da hier nicht nur die Vorteile, sondern insbesondere auch die Risiken aufgezeigt werden müssen, die mit der Übernahme verbunden sind. Bei den Prognosen hat der Aufsichtsrat daher besonders sorgfältig zu prüfen, ob wirklich ein angemessener Informationsstand vorliegt oder aber nicht. Für diese Prüfung wird ein zweistufiges Verfahren vorgeschlagen.

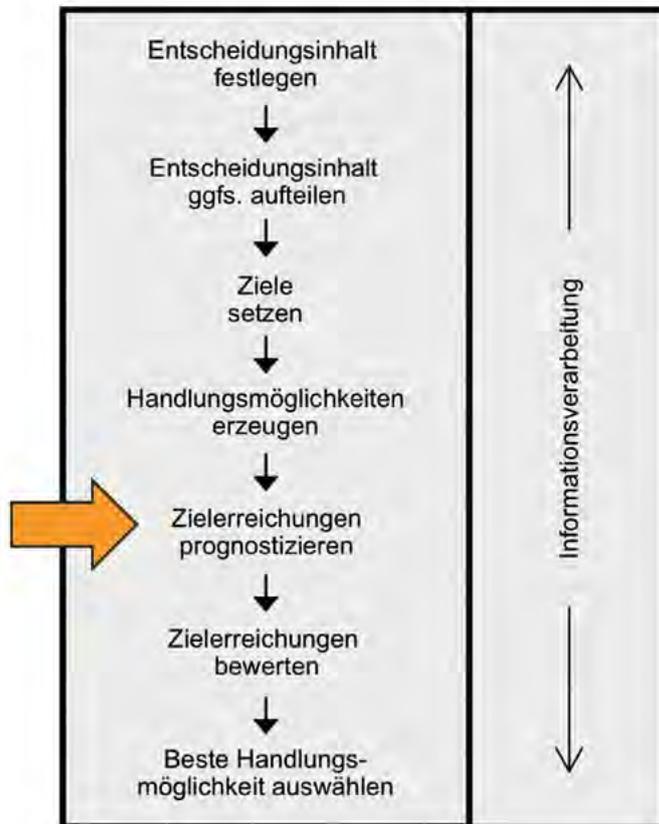


Abb. 1:
Phasen eines rationalen Entscheidungsprozesses

In Stufe eins muss sich der Aufsichtsrat eine Meinung darüber bilden, ob der vorliegende Granularitätsgrad der Prognosen angemessen ist. Sind die Prognosen noch zu grob oder sind sie bereits ausreichend fein? Für die Beantwortung dieser Frage ist es zweckmäßig, Synergien in verschiedene Arten zu zerlegen. Hierfür bieten sich etwa an:

- Typ der Synergie (z.B. Kostensynergien, Ertragssynergien, Finanzierungssynergien),
- betroffene Teilfunktionen bzw. Prozesse (z. B. F&E, Einkauf, Produktion, Vertrieb, Verwaltung),
- Art der Kosten (z.B. Personalkosten, Sachkosten),
- betroffene Standorte in ggfs. unterschiedlichen Ländern,
- zeitlicher Hochlauf bzw. Eintritt der Synergien (ein Jahr, zwei Jahre usw.).

Zwar ermöglichen auch eindimensionale Synergieprognosen schon erste Eindrücke. Ein deutlich größeres Erkenntnisniveau erlangt der Aufsichtsrat indes durch die Kombination unterschiedlicher Synergiearten. Wenn man etwa den Typ der Synergie, die betroffene Teilfunktion und den Standort miteinander kombiniert, könnte daraus die Synergie „Kostenreduktion in Verwaltungsfunktionen, aufgeteilt nach betroffenen Ländern“ resultieren.

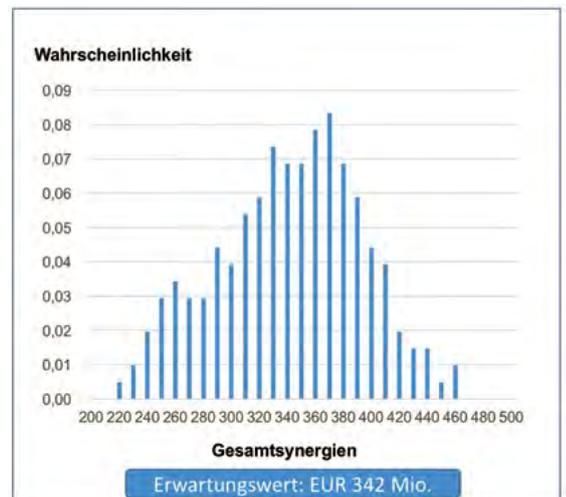
In Stufe zwei sollte sich der Aufsichtsrat klarmachen, dass auch Prognosen mit angemessenem Granularitätsgrad unsicher sind und in ihren zukünftigen Ergebnissen entlang ganz unterschiedlicher Wahrscheinlichkeitsverteilungen streuen können. Zu fragen ist daher, wie man diesem Phänomen angemessen Rechnung trägt, ohne Vorstand und Aufsichtsrat zu überfordern und handlungsunfähig zu machen. Der dem Gesellschaftsrecht entnommene Begriff der „angemessenen Information“ erfordert ja gerade keine Maximierung des Erkenntnisstands. Vielmehr wird ausdrücklich konzediert, dass eine zunehmende Erkenntnis gegen den damit verbundenen Zeit- und Geldaufwand abzuwägen ist, was ggfs. zu einem Abbruch der Informationsaktivitäten führt.

Eine in der Praxis gängige Methode, Unsicherheit bei Prognosen zu berücksichtigen, besteht in der Durchführung von Szenarioanalysen. Hierbei wird üblicherweise das Synergie-Basisszenario um eine pessimistische und eine optimistische Alternative ergänzt, und der Aufsichtsrat bildet sich auf dieser Grundlage ein Urteil über das mit der Übernahme verbundene Risiko. Ein solches Vorgehen ist grundsätzlich vernünftig, zu fragen ist gleichwohl, ob das Denken in aggregierten Szenarien stets einen ausreichenden Erkenntnisstand impliziert. Man mache sich klar, dass das pessimistische

Szenario dem Aufsichtsrat sozusagen das ‚untere Ende‘ der Erwartungen suggeriert. Das ist zwar angemessen in dem Fall, dass die erwarteten Ergebnisse bestimmter Synergiearten normalverteilt sind, überschaubare Standardabweichungen aufweisen und als weitgehend unabhängig von anderen Synergiearten gelten dürfen. Das Vorgehen erzeugt aber eine falsche Sicherheit in Situationen, in denen die Wahrscheinlichkeitsverteilungen von solchen ‚angenehmen‘ Verteilungen abweichen, weil Normalverteilungen beispielsweise sehr große Varianzen aufweisen oder gar binären Charakter annehmen – letzteres betrifft regelmäßig Synergie, die vom Erfolg eines oder weniger Entwicklungsprojekte abhängen, die gelingen oder aber scheitern können.

Dies führt zu der Frage, ob vom Aufsichtsrat unter dem Gesichtspunkt der Risikoabschätzung vielleicht doch zu fordern ist, dass er sich über einfache Szenarioanalysen hinaus expliziter mit Sensitivitätsanalysen befasst und ggfs. sogar darauf dringt, dass anstelle der Szenarien ganze Wahrscheinlichkeitsverteilungen für die Synergien simuliert und diskutiert werden, wie das Abbildung 2 zeigt. Auch auf diese Frage soll das Forschungsprojekt eine Antwort geben.

Abb. 2:
Simulierte
Wahrscheinlichkeits-
verteilung der
Gesamtsynergien



AUTOREN



Dr. Marc Lehnen
vormals Senior Vice President „Global Integration Management“ Actavis, Plc



Prof. Dr. rer. pol. habil. Matthias Graumann
Fakultät B+W
Professor für Betriebswirtschaftslehre,
Unternehmensführung und Organisation
matthias.graumann@hs-offenburg.de

Intelligenter Spritzguss

Urban Himmelsbach M. Sc., Matthias Lai M. Sc., Matthias Waßmer M. Eng.,
 Prof. Dr.-Ing. Jürgen Köbler, Prof. Dr. rer. nat. Johannes Vinke, Prof. Dr.-Ing. Thomas Wendt

Mit Einführung von Industrie 4.0 werden zunehmend mehr am Produktionsprozess beteiligte Systeme miteinander vernetzt und tauschen wichtige Daten untereinander aus. In der Spritzgusstechnik hat diese Entwicklung noch wenig Einzug gehalten, insbesondere die Kommunikation zwischen Werkzeug und Maschine findet nicht statt. Zusammen mit dem Projektpartner „POLAR-FORM“ wird das „intelligente Spritzgusswerkzeug“ entwickelt, dass diese wichtigen am Fertigungsprozess beteiligten Systeme miteinander vernetzen.

In course of industry 4.0 more and more systems involved in production processes are being linked together and exchanging process data with each other. In injection molding technology this development hasn't been introduced especially communication between tool and injection molding machine. With our project partner "POLAR-FORM" smart injection molding tool is developed which links these important systems in production process.

Einleitung

In der Spritzgusstechnik wurden in den letzten 100 Jahren mehr als 100 Sonderverfahren etabliert, beispielsweise der „Mehrkomponenten-Spritzguss“. Diese Verfahren haben einen sehr ausgereiften Entwicklungsstand erreicht, und der deutsche Spritzguss-Werkzeugbau gerät in dieser Situation unter zunehmenden internationalen Wettbewerbsdruck.

Zur Wahrung der Wettbewerbsfähigkeit kommt aufgrund steigender Prozesskomplexität der Optimierung von Prozessführung und Bedienabläufen eine zentrale Bedeutung zu. Aufgrund fehlender Intelligenz zwischen

Spritzgusswerkzeug und -maschine sind diesen Bestrebungen regelmäßig enge Grenzen gesetzt. Eine Vielzahl technisch leistungsfähiger Maßnahmen ist auf einen automatisierten Austausch technischer Leistungsparameter angewiesen. Bisher gibt es noch keine anwendungstaugliche Lösung für die drahtlose Kommunikation zwischen Werkzeug und Maschine.

Während im Sinn von Industrie 4.0 immer häufiger die Kommunikation zwischen den beteiligten Systemen erfolgt, ist bei den Kernkomponenten des Spritzgusses keine Kommunikationsfähigkeit gegeben.

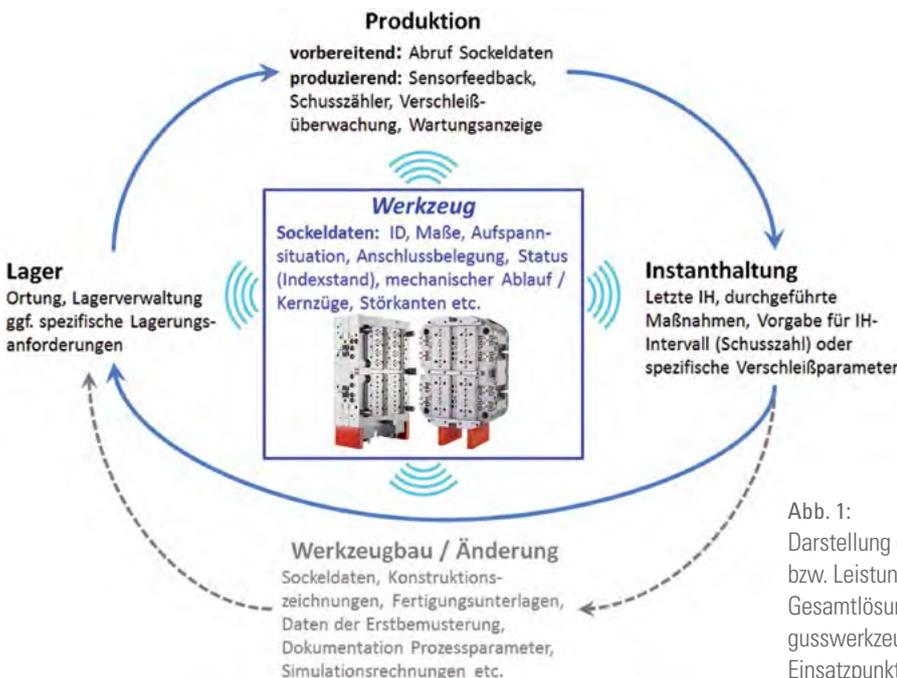


Abb. 1:
 Darstellung der Funktionsmerkmale bzw. Leistungsziele der angestrebten Gesamtlösung „Intelligentes Spritzgusswerkzeug“ entlang den jeweiligen Einsatzpunkten im Unternehmen

Projektziele

Vor dem Hintergrund eine weitreichende Optimierung der Prozesse zu ermöglichen, zielt das Projekt auf die Entwicklung eines in das Werkzeug integrierten Datenspeichers und einer drahtlosen Kommunikationsmöglichkeit zwischen Spritzgusswerkzeug, -maschine und Bediener. Der Austausch sowie die Speicherung der Daten soll über einen noch zu definierend offenen Standard erfolgen, damit auch Hersteller anderer Komponenten in den Prozess integriert werden können. Des Weiteren soll das Modul mit sehr kleinen Abmessungen ($40 \times 20 \times 10 \text{ mm}^3$) realisiert werden und die folgenden Leistungsmerkmale umfassen:

- Automatische Parametrierung der Spritzgussanlage
- Integration von Energy Harvesting in das kleine Gehäuse
- Bedarfsgerechte Planung von Wartungsintervallen durch Schusszähler und Aufnahme von QS- bzw. Prozessmerkmalen
- Abrufbarkeit von Informationen durch den Bediener mit moderner UI (App)
- Werkzeuginformationen stehen auch außerhalb der Maschine (z.B. im Lager) zur Verfügung
- Zugangsmanagement und Autorisierungsniveau auf die gespeicherten Informationen
- Ersatz der bisher papiergeführten Werkzeugakte

Herausforderungen

Die oben genannten Ziele erfordern das Überwinden von umfassenden technischen Herausforderungen, um einen praxistauglichen Einsatz der angestrebten Lösung zu ermöglichen. Das zu entwickelnde Modul soll direkt in das Werkzeug integriert werden, was einen Temperaturarbeitsbereich zwischen 10° und 120° C erfordert. Schwierigkeiten sind dabei insbesondere bei der Auslegung der Antenne und der Elektronik zu erwarten. Die bauliche Integration in die Werkzeughälften erfordert eine Abschirmung gegenüber den alltäglichen Betriebsbelastungen. Andererseits muss auch eine ausreichende Zugänglichkeit für die Ankopplung von Messfühlern und erweiterten Sensoren ermöglicht werden.

Um hohe Akzeptanz und praxistauglichen Einsatz der Lösung zu gewährleisten, muss diese ohne zusätzliche Kabelverbindungen und externe Energieversorgungen auskommen. Daher ist der Einsatz von Energy-Harvesting zur autarken Versorgung des in die Werk-

zeughälften zu integrierenden Systems geplant. Hier ist die vorgegebene Baugröße und der zu erwartende niedrige Temperaturgradient die besondere Anforderung.

Angestrebte Funktionalitäten und Informationsverwaltung

Das angestrebte System (vgl. Abb. 2) soll folgende Zielparameter umfassen:

- Mindestens 10 MB nichtflüchtiger Speicher verfügbar
- Wireless-Übertragungsrate von 500 kBit/s
- Angestrebte Übertragungsdistanz $\geq 30 \text{ m}$
- Außenabmessung des Moduls $40 \times 20 \times 10 \text{ mm}^3$
- Verwendbar bei Werkzeugtemp. bis 120° C
- Antennengewinn $\geq 6 \text{ dBi}$
- Energieautarke Systemausführung

Die genaue Spezifizierung der auf dem Modul zu speichernden Informationen wird im Rahmen des Projekts definiert. Im Vorfeld wurden u. a. folgende Daten festgelegt:

- Hersteller, Seriennummer, Herstelldatum
- Werkzeugabmessungen und Störkanten
- Anzahl der gefahrenen Schüsse
- Produktinformationen wie Schussgewicht, Zykluszeit, Sollabmessungen des Formteils
- Einzustellenden Parameter der Spritzgussanlage, z.B. Druck, Temperatur, ...

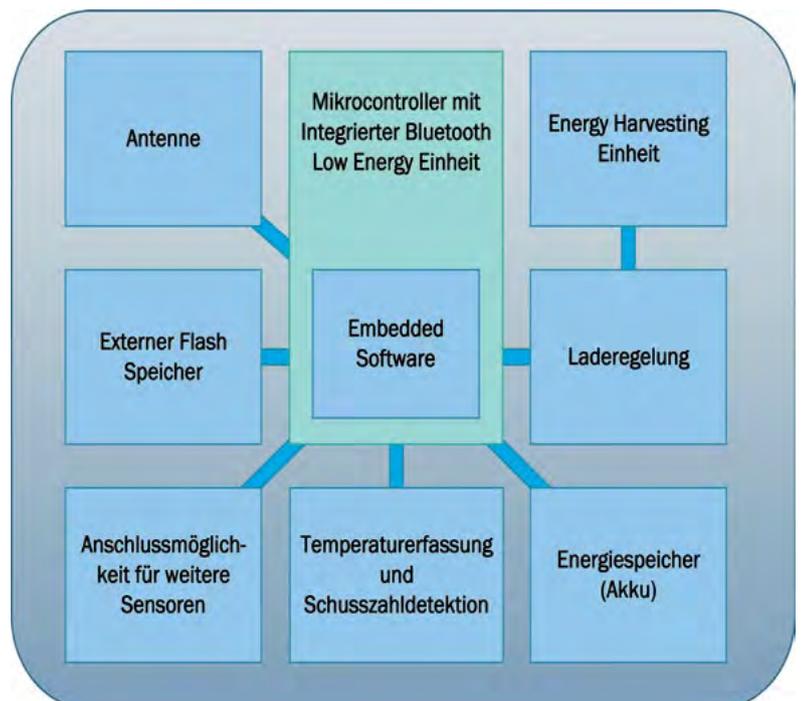


Abb. 2:
Schematische Darstellung der Systemkomponenten

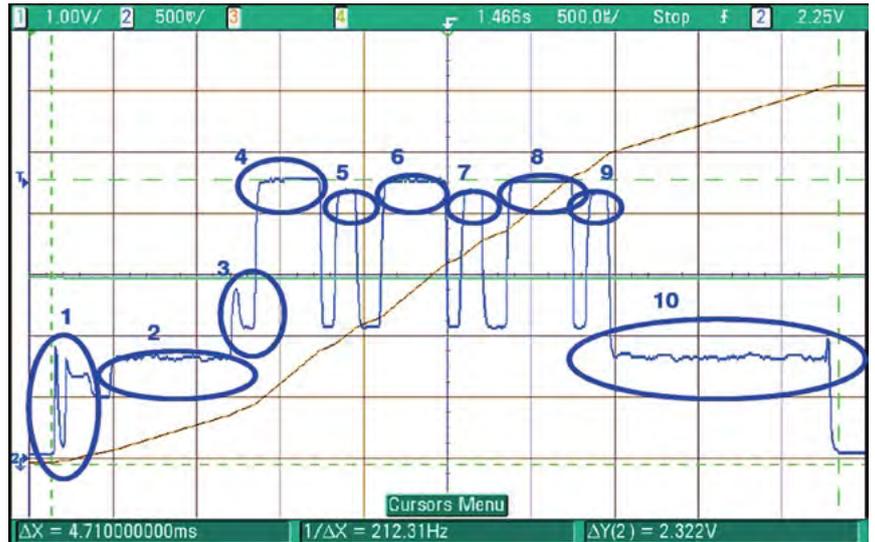
Erforschung von energieeffizienten, robusten Kommunikationsprotokollen

Durch die angestrebte Energieautarkie steht dem zu entwickelnden Modul nur eine begrenzte elektrische Leistung zur Verfügung. Zugleich gehen mit dem Einbetten in den Metallkörper des Werkzeugs ausgesprochen schwierige Rahmenbedingungen einher, was eine tendenziell höhere Sendeleistung erfordert. Hierfür wird eine spezifische Kommunikationslösung (Abb. 3) erforscht.

Für die Kommunikationsprotokolle werden typische Anwendungsszenarien definiert und der anfallende Energieaufwand rechnerisch abgeschätzt (CPU aufwecken, Paket packen und senden, CPU schnell wieder in Standby). Die Berechnung wird durch die Vermessung von labormusterartigen Systemaufbauten geschärft und kontinuierlich verbessert. Diese Ergebnisse werden zur Entwicklung optimaler Kommunikationsprotokolle genutzt. Als Funktechnik ist der Einsatz von Bluetooth Low Energy (BLE) geplant.

Antennenentwicklung

Der Einsatz von BLE erfordert eine angepasste Antenne im 2,4-GHz-ISM-Band. Diese wird unter Berücksichtigung der Einbausituation und umgebender Elementen mit dem CST-Microwave-Studio geplant. Auf experimenteller Seite sind Messungen der elektromagnetischen Elemente im Nahfeld der Antenne vorgesehen (Vergussmasse, Platinen Material, ...). Diese Berechnungen werden durch Labormuster ergänzt, die das Bild abrunden. Diese Schritte sollen zu einer Antenne mit gutem Wirkungsgrad und Richtfaktor führen. Ziel ist ebenfalls eine hohe Funktionsrobustheit gegenüber dem zu erwartenden Temperaturbereich, damit eine möglichst minimale Än-



derung der Frequenzbereiche und Abstrahlcharakteristik zu erwarten ist. Hierfür werden die Faktoren Geometrieauslegung, Abstimmung des Speisepunkts, Materialauswahl sowie Miniaturisierung berücksichtigt.

Ausblick

Ziel der Entwicklung des intelligenten Spritzgusswerkzeugs ist die Integration des Werkzeugs in den automatisierten Fertigungsprozess. Dies soll eine verbesserte und automatisierte Einbindung des Produktionsprozesses im Rahmen von Industrie 4.0 gewährleisten und aufwendige, fehleranfällige papiergebundene Dokumentation ersetzen. Die direkte Verfügbarkeit von Informationen zum Werkzeug, die drahtlose Kommunikation und einfache Einbindung der zu entwickelten Lösung in bestehende Prozesse sind die maßgeblichen Verbesserungen des umzusetzenden Projekts. Die mit dem Modul gewonnenen Daten aus den Spritzgussvorgängen können für spätere Auswertungen genutzt und die Prozesse weiter verbessert werden.

Abb. 3: Untersuchung des Energiebedarfs in Abhängigkeit von Kommunikationszuständen und Protokollcharakteristik. Gezeigt ist eine beispielhafte Datenübertragung mit Bluetooth Low Energy. Es sind hier im Einzelnen folgende Phasen gegeben: 1: Wake-up; 2, 3: Pre-Processing; 4-9: Senden und Empfangen (Payload); 10: Post-Processing.

AUTOREN



Prof. Dr.-Ing. Thomas Wendt
 Ltg. Labor Elektrotechnik/Elektronik, Forschung:
 kollaborative Robotik, Automatisierung,
 Funktionale Sicherheit IEC61508,
 Maschinensicherheit, drahtlose Mikrosys.
 thomas.wendt@hs-offenburg.de



Matthias Lai M. Sc.
 Projektmitarbeiter Intelligenter Spritzguss
 matthias.lai@hs-offenburg.de



Urban Himmelsbach M. Sc.
 Akademischer Mitarbeiter Fakultät B+W
 Techn. Leiter Labor Kollaborative Robotik,
 Projektmitarbeiter Intelligenter Spritzguss
 urban.himmelsbach@hs-offenburg.de



Matthias Waßmer, M. Eng.
 Akademischer Mitarbeiter Fakultät B+W
 Projektmitarbeiter Intelligenter Spritzguss
 matthias.wassmer@hs-offenburg.de

Kaufmännische Rechnungslegung als Steuerungsinstrument an Hochschulen

Prof. Dr. rer. pol. Anne Najderek, Philip Jung M. Sc.

In dezentral organisierten Hochschulstrukturen, in denen viele Gruppen an Steuerungsprozessen partizipieren, ist die Suche nach zweckadäquaten Steuerungsmechanismen stets aktuell. Die kaufmännische Rechnungslegung kann Hochschulen in Deutschland als zweckadäquates Steuerungsinstrument dienen. Betrachtet man die aktuelle Bilanzierungspraxis im Detail, so zeigen sich jedoch erhebliche Schwächen in der Anwendung der kaufmännischen Rechnungslegung, womit diverse Vorteile ihrer Anwendung verloren gehen.

In decentralized university structures, in which many groups participate in control processes, the search for appropriate control mechanisms is always up-to-date. The accrual accounting can be used by universities in Germany as a purpose-oriented control instrument. Looking at the current accounting practice in detail, however, there are considerable weaknesses in the application of accrual accounting, which means that various advantages of their application are lost.

Die fortwährenden Umbrüche (z.B. Bologna-Reformen, Exzellenzinitiativen oder rückläufige Ausstattung mit Grundmitteln) in und um Hochschulen in Deutschland führen zu einem gestiegenen Bedarf an hochschulspezifischen Steuerungsinstrumenten. So sind Autonomiesteigerungen für Hochschulen mit Herausforderungen verbunden, die ihren Alltag mit wesentlichen Veränderungen konfrontieren und dies auch noch zukünftig werden. (Internationaler) Wettbewerb um die fähigsten Studenten und Wissenschaftler und ganz gewichtig die zunehmende Verknappung ihrer finanziellen Ausstattung vonseiten der Länder treiben die Hochschulen in Deutschland zudem in Anpassungszwänge. Zweckadäquate und zielgerichtete Steuerung ist vor diesem Hintergrund unabdingbar geworden. Als elementare Basis eines entsprechenden Steuerungssystems ist die Rechnungslegung von Hochschulen anzusehen, da sie steuerungsrelevante Daten generiert und diese durch das Berichtswesen den jeweiligen Adressatengruppen zur Verfügung stellen kann. Viele Hochschulen in Deutschland haben in diesem Zusammenhang ihr Rechnungswesen bereits auf die in der Privatwirtschaft überwiegend verbindliche kaufmännische Rechnungslegung umgestellt.

Der Umstellungsprozess verlief bisher nicht nur im bundesweiten Vergleich, sondern auch auf Länderebene stark heterogen. In der Konsequenz bleiben aktuell viele Vorteile eines für

privatwirtschaftliche Zwecke hochnormierten Steuerungsinstruments im Kontext der Hochschulen ungenutzt. Zum einen ist die Vergleichbarkeit zwischen den Hochschulen quasi nicht gegeben. So zeigt ein im Jahr 2016 durchgeführter Vergleich von bundesweit eingeholten Hochschuljahresabschlüssen ein äußerst zerrüttetes Bild der Bilanzierungspraktiken in Hochschulen. Zum anderen können Informationen in der Rechnungslegung nur zweckadäquat verarbeitet werden, wenn einheitliche Vorgaben zur Anwendung der kaufmännischen Rechnungslegung vorliegen, da ansonsten ihre eigentlich vorhandene Aussagekraft und damit Steuerungsrelevanz verloren gehen. Dennoch fehlen vielerorts schlichtweg diese Vorgaben zur Anwendung in hochschulspezifischen Fragestellungen und die Hochschulen werden damit quasi allein gelassen. In der Folge sehen sie sich zur Entwicklung eigener Bilanzierungspraktiken gezwungen.

Vor diesem Hintergrund ist es zunächst notwendig, noch einmal darauf zu verweisen, dass die kaufmännische Rechnungslegung nicht nur für den privaten Bereich, sondern auch für den öffentlichen Bereich und damit ebenso für Hochschulen ein geeignetes System für das Rechnungswesen ist. [1] Die Ziele der kaufmännischen Rechnungslegung lassen sich durchaus mit den Zielen der Rechnungslegung von Hochschulen in Einklang bringen.

Darüber hinaus ist erforderlich, einzelne Bilanzierungsfragen im Rahmen der Hochschulrechnungslegung zu beantworten, um sie am Ende tatsächlich zweckadäquat für Steuerungsfragen heranziehen zu können: Wie ist in Hochschulen eine Abgrenzung zu schaffen zwischen vom Land dauerhaft gewährter Grundfinanzierung, zeitlich beschränkter Programmmitte- und solchen Mitteln, die von Hochschulen eigenständig und zeitlich befristet (sog. Drittmittel) eingeworben werden? Wie muss entsprechend der Abgrenzung die Zuordnung in Bilanzpositionen wie Fremd- und Eigenkapital aussehen? Wie müssen Hochschulen agieren, um ihre Ressourcen bspw. im Rahmen des Wertverlusts bei Gebäuden zu erhalten, und was bedeutet im Hochschulkontext eigentlich der Begriff der Gewinnermittlung? Diese und diverse weitere Fragestellungen sind im Rahmen der kaufmännischen Hochschulrechnungslegung grundsätzlich abbildbar, sollten jedoch einer zweckadäquaten Bilanzierungs- lösung übergeben werden.

An dieser Stelle sei exemplarisch der Umgang mit Fördermitteln, sog. Drittmitteln dargestellt: Bereits der Drittmittelbegriff unterliegt einer heterogenen Bedeutung. Nach der Hochschulfinanzstatistik des Statistischen Bundesamts sind „Drittmittel (...) solche Mittel, die zur Förderung von Forschung und Entwicklung sowie des wissenschaftlichen Nachwuchses und der Lehre zusätzlich zum regulären Hochschulhaushalt (Grundausstattung) von öffentlichen oder privaten Stellen eingeworben werden.“ [2] Zu diesen Mitteln können auch Investitionszuschüsse zählen, die beispielsweise für das Sachvermögen der Hochschule zum Tragen kommen. So werden üblicherweise für Investitionszuschüsse sog. Sonderposten auf der Passivseite der Bilanz gebildet. Dieser Sonderposten stellt (vereinfacht ausgedrückt) dar, welcher Teil des Anlagevermögens durch Investitionszuschüsse gefördert wurde. Der Vergleich von Hochschuljahresabschlüssen macht jedoch das heterogene Verständnis des Begriffs und der Zusammensetzung dieses Sonderpostens deutlich. Insbesondere die Frage, welche Mittel mithilfe des Sonderpostens abzubilden sind, scheint unklar. So gibt es Hochschulen, die nur einen kleinen Teil des zuschussgeförderten Anlagevermögens mithilfe des Sonderpostens abbilden, und solche, die nahezu das gesamte Anlagevermögen (d. h. in-

klusive der hierfür verwendeten Grundmittel) hier rüber abbilden.

Über die Nutzungsdauer eines Vermögensgegenstands hinweg entstehen im Rahmen der kaufmännischen Buchführung Abschreibungsaufwände, die sich im Fall der Sonderpostenbilanzierung durch dessen zeitgleiche Auflösung buchhalterisch neutralisieren. In der Konsequenz entsteht im Fall eines umfangreichen Sonderpostens ein Refinanzierungsproblem, da quasi von einem auf das andere Geschäftsjahr Finanzierungsbedarfe anstehen, die nicht ohne weiteres über die Grundausstattung der Hochschulen gestemmt werden können. Der zuvor nicht adäquat dargestellte Ressourcenverbrauch führt zu einer nicht zweckadäquaten Darstellung von Ressourcenbedarfen und bringt Hochschulen damit möglicherweise in die Position, dass die Erfüllung ihrer primären Aufgaben in Form von Forschung und Lehre nicht angemessen erreicht werden kann.

In Anbetracht der dargestellten Problematik muss die Bilanzierung des Sonderpostens anhand der Frage nach tatsächlicher Zweckadäquanz für die Hochschulsteuerung überprüft und überdacht werden. Die Publikation einer entsprechenden Abhandlung zur Passivseite der Hochschulbilanz planen die Autoren noch für dieses Jahr.

Referenzen/References:

- [1] z.B. Küpper: „Hochschulrechnung auf der Basis von doppelter Buchführung und HGB?“, Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung, 2000
- [2] Statistisches Bundesamt: „Fachserie 11, Reihe 4.5, Finanzen der Hochschulen“, 2016, S. 5

AUTOREN



Prof. Dr. rer. pol. Anne Najderek
(Inter)nationale Rechnungslegung, Kostenrechnung, Gesamtverantwortliche im Projekt „Bedarfsgerechte Hochschulsteuerung auf Basis eines kaufmänn. Rechnungswesens (HRW)“
anne.najderek@hs-offenburg.de



Philip Jung M. Sc.
Fakultät B+W, wissenschaftl. Assistent und Projektleiter „Bedarfsgerechte Hochschulsteuerung auf Basis eines kaufmännischen Rechnungswesens (HRW)“
philip.jung@hs-offenburg.de

Laser-ultrasound and guided acoustic waves

Dr. Alexey M. Lomonosov, Dipl.-Phys. Pavel D. Pupyrev, Prof. Dr. Peter Hess, Dipl.-Ing. Olga Rogall, Dr. (VAK Moskau) Elena A. Mayer, Prof. Dr. rer. nat. habil. Andreas P. Mayer

Laser-Ultraschallverfahren werden in zunehmendem Maß zur kontaktfreien Untersuchung von Materialeigenschaften an Festkörperoberflächen verwendet. Der Beitrag beschreibt diese Methode näher und gibt einen Überblick über ihren Einsatz an der Offenburg University zur Bestimmung von elastischen Eigenschaften von Beschichtungen und zu Grundlagenuntersuchungen an geführten akustischen Wellen.

Laser-ultrasound methods are gaining increasing importance in non-contact investigations and inspection of material properties at surfaces. In our contribution, this experimental method is described, and an overview is presented over its application at the Offenburg University to the determination of the elastic properties of thin films and to basic investigations of guided acoustic waves.

Introduction

The term “Laser ultrasound” or “laser ultrasonics” stands for the generation and / or detection of ultrasonic waves with the use of lasers [1]. In recent years, laser ultrasound has gained increasing importance as an efficient method for materials inspection and investigations in various areas of science and technology, ranging from biological tissue in medical applications to inspection of material fatigue and monitoring of phase transformations in metals like steel. The laser-generated ultrasonic waves are used to probe various types of defects or the elastic properties of the media they propagate in, and they are themselves the subject of investigations revealing interesting physical phenomena [2]. Sometimes, hybrid methods are employed, where either the detection or the excitation part is realized by a transducer based on a different physical principle, e.g., piezoelectric or electromagnetic (EMAT). In the laser-ultrasonics laboratory at Offenburg University, an all-optical set-up is in use that operates with guided acoustic waves. It is equipped with a Nd:YAG pulse laser with 1064 nm wavelength and capability of frequency conversion to the second and third harmonic.

Guided acoustic waves

Unlike acoustic plane waves propagating in isotropic elastic bulk material, which are polarized either in the direction of propagation (longitudinal) or in the plane vertical to this direction (transverse / shear), guided acoustic waves have normally a more complex displacement pattern. The best known of such guided waves are surface acoustic (or Rayleigh) waves. First analyzed by Lord Rayleigh in 1885 in a geophysical context [2], they have meanwhile found extensive technical applications, especially in frequency filters and resonators in the field of mobile communication. The displacements associated with these guided waves are localized at the surface of the medium they propagate in and decay exponentially away from the surface. Their penetration depth into the elastic medium is of the same order of magnitude as their wavelength. Therefore, their propagation properties are sensitive to surface and near-surface defects, for example. Other types of guided acoustic waves relevant for laser-ultrasound experiments are plate modes, waves propagating in layered structures, waves guided by the interface between two solids or between a solid and a fluid, and wedge acoustic waves. The latter are guided by the apex line of an elastic wedge, e.g., the edge of a crystal or the blade of a cutting tool. Because of their localization at the tip of the wedge, their properties can be highly sensitive to the quality of the edge. Acoustic wedge waves have been known only since their discovery in 1972 and

have interesting properties that are themselves the subject of ongoing investigations.

Laser excitation and detection

The basic working principle of the laser-ultrasound set-up at HS Offenburg is shown in Fig. 1. A short laser pulse (duration 1 - 2 ns) with high energy is focused on the surface of an elastic sample. Absorption of the laser pulse by the material leads to a rapid local thermal expansion, which generates acoustic waves of various types (bulk and guided waves) [3]. Similar to an earthquake, bulk waves are radiated from the "epicenter" into the interior of the sample. At the surface, a Rayleigh wave pulse remains that propagates away from the source. To clearly define a phase front of the surface waves and reduce diffraction losses, the laser pulse is focused on a straight line on the sample surface. If the excitation occurs at a spot on the surface close to the edge, a wedge acoustic pulse is excited. In this case, no diffraction losses occur because of the nature of the one-dimensionally guided wedge waves.

For larger energies of the laser pulse, the thermo-elastic effect is no longer dominant for the excitation of the acoustic pulse. The recoil momentum occurring in laser ablation becomes more and more important and changes the shape of the acoustic pulse. The acoustic pulse dynamically corrugates the surface. It can therefore be detected and its shape can be recorded by a probe-beam-deflection technique [3]. The beam of a cw laser is deflected from the dynamically corrugated surface. This approach determines the local surface slope as a function of arrival time at the observation spot. An alternative optical detection method uses an interferometer. Here it is the displacement normal to the surface that is measured.

This experimental approach has the advantages of being non-contact and largely non-destructive. The acoustic wave field at the surface of a material can be scanned and visualized. A further advantage is its broad-band character. Surface waves with frequencies between 20 and 300 MHz are probed simultaneously. This means that there is a factor 15 between the surface wave with the smallest and the largest penetration depth into the sample.

Elastic properties of films

An important application of laser ultrasound, which is currently pursued at the Offenburg University with the set-up described above, is the determination of elastic properties of thin films (with thicknesses on the

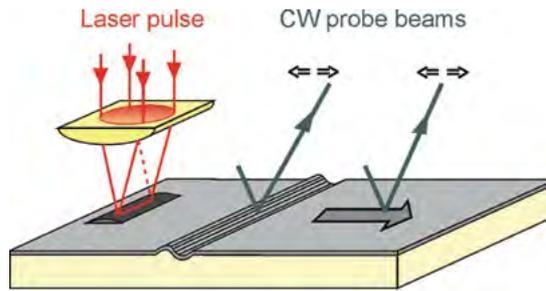


Fig. 1: Laser ultrasonics set-up for investigations of surface coatings with surface acoustic waves (schematic)

micrometer scale).

Rayleigh waves and wedge waves in homogeneous elastic media are non-dispersive. This means that their phase velocity does not depend on their frequency. This is not the case in systems that contain a characteristic length, for example a substrate covered by a film made of another material. Here, the film thickness defines a length scale, which leads to dispersion of acoustic waves propagating in this system. The dispersion curve, i.e. the relationship between phase velocity and frequency, contains information about the density and elastic moduli of the film. This relationship is determined by recording the acoustic pulse shape at various distances between the excitation line and the detection spot (typically 30 – 40 different distances). These measurements are automated to some extent with the help of a controlled translation stage. The elastic constants of the film can subsequently be determined by a fit of the theoretical dispersion relation, calculated with a semi-analytical model, to the experimental data. The corresponding material data of the substrate have to be known for the fit. Fig. 2 shows dispersion curves of surface acoustic waves propagating in two orthogonal directions on a surface of the highly anisotropic and piezo-electric material lithium niobate, covered by a silicon oxide film. The experimental data are compared with a model calculation that uses known material constants of film and substrate [4]. The comparison demonstrates the accuracy of the experimental method.

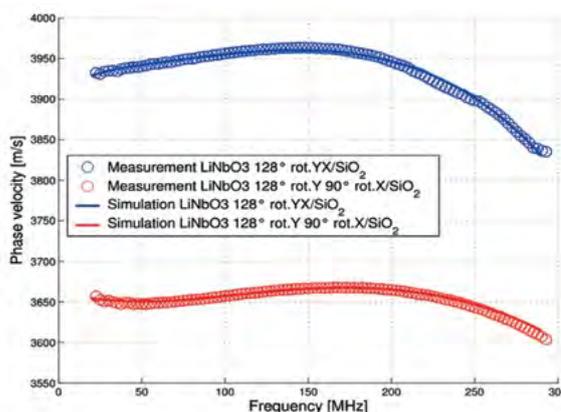


Fig. 2: Measured (squares / triangles) and simulated (solid / dashed lines) dispersion curves of surface acoustic waves propagating in two different directions on the LiNbO3 128° rot. Y surface, covered with a SiO2 film with approx. 4 μm thickness [4]

If both film and substrate are transparent at the frequency of the excitation laser, an additional metal film is deployed, which guarantees absorption of the excitation pulse and is sufficiently thin such that it influences the acoustic properties of the system to a negligible extent [4].

Acoustic pulse shapes

In homogeneous elastic media, surface and wedge acoustic waves are non-dispersive. If the energy of the excitation pulse is sufficiently small such that nonlinearity is negligible, and damping may be neglected, too, over the propagation distances in the laser ultrasound experiment (of the order of 1 cm), the acoustic pulse shapes remain unchanged. Fig. 3 shows "life-lines" of two wedge acoustic pulses propagating with their individual speeds along the apex line of a silica wedge having an opening angle of 60° . The colors represent the surface slope, measured near the tip of the wedge, in a reference frame that moves along the apex line with the speed of the faster of the two pulses. (The x_1 -axis is parallel to the apex line of the wedge.) Both pulses have an antisymmetric shape, but with opposite "polarity" and different magnitudes. These pulse properties are related to the size and shape of the excitation spot and the displacement profiles of the acoustic wedge waves [5]. In anisotropic wedges, the acoustic pulse shapes need no longer be purely antisymmetric and can contain information about the wedge geometry [5].

With increasing energy of the excitation pulse, the strain associated with the acoustic pulse propagating along the surface or the tip of a wedge increases, too. This leads to complex nonlinear effects on the shape of the acoustic pulse, which have been observed in laser-ultrasound experiments by recording the pulse shapes at two different observation points having different distances from the source. The example in Fig. 4 shows the evolution of the pulse shape due to the influence of the material nonlinearity, as the pulse propagates from the first to the second observation point at the edge of a silicon crystal. The pulse steepens with a clear tendency towards shock formation [6]. This latter phenomenon at solid edges is distinct from the analogous cases of surface or bulk waves since at edges, nonlinearity together with linear waveguiding leads to pulse contraction in all three spatial dimensions.

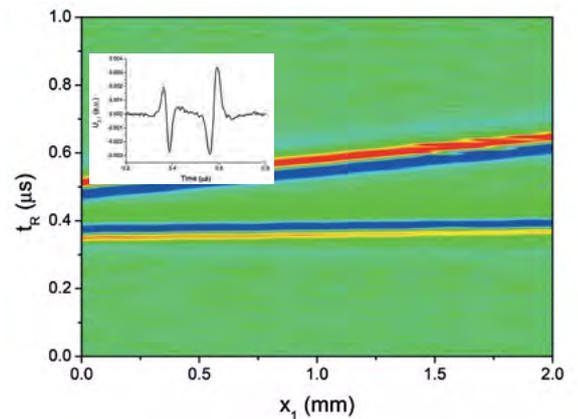


Fig. 3: Measured space-time dependence of the pulse profiles of acoustic wedge waves near the tip of a 60° wedge, made of fused silica. Inset: surface inclination as function of arrival time [5]

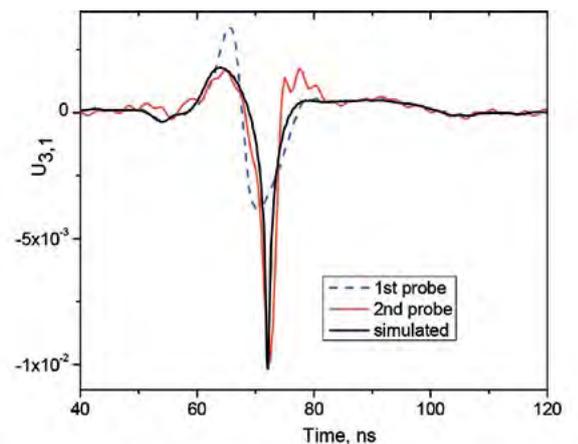


Fig. 4: Shapes of acoustic pulses propagating in the $[1\ 1\ -2]$ direction on the edge of a $\text{Si}(-1\ 1\ 0)$ surface versus time at the first detection point (dashed blue) (signal time shifted) and second detection point (red) (partially deconvolved measured data). Simulation of pulse evolution from first probe to second probe (black) [6]

Conclusions

By the examples discussed in the two previous sections, we have tried to demonstrate that laser ultrasonics with guided acoustic waves is a viable tool for material inspection and characterization, which has direct industrial applications, and for the investigation of basic physical phenomena in the fields of wave propagation and materials science. Both aspects are pursued at the HS Offenburg in an international cooperation.

Acknowledgment

The authors would like to thank Drs. I. Bleyl, M. Knapp, M. Mayer and W. Ruile (RF360 Europe GmbH, Munich) for fruitful cooperation. They are grateful to Deutsche Forschungsgemeinschaft for financial support (grant no. MA 1074/11).

Referenzen/References:

- [1] C. B. Scruby and L. E. Drain: "Laser Ultrasonics," Adam Hilger, Bristol (1990)
- [2] P. Hess, A. M. Lomonosov, and A. P. Mayer, "Laser-based linear and nonlinear guided elastic waves at surfaces (2D) and wedges (1D)," Ultrasonics Vol. 54, pp. 39 – 55 (2014)
- [3] A. M. Lomonosov, A. P. Mayer, and P. Hess: "Laser-based surface acoustic waves in materials science," in: M. Levi, H. E. Bass, and R. Stern (editors), Modern Acoustical Techniques for the Measurement of Mechanical Properties. Academic Press, San Diego, pp. 65 – 134 (2001)
- [4] M. Knapp, A. M. Lomonosov, P. Warkentin, P. M. Jäger, W. Ruile, H.-P. Kirschner, M. Honal, I. Bleyl, A. P. Mayer, and L. M. Reindl: "Accurate characterization of SiO₂ thin films using surface acoustic waves," IEEE Transactions on UFFC Vol. 62, pp. 736 – 743 (2015)
- [5] P. D. Pupyrev, A. M. Lomonosov, and A. P. Mayer: "Laser-generated ultrasonic pulse shapes at solid wedges," Ultrasonics Vol. 70, pp. 75 – 83 (2016)
- [6] A. M. Lomonosov, P. D. Pupyrev, P. Hess, and A. P. Mayer: "Nonlinear one-dimensional guided wedge waves," Physical Review B Vol. 92, 014112 (2015)

AUTOREN	
 <p>Dr. rer. nat. Alexey M. Lomonosov Senior Research Fellow, Prokhorov General Physics Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Mercator Fellow of the Deutsche Forschungsgemeinschaft at HSO lom@kapella.gpi.ru</p>	 <p>Dipl.-Phys. Pavel D. Pupyrev Research Fellow and PhD student at Prokhorov General Physics Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, previously Akademischer Mitarbeiter an der HS Offenburg, Fakultät B+W pavel.pupyrev@hs-offenburg.de</p>
 <p>Prof. Dr. rer. nat. Peter Hess Physikalisch-Chemisches Institut, Universität Heidelberg peter.hess@urz.uni-heidelberg.de</p>	 <p>Dipl.-Ing. Olga Rogall Akademische Mitarbeiterin an der HS Offenburg, Fakultät B+W olga.rogall@hs-offenburg.de</p>
 <p>Dr. (VAK Moskau) Elena A. Mayer Akademische Mitarbeiterin an der HS Offenburg, Fakultät B+W elena.mayer@hs-offenburg.de</p>	 <p>Prof. Dr. rer. nat. habil. Andreas P. Mayer Fakultät B+W Lehrgebiete: Mathematik, Physik, Technische Mechanik, Grundlagen der industriellen Automatisierung andreas.mayer@hs-offenburg.de</p>

INES – INSTITUT FÜR ENERGIESYSTEMTECHNIK

Im Fokus der Forschungsaktivitäten des Instituts für Energiesystemtechnik (INES) steht die Untersuchung und Entwicklung von Systemen zur nachhaltigen Energienutzung. Sieben Professoren/-innen und etwa 20 Mitarbeiter/-innen arbeiten interdisziplinär in verschiedenen Projekten im weitreichenden Feld der Energiesystemtechnik. Forschungs- und Entwicklungsthemen sind Smart Grids, Gebäudeenergie-technik, Batterietechnik, Photovoltaik-technik, Energiewirtschaft und Elektromobilität. Die Gemeinsamkeiten der Projekte liegen bei der Fokussierung auf Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz sowie der Nutzung erneuerbarer Energien.

Im fünften Jahr des Bestehens ist das Institut weiter auf Wachstumskurs: 2017 starten zahlreiche neue Projekte in allen Forschungsbereichen. Im Bereich der Gebäudeenergie-technik untersucht das Projekt MOSAIK (Prof. Dr. Jens Pfafferott) die Stadtklimamodellierung. Im Bereich der elektrischen Netze wird sich das Projekt C/sells (Prof. Dr. Anke Weidlich, Prof. Dr. Michael Schmidt) überregionalen

Energieverbänden widmen. Das regenerative Energienetz am Campus Nord wird im Projekt ISG plus KWKK (Prof. Elmar Bollin, Prof. Dr. Jens Pfafferott) weiter ausgebaut. Im Projekt Photopur (Prof. Elmar Bollin) wird die Energieversorgung eines Systems zur Reinigung von Weinberg-Abwässern entwickelt. Die Projekte WAIMEA und Forschungsallianz Oberrhein (Prof. Dr. Daniel Kray) widmen sich der Photovoltaik-Produktionstechnik. Lithium-Ionen-Batterien werden im Rahmen der Projekte SIMET und MERAGEM (Prof. Dr. Wolfgang Bessler) weiterentwickelt.

Mittelgeber für die verschiedenen Projekte sind das Land Baden-Württemberg, der Bund, die EU sowie Stiftungen und Innovationsfonds. Die Erfolge bei den Antragstellungen wurden nicht zuletzt auch durch die Unterstützung der Hochschule Offenburg in Form einer Mittelbaustelle für das Institut möglich.

Institutsleitung

Prof. Dr. rer. nat. habil. Wolfgang Bessler



„INES weiter auf Wachstumskurs – Das Team Januar 2017“

Regelung und Monitoring von solarbetriebenen Trinkwassersystemen

Rebecca Schwantes M. Sc., Prof. Dr.-Ing. Jens Pfafferott, Daniel Pfeifle, Prof. Dr.-Ing. Clemens Felsmann

Für viele dezentral gelegene Gebiete sind neben der Knappheit an sauberem Trinkwasser eine fehlende Infrastruktur und damit ein Mangel an Energieträgern kennzeichnend. Hier bietet sich die Nutzung von Solarenergie zum Betreiben von Wasseraufbereitungsanlagen an. Um eine ausreichende Betriebssicherheit der Anlagen zu gewährleisten, wurde innerhalb der vergangenen 2,5 Jahre in Zusammenarbeit mit dem Unternehmen SolarSpring GmbH eine robuste Fernüberwachung und Datenübertragung für solarbetriebene Wasseraufbereitungssysteme entwickelt, implementiert und im Feld getestet.

In many remote areas, there is a significant shortage of clean drinking water. Missing infrastructure and few energy sources raise the challenge to provide clean water sources for everyday life consumption and hygiene. In such regions the use of solar energy for the powering of water treatment systems is a valuable option. In order to ensure reliable and safe operation a robust remote data acquisition system for solar driven treatment systems has been developed, implemented and tested on site within the last 2,5 years in close cooperation with the company SolarSpring GmbH.

Das Projekt ReSoWas (Regelung und Fernüberwachung von dezentralen solarbetriebenen Trinkwasseraufbereitungsanlagen) startete im Oktober 2014 mit dem Ziel, eine unternehmensgerechte, standardisierte und kosteneffiziente Steuerung und Datenfernübertragung mit der Möglichkeit zur Fernwartung zu entwickeln und im Feld zu testen. Die fortlaufende Optimierung und Weiterentwicklung der Wasseraufbereitungsanlagen hinsichtlich des Betriebs, der Wasserqualität und der Energieeffizienz soll durch die so geschaffene Datensammlung ermöglicht werden.

Nach der Analyse der Betriebsführung und Regelung der beiden Anlagentypen zur Entsalzung und Filtration konnte ein Lastenheft mit den Anforderungen an die Datenübertragung erstellt werden. Diese Faktenlage schuf bereits zum Anfang des Projekts die notwendigen Kenntnisse, um mit einer gezielten Marktrecherche einen Baukasten aus Standard-Regelkomponenten und Sensoren auswählen zu können. Die Auswahl fiel auf die Siemens LOGO!-Baureihe für die einfacheren Regelaufgaben in der Filtration und die Siemens-S7-1200-Serie für die Entsalzungsanlagen, ergänzt durch einen Mobilfunkrouter der Firma INSYS als Kommunikationsschnittstelle für die Fernübertragung. Das Grundkonzept der Datenfernübertragung und Kommunikation mit der Anlage ist in Abb. 1 zu sehen.



Abb. 1: Datenübertragskonzept für eine Wasseraufbereitungsanlage über einen Mobilfunkrouter mit anschließender automatisierter Datenauswertung im Programm „R“

Ein weiteres Resultat der Analyse aller Steuerungs- und Regelaufgaben in den Wasseraufbereitungssystemen der SolarSpring GmbH war die unternehmensinterne Standardisierung der Regelalgorithmen und der Anlagenprogrammierung. Dies wirkte sich positiv auf die Wirtschaftlichkeit der Anlagen aus und reduzierte die Anfälligkeit für Fehler.

Eine große Herausforderung gerade im internationalen Vertrieb technischer Anlagen ist die Organisation und Kommunikation mit dem Betreiber vor Ort. Zum Zweck der einfachen Mitteilung von Wartungsaufgaben wurde die interne Monitoring-App des Mobilfunkrouters genutzt, um Störmelder zu aktivieren, die auf zuvor definierten Grenzwerten basieren. Abb. 2 zeigt eine Auswahl solcher ereignisgesteuerter Warn- und Wartungsmeldungen einer Ultrafiltrationsanlage, die vom Router dann an den Wartungsbeauftragten vor Ort gesendet werden.



Abb. 4: (links) Speisewasser- und Filtrattank, (rechts) Ultrafiltrationsanlage mit Datenfernübertragung in Belgaum, Indien

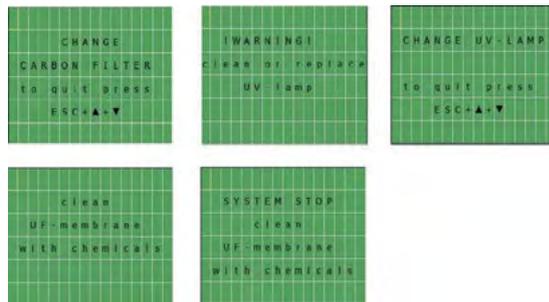


Abb. 2: Ereignisgesteuerte Warnmeldungen und Aufforderung zur Wartung

Um von jedem Standort mit Internetzugang aus auf die Daten der Anlagen in Echtzeit zugreifen zu können, wurde des Weiteren der Modem interne Webserver konfiguriert und angepasst. Die Implementierung der neuen Kommunikations-, Regelungs- und Auswertesysteme erfolgte in mehreren Schritten zuerst in internen Versuchsanlagen und Testständen, einer Testanlage am Standort Kassel, im INES-Labor der Hochschule Offenburg, sowie einer Ultrafiltrationsanlage in Belgaum, Indien. In Abb. 3 ist eine Auswahl an Daten, die den Filtratvolumenstrom aus dieser Anlage über mehrere Wochen zeigt, dargestellt. Vergleichbare Datensammlungen für alle Anlagen, die über einen Fernzugriff verfügen und (teil-)automatisierte Auswertungen sowie die Datenfilterung und Plausibilitätskontrolle der übertragenen Informationen ermöglichen, somit ab sofort eine langfristige methodische Auswertung der Anlagendaten. Die Bedeutung der kontinuierlichen Übertragung von Daten zur Wasserqualität sollte hinsichtlich der Produktsicherheit des Trinkwassers ebenfalls hervorgehoben werden. Im letzten Projektjahr steht nun die methodische Auswertung der gesammelten Daten im Vordergrund. Auf Basis der gewonnenen Kenntnisse aus der Datenanalyse wird eine Betriebsoptimierung der Wasser-aufbereitungsanlagen der SolarSpring GmbH durchgeführt. Für die Ultrafiltration bedeutet das vor allem die Anpassung der Rückspül-

und Reinigungsintervalle an die jeweilige Beschaffenheit des Speisewassers am Betriebsstandort.

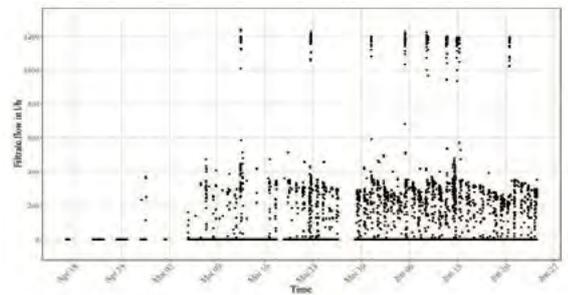


Abb. 3: Vereinfachtes Funktionsschema einer Ultrafiltrationseinheit

In Abb. 4 ist die installierte und mit der Datenfernübertragung ausgestattete Ultrafiltrationsanlage in Belgaum, Indien zu sehen. Über die Wasserversorgung der Anlage wird eine kleine Dorfgemeinschaft mit sauberem Trinkwasser versorgt.



Das Projekt ReSoWas wird durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung innerhalb der Förderleitlinie FHprofUnt (Förderkennzeichen 03FH009PX4) gefördert.

AUTOREN



Rebecca Schwantes M. Sc.
Institut für Energiesystemtechnik INES
Forschungsgruppe Advanced Building Technologies
rebecca.schwantes@hs-offenburg.de



Prof. Dr.-Ing. Jens Pfafferoth
Fakultät M+V
Institut für Energiesystemtechnik INES
jens.pfafferoth@hs-offenburg.de

Ökonomische Bewertung von Solarenergie-Kurzzeitprognosen

Prof. Dr. rer. nat. Michael Schmidt, Dipl.-Ing. Eva Bernal*, Dipl.-Ing. Maria Gomez*, Dr. Marianne Hartung*, Dr. Omar Stern*, Dipl.-Ing. Marcus Zettl*, Prof. Dr.-Ing. habil. Oliver Mayer*

* GE Global Research, Garching bei München

Wenn kein öffentliches Stromnetz zur Verfügung steht, setzen industrielle Verbraucher oft auf Dieselaggregate – mit teils beträchtlichen Transport- und Treibstoffkosten. Daher ist es oft ökologisch und ökonomisch attraktiv, einen Teil des Energiebedarfs durch Photovoltaik (PV) zu decken. Entsprechende PV-Diesel-Hybrid-Systeme müssen allerdings schnelle PV-Leistungsschwankungen kompensieren können. Dieser Beitrag untersucht, wie Wolkenkamera-basierte Kurzzeitvorhersagen dabei helfen können.

The aim of this research is to evaluate the potential of diesel savings in PV diesel hybrid systems by using local short-term predictions of the solar power provided by cloud cameras. For this purpose, the energy flows of hybrid systems are simulated on the basis of real production and consumption data. In particular, the diesel consumption is determined and compared for operation without prediction, with faulty prediction and with ideal error-free prediction. In case studies, different plant configurations are investigated at different locations in order to identify important influencing factors on the savings potential.

Ziel dieser Forschungsarbeit war es, bei PV-Diesel-Hybridssystemen das Potenzial von Dieseleinsparungen durch den Einsatz von lokalen Kurzzeitprognosen der Solarleistung zu bewerten, die typischerweise von Wolkenkamera-basierten Vorhersagesystemen bereitgestellt werden, wie sie beispielsweise auch auf dem Dach der Hochschule Offenburg installiert ist. Dazu wurden in Fallbeispielen die Energieflüsse von Hybridssystemen simuliert, die sich aus realen Erzeugungs- und Verbrauchsdaten in Kombination mit einer Heuristik zur Nutzung von Vorhersagen beim Energiemanagement ergeben. Insbesondere wurde der Dieserverbrauch ermittelt, der sich beim Betrieb der Anlage ohne Vorhersage, mit fehlerhafter Vorhersage sowie mit idealer fehlerfreier Vorhersage ergibt, um so das Einsparpotenzial durch Vorhersagen quantifizieren zu können.

In Fallbeispielen wurden unterschiedliche Anlagenkonfigurationen an unterschiedlichen Standorten betrachtet, um wesentliche Einflussfaktoren auf das Einsparpotenzial zu identifizieren. Insbesondere wurde der Einfluss von verschiedenen Klimatypen, vom Verhältnis der installierter PV-Leistung zur Last, von verschiedenen Speichergrößen sowie von verschiedenen Kenngrößen des Dieselaggregats untersucht. Bei den Simulationen wurden neben Stundendaten auch Sekundendaten verwendet, um den Einfluss schneller Schwankungen mit abschätzen zu können.

Die Untersuchungen führten insbesondere zu den folgenden Ergebnissen: Beim Einsatz von Dieselaggregaten mit ausreichend schneller Dynamik zur Kompensation schneller PV-Leistungsschwankungen liegt der Nutzen von Kurzfrist-PV-Leistungsprognosen insbesondere darin, Zeitabschnitte zu prognostizieren, in denen genug PV-Leistung zur Verfügung steht, um die gesamte Last sicher zu decken. In diesen Zeiträumen kann dann das Dieselaggregat komplett abgeschaltet werden, anstatt mit Minimalleistung zu laufen, um für schnelle Kompensationen zur Verfügung zu stehen.

Die durch Prognose erreichten Dieseleinsparungen E (in kWh) stehen daher im direkten Zusammenhang mit dem Gesamtzeitraum T (in Stunden), in denen der Diesel auf Basis von Prognosen abgeschaltet werden kann und dem Mindestleistungsniveau P_{min} des Dieselaggregats (in kW): $E = T \cdot P_{min}$. Dabei hängt der Gesamtzeitraum T insbesondere von der Prognosegüte, aber auch vom Verhältnis zwischen installierter PV-Leistung und Last sowie letztlich vom Wetter ab. Abbildung 1 zeigt exemplarische Werte der Dieseleinsparungen durch verschiedene Vorhersagen gegenüber dem Betrieb ohne Vorhersage. Die Werte sind in Prozent des Dieserverbrauchs im Fall einer Lastabdeckung ausschließlich mit Diesel und gänzlich ohne PV angegeben.

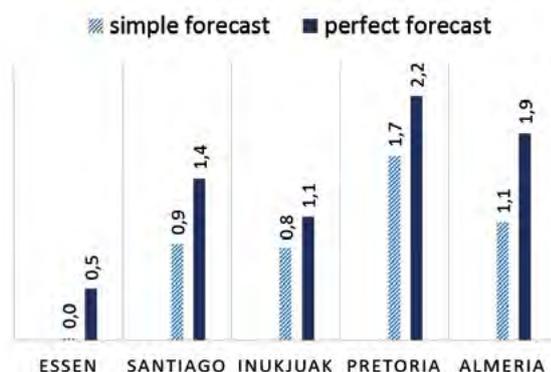
Referenzen/References:

[1] M. Schmidt, E. Bernal, M. Gomez, M. Hartung, O. Stern, M. Zettl, O. Mayer: Ökonomische Bewertung von Kurzzeitprognosen der Solarleistung in PV-Diesel-Hybridssystemen, 32. Symposium Photovoltaische Solarenergie, Staffelstein 2017

Bei der perfekten Vorhersage wurde davon ausgegangen, dass jeder Zeitintervall, in dem genug PV zur Abdeckung der Last zur Verfügung steht und das eine gewisse Mindestlänge hat, zuverlässig vorhergesagt werden kann und damit eine Dieselabschaltung möglich macht. Bei den fehlerbehafteten Kurzfristleistungsvorhersagen (hier „einfache Vorhersage“) wurde davon ausgegangen, dass nur völlige Wolkenlosigkeit zuverlässig vorhergesagt werden kann, aber die Vorhersagegüte bei Teilbewölkung nicht mehr ausreicht, um das Risiko eines kompletten Abschaltens des Dieselaggregats zu rechtfertigen. In diesem Fall spielt dann insbesondere der Standort im Hinblick der Anzahl der Jahresstunden mit völligem Clear-Sky eine wichtige Rolle. Auch beim zusätzlichen Einsatz von Speichern unterschiedlicher Größe ergeben sich vergleichbare Zusatznutzen durch den Einsatz von Vorhersagen.

Abb. 1:

Diesel-Einsparungen durch Vorhersagen (Werte in Prozent des Dieselverbrauchs bei vollständiger Lastdeckung durch Diesel und gänzlich ohne PV) bei einem PV/Lastverhalten von 1.5 sowie einer Dieselminalleistung von 15 % der Last für verschiedene Standorte und Vorhersagegüten



Bei der perfekten Vorhersage wurde davon ausgegangen, dass jeder Zeitintervall, in dem genug PV zur Abdeckung der Last zur Verfügung steht und das eine gewisse Mindestlänge hat, zuverlässig vorhergesagt werden kann und damit eine Dieselabschaltung möglich macht. Bei den fehlerbehafteten Kurzfristleistungsvorhersagen (hier „einfache Vorhersage“) wurde davon ausgegangen, dass nur völlige Wolkenlosigkeit zuverlässig vorhergesagt werden kann, aber die Vorhersagegüte bei Teilbewölkung nicht mehr ausreicht, um das Risiko eines kompletten Abschaltens des Dieselaggregats zu rechtfertigen. In diesem Fall spielt dann insbesondere der Standort im Hinblick der Anzahl der Jahresstunden mit völligem Clear-Sky eine wichtige Rolle. Auch beim zusätzlichen Einsatz von Speichern unterschiedlicher Größe ergeben sich vergleichbare Zusatznutzen durch den Einsatz von Vorhersagen.



Abb. 2: Wolkenkamera auf dem Dach der Hochschule Offenburg

AUTOR



Prof. Dr. rer. nat. Michael Schmidt
 Stellv. geschäftsführender Leiter Institut INES,
 wissenschaftl. Leiter Labor Regenerative Energiesysteme,
 Stellv. Leiter Forschungsgr. NET,
 Lehrgebiete: Regenerative Energiesysteme
 schmidt@hs-offenburg.de

Der Batteriealterung auf den Grund gehen

Dipl.-Ing. Christian Kupper, Prof. Dr. rer. nat. habil. Wolfgang G. Bessler

Die Lebensdauer spielt eine immer zentralere Rolle bei der Weiterentwicklung von Lithium-Ionen-Batterien. Numerische Simulationen helfen kosten- und zeitaufwendige Experimente einzusparen. Die Arbeitsgruppe von Prof. Wolfgang Bessler am INES konzentriert sich auf wissensbasierte Modellierung elektrochemischer Systeme. Mithilfe eines multiphysikalischen 1D+1D+1D-Modells arbeitet Christian Kupper im Rahmen seiner Doktorarbeit an der detaillierten Beschreibung der Alterungsprozesse in einer Lithium-Ionen-Batterie.

Lifetime becomes more and more important when improving lithium-ion batteries. Numerical simulations can help to save costs and time as compared to experimental investigations. The research group of Prof. Wolfgang Bessler at INES is focused on the knowledge-driven modelling of electrochemical systems. By means of a multi-physics 1D+1D+1D model, Ph.D. student Christian Kupper works on the detailed description of ageing processes in a lithium-ion battery.

Seit dem Durchbruch der Lithium-Ionen-Batterie zu Beginn der 1990er Jahre ist sie zum Standard für die portable Energieversorgung für Smartphones, Laptops oder Fotoapparate geworden. Aufgrund der ständigen und rasanten technischen Weiterentwicklungen dieser Geräte war eine besonders hohe Lebensdauer der Batterien nicht erforderlich. Jedoch kommt es gegenwärtig zu einer Erweiterung der Anwendungsgebiete der Lithium-Ionen-Batterien, deren Marktvolumen das bisherige sogar weit übertreffen wird: Elektromobilität und PV-Batteriespeicher. Vorangetrieben durch politische und gesellschaftliche Veränderungen, wie der Energiewende auf nationaler Ebene, aber auch auf internationaler Ebene die Einigung auf eine verbindliche Eingrenzung der Erderwärmung, sorgen für eine große Nachfrage nach CO₂-neutralen mobilen und stationären Energiespeichern. Die typischen Produktzyklen sind hier jedoch wesentlich länger, speziell bei stationären Energiespeichern ist eine Lebenszeit über mehrere Jahrzehnte wünschenswert. Bei einer so langen Nutzungsdauer wird die Lebensdauer der Batterie zu einem entscheidenden Kostenfaktor und damit von herausragender Bedeutung bei der Frage, ob sich Batteriespeicher durchsetzen können oder nicht.

Forscher und Entwickler stellt die Untersuchung der Alterung von Lithium-Ionen-Batterien vor große Herausforderungen. Es handelt sich um zahlreiche unterschiedliche Effekte innerhalb eines hochkomplexen Systems, die je nach Bautyp der Batterie stark variieren kön-

nen. Wie aber Hypothesen und Entwürfe für ein verbessertes Design oder eine bessere Betriebsführung verifizieren? Die Technologie hat bereits einen Reifegrad erreicht, mit dem Batterien viele Jahre ihre Leistungsfähigkeit halten können. Eine originalgetreue experimentelle Überprüfung ist damit für Entwickler praktisch unmöglich. Der Bau von immer neuen Testzellen für Optimierung eines bestimmten Parameters ist aufwendig und kostspielig. Die numerische Modellierung von Batterien ist somit ein zentrales Werkzeug zur Weiterentwicklung von Lithium-Ionen-Batterien.

Die Arbeitsgruppe von Prof. Wolfgang Bessler am Institut für Energiesystemtechnik konzentriert sich im Gegensatz zu empirischen Modellen auf die detaillierte physikalisch-chemische Modellierung elektrochemischer Systeme. Empirische Modelle haben zwar den Vorteil, schneller und einfacher zu Vorhersagen zu kommen, diese sind jedoch meist nur in einem beschränkten Bereich gültig und der Wissenszuwachs ist gering. Wissensgetriebene Modelle im Gegensatz bieten die Möglichkeit, Vorhersagen zu treffen, die abseits von gefitteten Parameterräumen stattfinden. Dazu gehört die Möglichkeit, Lebensdauern und Alterungsmechanismen vorherzusagen, die unter Umständen experimentell gar nicht zugänglich sind. Seit über zwei Jahren widmet sich Christian Kupper in seiner Doktorarbeit der Beschreibung und Modellierung dieser Alterungsprozesse. Die Arbeit findet im Rahmen des DENE-Promotionskollegs in Kooperation mit der Uni-

versität Freiburg statt. Schwerpunkt der Arbeit sind vor allem die Modellierung der Gleichzeitigkeit und der Interaktion der verschiedenen Alterungsprozesse, die zum gegenwärtigen Stand der Technik nur unzureichend abgebildet werden.

Der Modellansatz ist ein 1D-Modell entlang der radialen Richtung einer Rundzelle bzw. entlang der Dicke einer Flachzelle (siehe Abb. 1). Die chemisch-physikalischen Prozesse in einer Zelle sind jedoch so verschieden, dass deren Gradienten sehr unterschiedlich ausgeprägt sind. So spielt sich die Diffusion von Lithium in die Partikel der Aktivmaterialien nur auf einigen μm ab; ein signifikanter Unterschied in der Temperatur ist jedoch erst erkennbar, wenn man ihn über eine Länge von einigen mm betrachtet. Dieses mathematisch gesehen steife System aus Differentialgleichungen liefert entweder für einen Teil der gesuchten Variablen nur unzureichende Ergebnisse, oder es ist nur durch sehr hohen numerischen Aufwand zu lösen. Eine Möglichkeit, diese ungünstige mathematische Ausgangslage zu umgehen, ist die Differenzierung ausgewählter Gleichungen über unterschiedliche Längenskalen. Mathematisch betrachtet sind dies eigene Dimensionen, daher wird dieses Modell auch 1D+1D+1D- oder Pseudo-3D-Modell genannt. Durch geeignete Kopplung zwischen diesen Dimensionen erhält man ein Äquivalent zum ursprünglich steifen System von Differentialgleichungen. Der numerische Aufwand der Lösung ist nun aber deutlich reduziert. Einen Überblick über diese Skalenkopplung gibt das Schema der Abbildung 1.

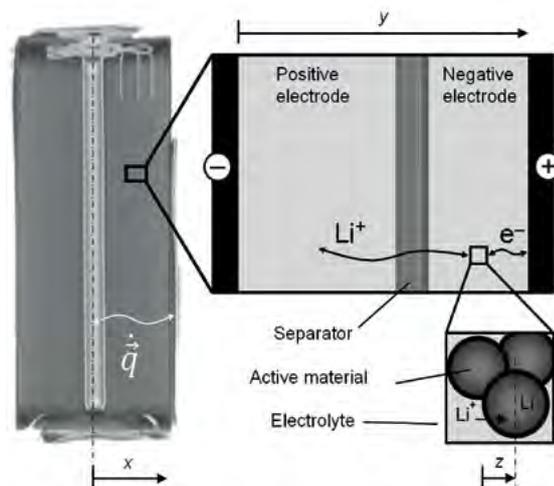


Abb. 1: Schematischer Aufbau des dreiskaligen (1D+1D+1D- oder Pseudo-3D-) Batteriemodells. Das linke Bild zeigt eine computertomografische Aufnahme (Prof. Dietmar Kohler, Hochschule Offenburg) einer Lithium-Ionen-Rundzelle.

Die numerische Umsetzung erfolgt über interne Software DENIS. Dieses seit über 10 Jahren in der Arbeitsgruppe Prof. Bessler entwickelte Programm formt, unter der Angabe der geeigneten Parameter und Anfangs- und Randbedingungen, das zu lösende Differentialgleichungssystem. Es bedient sich dabei unterschiedlicher Gehilfen: zur Interaktion und Visualisierung das kommerzielle Programm MATLAB, zur Berechnung der Reaktionskinetiken das „open-source“-Programm Cantera, zur numerischen Lösung des Differentialgleichungssystems der ebenfalls frei zugängliche Code LIMEX. Auf diese Weise kann das Batterieverhalten bei Ladung und Entladung simuliert werden. Dabei kann man zahlreiche physikalische Zustandsgrößen wie Spannung, Stromstärke, Temperatur, Konzentrationen u. v. m. sowohl orts aufgelöst als auch im zeitlichen Verlauf betrachten.

Kontinuierlich wird dieses Modell um verschiedene Aspekte der Batteriealterung erweitert. So wie die normale Entladung einer Batterie auf sehr komplexen elektrochemischen Vorgängen im inneren der Batterie verbunden ist, so ist auch die Alterung einer Batterie ein extrem komplexer Vorgang, bei dem viele Vorgänge gleichzeitig ablaufen, sich überlagern oder sich gegenseitig beeinflussen. Dabei gibt es verschiedene Ansätze, die Alterungsprozesse zu gruppieren: Die kalendarische Alterung beschreibt die Alterung, die sich zeit- aber nutzungsunabhängig ergibt, im Gegensatz dazu beschreibt die zyklische Alterung diejenige in Abhängigkeit der Menge und Art der Ladung und Entladung. Die Alterung kann einerseits mit Kapazitätseinbußen verbunden sein, aber auch mit Leistungseinbußen. Sie kann aus elektrochemischen Prozessen folgen oder physikalische/mechanische Ursachen haben. Aus der großen Anzahl der möglichen realen Alterungsprozesse muss eine geeignete Auswahl getroffen werden. Diese Auswahl soll bei möglichst geringer Komplexität sowohl qualitativ als auch quantitativ repräsentativ sein.

Von herausragender Bedeutung für die Alterung einer Lithium-Ionen-Zelle ist die Bildung einer Schicht aus Zersetzungsprodukten des Elektrolyten an der Oberfläche des Aktivmaterials, daher auch Solid-Electrolyte-Interface (SEI) genannt. Aufgrund des außergewöhnlich starken Reduktionspotentials der Graphitelektrode kommt es insbesondere bei der Ladung zu lokalen Potenzialen, die eine Zersetzung des Elektrolyten an der Anode begünstigen. Die Nebenreaktionen, die den Aufbau dieser Schicht bewirken, verbrauchen dabei Lithium -

Ionen, die damit nicht mehr als positive Ladungsträger in der Zelle zur Verfügung stehen und damit direkt einen Kapazitätsverlust verursachen. Allerdings hat die SEI-Schicht auch die positive Eigenschaft, dass sie selbst inhibierend ist. Das heißt, mit zunehmender Schichtdicke wird die Oberflächenreaktion immer stärker unterbunden und damit eine kontinuierliche komplette Zersetzung des Elektrolyten an der negativen Elektrode verhindert. Zusätzlich bewirkt die Schichtdicke einen höheren Widerstand in der Zelle (siehe Abb. 2). Die Bildung der SEI-Schicht ist die Hauptursache für die kalendarische Alterung einer Lithium-Ionen-Batterie.

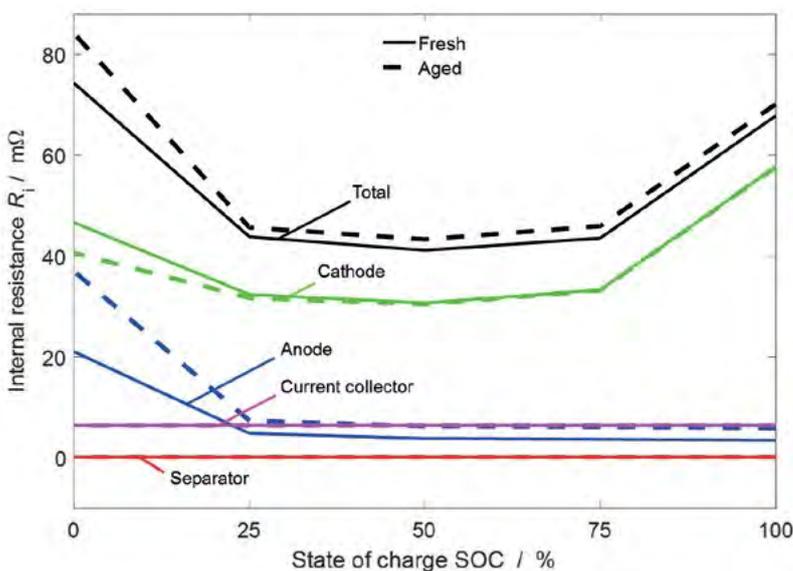


Abb. 2: Simulierter Anstieg des Innenwiderstands als Funktion des Ladezustands (SOC) nach kalendarischer Alterung einer neuen Zelle („fresh“) über 500 Tage („aged“). Die Simulation erlaubt es, die Alterungsursachen unterschiedlichen Zellkomponenten (Anode, Kathode, Separator, Stromableiter) zuzuordnen.

Während der Ladung und Entladung der Batterie kommt es in der Graphit-Anode aufgrund der Ein- und Auslagerung von Lithiumatomen in die Graphitstruktur zu einer Volumenänderung. Diese Volumenänderung verursacht mechanische Spannungen in den SEI-Schichten auf den Graphitpartikeln, die zum Bruch der Schicht führen können. Auf einer durch den Bruch freigelegten Oberfläche kann zunächst wieder ungehindert eine starke Reduktionsreaktion ablaufen, bis eine neu gebildete SEI-Schicht die verstärkte Zersetzung wieder unterbindet. Der Bruch hat damit zu einem erhöhten Kapazitätsverlust geführt. Dieser Alterungsprozess scheint der wichtigste der zyklischen Alterung zu sein.

Zusammenfassend ist hervorzuheben, dass durch die detaillierte Beschreibung der Vorgänge innerhalb der Elektroden sowohl kalendarische als auch zyklische Alterung simuliert werden kann. Das an der Hochschule Offenburg entwickelte skalenerübergreifende Modell betrachtet dabei sowohl elektrochemische als auch mechanische Mechanismen. Im Ergebnis kann sowohl die Kapazität als auch der Innenwiderstand und damit die Leistung der Zelle vorhergesagt werden. Somit kann das entwickelte Modell das komplexe Alterungsverhalten einer Lithium-Ionen-Batterie in einem vergleichsweise breiten Spektrum von Einsatzszenarien sowohl qualitativ als auch quantitativ abbilden.

AUTOREN



Dipl.-Ing. Christian Kupper
Mitglied am INES, Forschungsgruppe Elektrische Energiespeicherung
Doktorand im Promotionskolleg DENE
christian.kupper@hs-offenburg.de



Prof. Dr. rer. nat. habil. Wolfgang G. Bessler
Geschäftsführender Leiter Institut INES
Leitung Forschungsgruppe Elektrische Energiesystemtechnik
wolfgang.bessler@hs-offenburg.de
www.hs-offenburg.de/bessler

Referenzen/References:

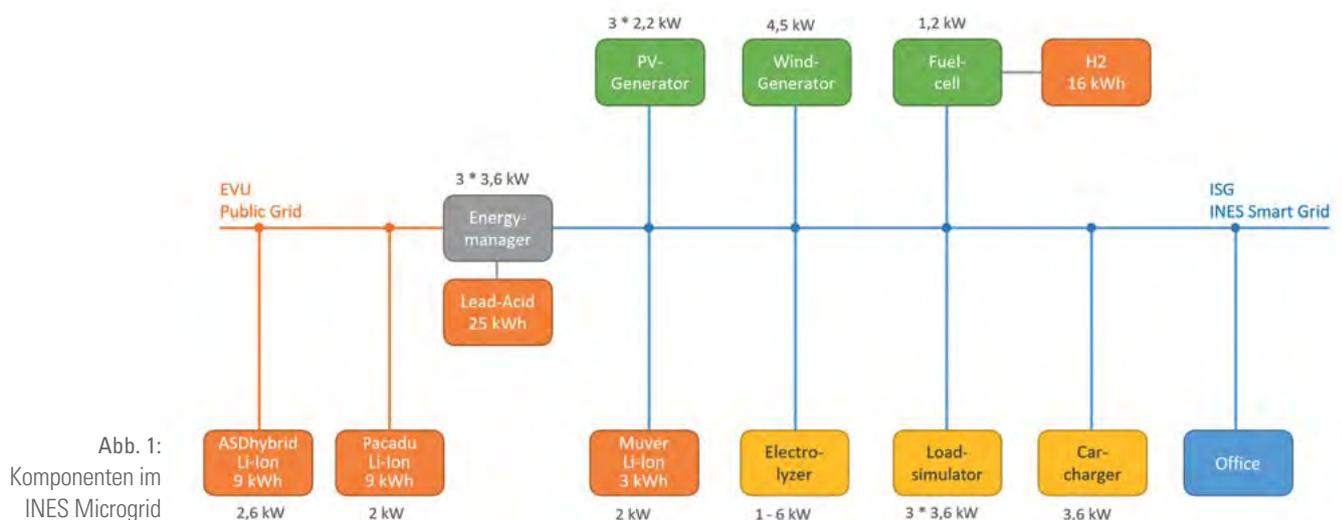
C. Kupper und W. G. Bessler, "Multi-Scale Thermo-Electrochemical Modeling of Performance and Aging of a LiFePO₄/Graphite Lithium-Ion Cell," J. Electrochem. Soc. 164, A304-A320 (2017)
A. A. Franco, M. L. Doublet, and W. G. Bessler, Editors, "Physical multiscale modeling and numerical simulation of electrochemical devices for energy conversion and storage," Springer Verlag, London (2016)

microgrid

Dipl.-Ing. Thomas Feldmann, Prof. Dipl.-Ing. Elmar Bollin

In den Stromnetzen der Zukunft werden weitgehend autonom agierende dezentrale Erzeuger-Verbraucher-Systeme eine wichtige Rolle spielen. Neben der lokalen Erzeugung erneuerbarer Energie sind Stromspeicher ein wichtiger Bestandteil solcher Systeme. Sie ermöglichen den weiteren Zubau erneuerbarer Energiequellen und den Ausbau der Elektromobilität, ohne bestehende Stromnetze zu überlasten. Am Institut für Energiesystemtechnik (INES) ist ein solches Microgrid aufgebaut worden und steht für Forschungsvorhaben zur Verfügung.

In the future electricity networks, autonomous decentralized producer-consumer systems will play an important role. In addition to the local generation of renewable energy, electricity storage is an important component of such systems. They enable the further expansion of renewable energy sources and the expansion of electric mobility without overloading existing electricity networks. At the Institute for Energy Systems Engineering (INES), such a Microgrid has been set up and is available for research projects.



Am Technikum des Instituts für Energiesystemtechnik INES ist im Lauf der letzten Jahre ein Microgrid aufgebaut worden, das in verschiedenen Forschungsprojekten genutzt wird. Neben den regenerativen Energiequellen PV-Anlage und Windgenerator gibt es verschiedene elektrische Energiespeicher und ein Wasserstoffsystem, bestehend aus Elektrolyseur, Brennstoffzelle und Wasserstoffspeicher. Verbraucher im Microgrid sind die Büroräume im Erdgeschoss des Georg-Dietrich-Gebäudes und die Ladestation für das Elektrofahrzeug, einen Nissan Leaf. Drei Lastsimulatoren können reale Lastgänge emulieren, auch solche mit nichtlinearen Verbrauchern, die zu Verunreinigung des Netzes durch Oberwellen führen.

Laufende Forschungsprojekte demonstrieren einen optimierten Betrieb des Gesamtsystems. Optimierungsziele können zum Beispiel

ein netzdienlicher Betrieb, Kostenoptimierung, ein hoher Eigenverbrauch regenerativ erzeugter Energie oder auch die Kombination verschiedener Ziele sein.

Um das öffentliche Stromnetz zu entlasten und damit einen wichtigen Beitrag zur Sicherstellung der Netzstabilität zu liefern, optimieren lokale, autonom arbeitende prädiktive Energiemanagementsysteme (PEMS) die Energieströme im Gesamtsystem. Das PEMS, das im Gegensatz zu einem traditionellen Energiemanagementsystem mit Bedarfs- und Erzeugungsprognosen arbeitet, steuert den Energiefluss im lokalen Stromnetz so, dass die Netzeinspeisung sowie der Netzbezug vermindert werden und damit das öffentliche Stromnetz geschont wird. Die Inselnetzfähigkeit des Microgrids kann die Versorgungssicherheit wichtiger Verbraucher erhöhen.

Komponenten im Microgrid

Abb.1 zeigt einen Überblick über die Komponenten des Microgrids. In Grün sind die Energiequellen dargestellt, in Gelb und blau die Energiesenken und in orange die Energiespeicher. Auf der linken Seite ist, in Orange gezeichnet, das öffentliche Stromnetz (EVU), auf der rechten Seite in Blau das Microgrid, auch INES Smart Grid (ISG) genannt. An der Schnittstelle sitzen sogenannte Energy- oder Netzmanager. Diese machen es möglich, das Microgrid alternativ zum netzgekoppelten Betrieb auch als autonomes, vom öffentlichen Stromnetz getrenntes Inselnetz zu betreiben. Dafür steht eine Blei-Säure-Batterie mit einer Kapazität von 25 kWh bereit. Neben der Möglichkeit, Komponenten vom ISG direkt auf das öffentliche Stromnetz zu schalten, kann bei einphasig angeschlossenen Geräten die Phase auf die angeschlossen wird gewählt und bei der Photovoltaikanlage zwei der drei Strings auf eine Phase gebündelt werden. Dadurch kann die Leistung für die einphasig angeschlossene E-Mobil-Ladestation erhöht werden.

Automation

Für die Steuer- und Regelungsaufgaben sowie die Datenerfassung wird eine Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) eingesetzt. Es handelt sich um ein windowbasiertes System mit Intel Core-i7-quad-core-CPU und dem Betriebssystem Windows Embedded Standard 7. Abbildung 2 zeigt die Topologie der dezentralen Peripherie, die über EtherCAT-Verbindungen circa 200 Analog- und Binärsignale an die Zentraleinheit anbindet.

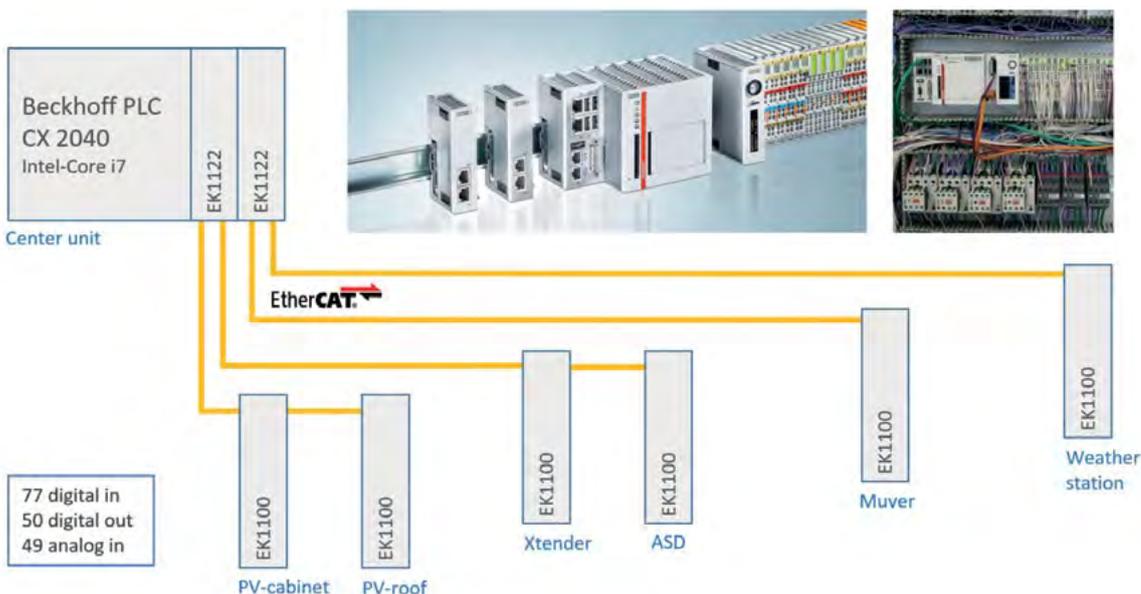


Abb. 2:
Speicherprogrammierbare Steuerung mit dezentraler Peripherie im INES Smart Grid

Die Leittechnik ist in LabVIEW programmiert und ermöglicht das Bedienen und Beobachten des gesamten Systems. Eine historische Datenbank speichert ca. 1000 Datenpunkte nicht in festen Zeitabständen, sondern ereignisbasiert. Das heißt, die Werte werden nur bei Änderung um einen bestimmten einstellbaren Wert in die Datenbank geschrieben. Das spart Speicherplatz und erhöht die zeitliche Auflösung und damit die Informationsdichte.

Optimierung der Energieflüsse durch prädiktive Energiemanagementsysteme (PEMS)

Um den optimierten automatischen Betrieb des Microgrids durch PEMS möglich zu machen, ist eine Kommunikationsstruktur geschaffen worden, die unterschiedlichen Programmierumgebungen die Möglichkeiten bietet, auf die Feldebene des Microgrids steuernd einzuwirken. Abbildung 3 zeigt die vorhandenen Möglichkeiten auf. Matlab/Simulink oder Modelica sind häufig verwendete Programmierumgebungen, um Optimierungsalgorithmen zu realisieren. Diese können direkt mit der SPS (PLC) kommunizieren oder auch Sollwertkurven in eine MS-SQL-Server-Datenbank schreiben, die von der SPS gelesen und ausgeführt werden. Zwischen Datenbank und SPS können auch noch ergänzende Programme auf der Ebene der Leittechnik ausgeführt werden, um zum Beispiel den Elektrolyseur zu fahren, dessen Betrieb durch einen Zustandsautomaten gesteuert wird.

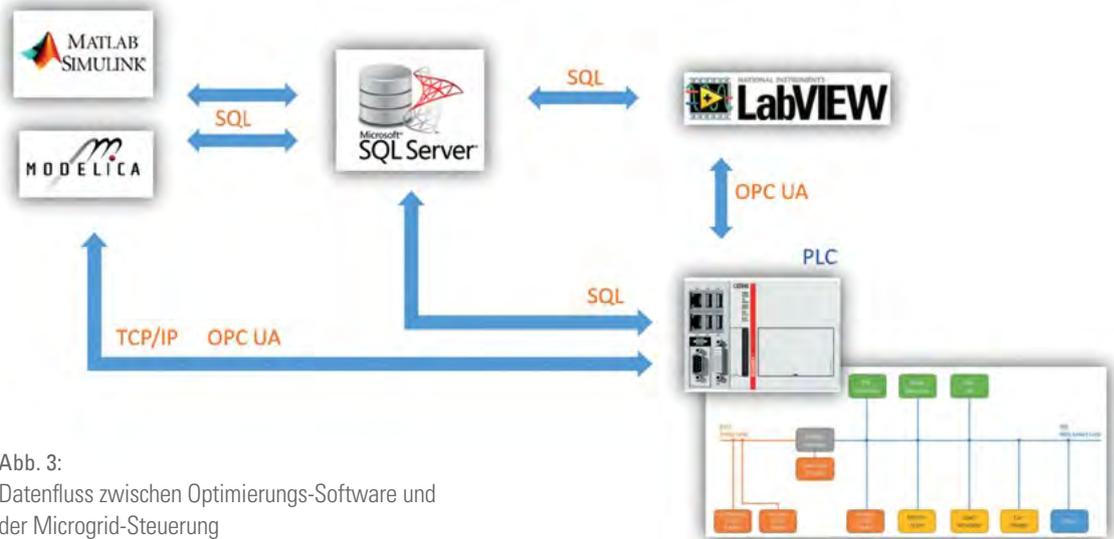


Abb. 3:
Datenfluss zwischen Optimierungs-Software und
der Microgrid-Steuerung

Laufende Forschungsprojekte

Das Forschungsprojekt „Smart Link“ hat zum Ziel, einen netzdienlichen Betrieb des Microgrids zu demonstrieren. In einem ersten Schritt wird dazu ein Batteriespeicher verwendet, um Last- und Einspeisespitzen zu reduzieren. Hierzu läuft in einer Matlab-Umgebung ein MPC-Algorithmus (Model Predictive Control), der in Zeiten des größten Angebots an regenerativer Energie den Batteriespeicher lädt und diesen in Zeiten großen Energiebedarfs im Microgrid wieder entlädt, um den Netzbezug zu reduzieren.

Das Projekt „Kommunaler Energieverbund“ optimiert den Betrieb des Wasserstoffsystems und der Ladestation für das E-Mobil unter ökonomischen Gesichtspunkten in Verbindung mit dem Ziel, den Netzbezug zu minimieren. Wetterprognosen, die Buchungsdaten des Fahrzeugs und das Lastprofil des Gebäudes werden von einem MILP-Optimierer (Mixed Integer Linear Programming) verwendet, um Fahrpläne für die E-Mobil-Ladung sowie den Betrieb von Elektrolyseur und Brennstoffzelle zu erzeugen.

Im Projekt STABIL werden Alterungsprozesse in Li-Ion Batterien sowohl in der Simulation als auch experimentell untersucht. Insbesondere wird das Alterungsverhalten der Zellen unter hochfrequenten Lastflüssen aufgrund von Fahrzeug-Zusatzfunktionen sowie klassischen und neuen Wechselrichtern untersucht. Im Microgrid werden Langzeit-Experimente an verschiedenen Batteriesystemen durchgeführt. Die Erkenntnisse über Ursachen der Batteriealterung werden in die Betriebsoptimierung integriert.

C/sells ist ein großes Verbundprojekt im Rahmen dessen ein zellulär strukturiertes Energiesystem entstehen soll. Energiebereitstellung, -nutzung, -verteilung, -speicherung und weitere Infrastrukturdienstleistungen wer-

den innerhalb der einzelnen Zellen, z. B. Liegenschaften, Quartiere und Städte, nach dem Subsidiaritätsprinzip möglichst weitgehend autonom optimiert. Die Vernetzung der Zellen zu einem Verbund erlaubt darüber hinaus gemeinschaftliches Handeln für eine sichere und robuste Energieinfrastruktur. Das Microgrid am INES ist zur realen Demonstration solcher intelligenter Netzzellen vorgesehen.

Ausblick

Im Technikum des INES im Georg-Dietrich-Gebäude des Campus Nord steht eine KWKK-Anlage (Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung) bestehend aus einem Blockheizkraftwerk, einer reversiblen Wärmepumpe, einer Adsorptionskältemaschine sowie einem Wärme- und einem Kältespeicher. Abnehmer der Wärme und der Kälte ist das Raumklimalabor, bestehend aus Klimakammer und zwei Testräumen. Diese KWKK-Anlage soll in das INES-Microgrid integriert werden. Dadurch ergeben sich erheblich mehr Möglichkeiten für die Betriebsoptimierung des Gesamtsystems.

AUTOREN



Dipl.-Ing. Thomas Feldmann
Institut für Energiesystemtechnik
Forschungsgruppe Nachhaltige
Energietechnik
thomas.feldmann@hs-offenburg.de



Prof. Dipl.-Ing. Elmar Bollin
Geschäftsführender Leiter Institut IAF
Leitung Forschungsgruppe NET
Lehrgebiete: Solarthermie, Nachhaltige
Energietechnik, Gebäudeautomation
bollin@hs-offenburg.de



VON
MITTELSTAND
ZU
MITTELSTAND

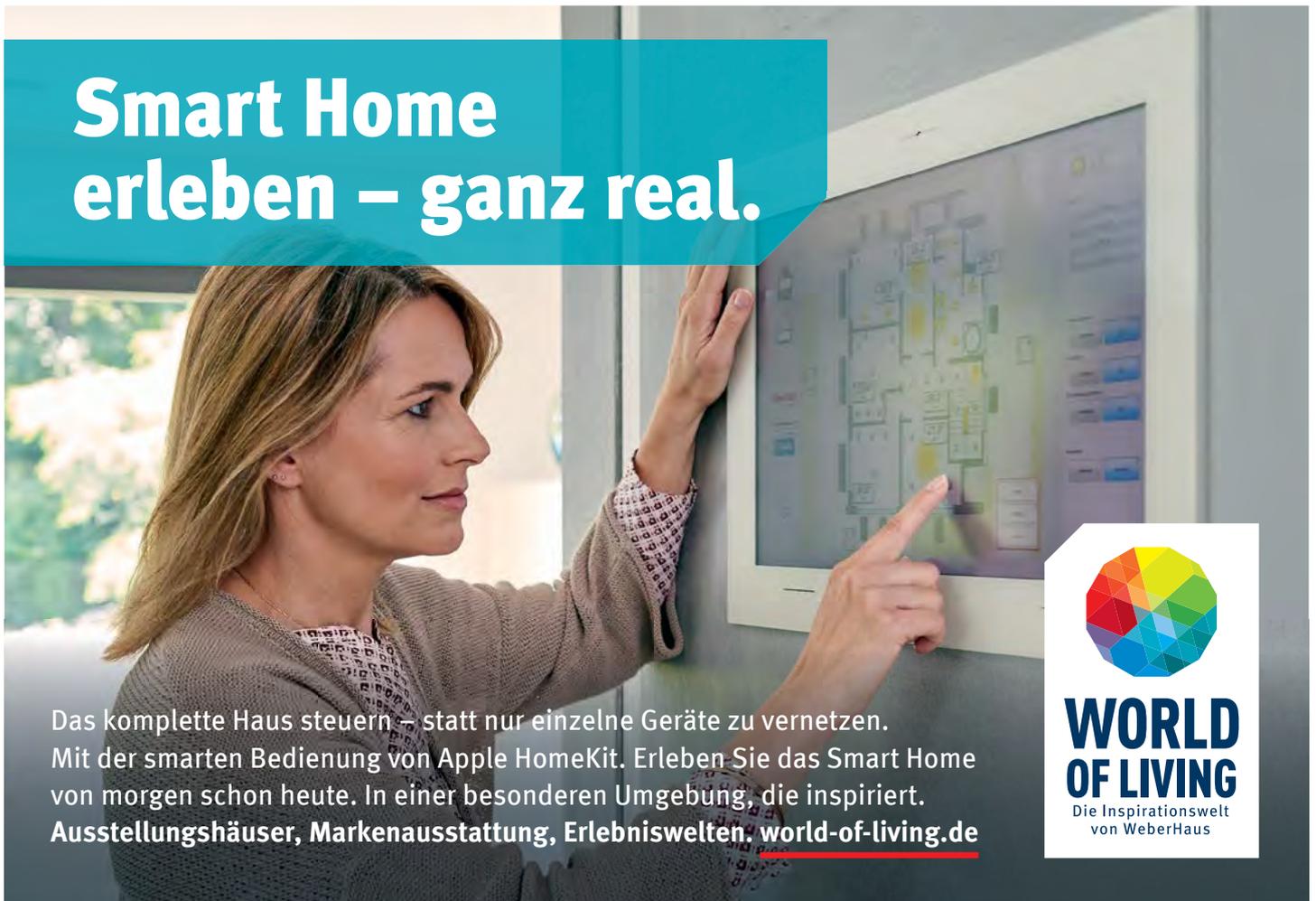
„Gute Berater sind
zuallererst gute Zuhörer.“

M. Feicht, Free-Linked GmbH,
Genossenschaftsmitglied seit 2015

Jeder Mensch hat etwas, das ihn antreibt.

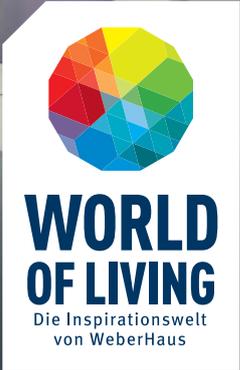
Wir machen den Weg frei.

Machen Sie es wie unser Mitglied M. Feicht: Nutzen Sie für Ihre unternehmerischen Pläne unsere **Genossenschaftliche Beratung** und unser Netzwerk von Spezialisten der Genossenschaftlichen FinanzGruppe Volksbanken Raiffeisenbanken. Mehr Informationen auf volksbank-ortenau.de



**Smart Home
erleben – ganz real.**

Das komplette Haus steuern – statt nur einzelne Geräte zu vernetzen. Mit der smarten Bedienung von Apple HomeKit. Erleben Sie das Smart Home von morgen schon heute. In einer besonderen Umgebung, die inspiriert. **Ausstellungshäuser, Markenausstattung, Erlebniswelten. world-of-living.de**



IUAS – INSTITUTE FOR UNMANNED AERIAL SYSTEMS

Das Institute for Unmanned Aerial Systems wurde vor nunmehr fast sechs Jahren gegründet. Anfänglich standen ausschließlich Problemstellungen und Entwicklungsarbeiten für autonome Helikopter im Vordergrund. Fluggenehmigungen auf der Internationalen Luftfahrtausstellung und Flüge in großen Höhen zeigen die Leistungsfähigkeit der bisherigen Entwicklungsergebnisse.

Bald eröffneten sich weitere Themenbereiche, die in einem technologischen Zusammenhang mit Lösungswegen im UAV-Bereich stehen – wie die Entwicklungsarbeiten in der Kanalsanierung. Hier wurde ein akustisches Verfahren zur Inspektion von Kanalrohren entwickelt, über das bereits in der letztjährigen Ausgabe berichtet wurde. Hieraus ist ein Projekt für ein System für die Kanalnavigation entstanden, das inzwischen abgeschlossen ist. In einem nachfolgenden Projekt werden nunmehr auf akustischem Wege die hydraulischen Eigenschaften von Kanalrohren untersucht. Daraus wird versucht, ein praktikables Verfahren für die hydraulische Bewertung von Abwasserkanälen abzuleiten.

Weitreichende Vorarbeiten in der optischen 3D-Erfassung haben zudem zu einem Entwicklungsprojekt in diesem Bereich geführt. Als Ergebnis wurde ein Prototyp entwickelt.

Problemstellungen in der Inspektion von Beton sind in ein weiteres Entwicklungsprojekt im Bereich Ultrawideband-Radar gemündet. Ein erstes System wurde realisiert und optimiert. Aus diesen Arbeiten haben sich weitere Anwendungsbereiche für bildgebende UWB-Radare ergeben. Hier sind insbesondere ein Projekt für die Erfassung von Hindernissen bei Mähmaschinen, das sich derzeit in der Testphase auf einem Fahrzeug befindet, sowie ein Projekt zur Detektion von Verunreinigungen in Lebensmitteln zu nennen. Insbesondere das Lebensmittelradar stellt sehr hohe Ansprüche an das Radarsystem und die Rekonstruktionsalgorithmen.

Im UAV-Bereich sind das interne Projekt „Jan Mayen“ (Langstrecke mit 10 kg) sowie das vor kurzem gewonnene EU-Projekt „ELCOD“ (Endurance Low Cost Drone mit 25 kg) in Zusammenarbeit mit der INSA/Straßburg zu nennen.

Das Institut hat erfahrene Mitarbeiter und eine breite technologische Basis: Navigation, Flugregelung, Trägerphasen-GPS, HF-Kommunikationssysteme, optische 3D-Erfassung, Ultrawideband-Radar, inverse 3D-Rekonstruktionsalgorithmen, akustische Systeme etc. Zwischenzeitlich hat sich die UWB-Radarseite sehr gut entwickelt, und die Nachfrage nach diversen Entwicklungslösungen hält an. Auch der UAV-Bereich belebt sich derzeit stark. Einerseits, weil das neue Luftfahrtrecht den Erfordernissen von UAVs mehr Rechnung trägt, andererseits, weil unbemannte Flugsysteme zunehmend als ernsthafte konkurrenzfähige Lösungen für technische Problemstellungen gesehen werden.

Die Auftragslage und Auslastung ist daher gut, und es darf gehofft werden, dass sich auf dieser Basis noch einige weitere interessante Entwicklungen ergeben werden.

Natürlich sind Absolventenarbeiten und Projektarbeiten im Institut gern gesehen.

*Institutsleitung
Prof. Dr. rer. nat. Werner Schröder*



Entwurfsprozess eines unbemannten Fluggeräts

Prof. Dr. rer. nat. Werner Schröder

Der Artikel erläutert den Entwurfsprozess eines unbemannten Fluggeräts mit Tragflächen.

This article explains the design process of a winged unmanned aerial vehicle.

Einleitung

Unbemannte Fluggeräte (Unmanned Aerial Vehicle; UAV) können wegen des Fehlens von Personen an Bord eine Reihe von Vorteilen aufweisen: sie können wesentlich leichter als bemannte Luftfahrzeuge sein, was eine wesentliche Reduktion in Herstellungs- und Betriebskosten für eine spezifische Aufgabe bedeutet; Sie können eine Flugdynamik aufweisen, die ein Mensch nicht überstehen würde usw. Es ergeben sich auch wesentlich größere Freiheitsgrade im Entwurf, sodass beispielsweise ein Nurflügel für ein solches Luftfahrzeug eine interessantere Option sein kann als im bemannten Bereich. Der große Entwurfsspielraum erfordert ein gutes Verständnis der physikalischen Zusammenhänge, um zu einem der Aufgabenstellung entsprechenden Lösung zu gelangen. Dieser Artikel soll die erforderlichen Arbeiten aufzeigen, die für den Entwurf einer UAV-Zelle erforderlich sind; er beschränkt sich allerdings auf Flächenflieger.

Werkzeuge für den Entwurf einer UAV-Zelle

Man ist versucht, moderne Programme der Computational Fluid Dynamics (CFD), die die Navier-Stokes-Gleichungen näherungsweise lösen, für die Berechnung der Aerodynamik eines UAV zu nutzen. FEM-Programme bieten sich für die Untersuchung der Steifigkeit der Struktur an. Leider haben diese Programme für die vielen erforderlichen Durchläufe für die Optimierung eines Entwurfs unakzeptabel lange Laufzeiten und erfordern teils eine zeitraubende Datenvor- und nachverarbeitung. Zudem liefern die Ergebnisse kaum Einblick in physikalische Zusammenhänge, sodass man aus den Ergebnissen nicht recht schließen kann, in welche Richtung man sinnvoll weiter optimieren kann.

Wesentlich effizienter wird die Entwurfsarbeit, wenn man einfachere Programme, teils als free/shareware verfügbar, teils selbst geschrieben, im Zusammenspiel mit Einsicht in die physikalischen Zusammenhänge verwendet. Damit wird auch der zeitliche und finanzielle Aufwand überschaubarer.

Der Entwurfsprozess gliedert sich für die Zelle in fünf Phasen, die meist vielfach durchlaufen werden.

- Pflichtenheft: Einsatzzweck, Nutzlast, Reisegeschwindigkeit, Start-/Landegeschwindigkeit, Steigleistung, Gipfelhöhe, Reichweite, Wetter- und Windbedingungen, erlaubte Flugzustände usw.
- Aerodynamik: Ermittlung der Luftkräfte und -momente für alle erlaubten Flugzustände für einen Entwurf
- Statische Strukturfestigkeit: Kann die Zelle die Luftkräfte und -momente ohne Bruch für alle erlaubten Flugzustände sicher aufnehmen?
- Flugstatik- und dynamik: Schwerpunktlage bei getrimmtem Flug, aerodynamisch stabiler oder labiler Flug, sind alle Schwingungen – im wesentlichen Gierrollschwingung (Taumelschwingung) und schnelle Schwingung um die Querachse – ausreichend stark gedämpft sowie das UAV spiralsturzstabil? Diese Fragen werden unter der Annahme einer statischen Flugzeugstruktur gerechnet und beantwortet.
- Aeroelastizität: Der Entwurf ist im Hinblick auf aerodynamische Divergenz (statisch) und dynamisch auf ausreichend gedämpfte Strukturschwingungen hervorgerufen durch eine Kopplung von mechanischen Biege- und Torsionsschwingungen mit den durch die Formveränderung wechselnden Luftkräften und -momenten für alle erlaubten Flugzustände zu untersuchen

Pflichtenheft

Der Inhalt des Pflichtenhefts sollte nicht unveränderlich sein, manche weniger wichtigen Anforderungen sind möglicherweise mit einem vertretbaren Aufwand nicht realisierbar oder widersprechen sich in der Praxis. Das erfordert ein Wechselspiel zwischen Lösungsmöglichkeiten und Pflichtenheft.

Aerodynamik

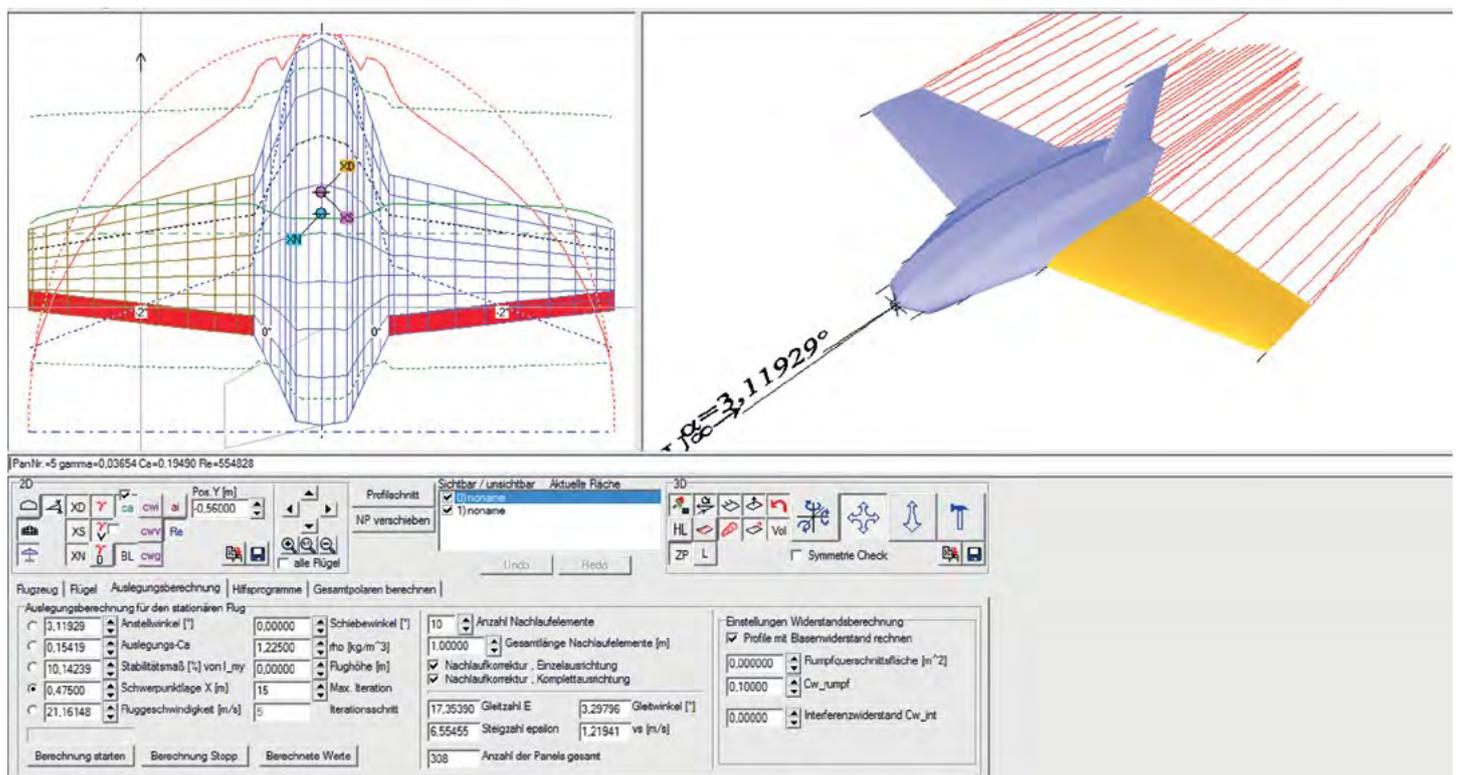
In der Aerodynamik von Flugzeugen versucht man, über strömungsgünstige Körperformen Ablösegebiete mit Rückstromwirbeln wegen deren hohen Widerstands möglichst zu vermeiden. Daher hat man es bis auf die Grenzschicht im wesentlichen mit Strömungsgebieten zu tun, die potenzialtheoretisch mit schnellen numerischen Methoden mit der Randbedingung zu berechnen sind, dass auf der Körperoberfläche die Strömung tangential zur Oberfläche bzw. der Skelettfäche/-linie der Tragfläche/ des Rumpfs verläuft und an der Hinterkante der Tragflächen und ggf. Stabilisierungsflächen die Kutta-Bedingung eingehalten wird. Für die Berechnung der Zirkulation und damit der Luftkräfte und -momente reicht i.a. die Zerlegung der Skelettfäche in einige hundert Teilflächen aus. Programme für diese Panel- bzw. Vortex Lattice Methoden (VLM)

sind in mathematischen Hochsprachen unter Verwendung des Biot-Savart'schen Gesetzes mit etwas Aufwand selber zu schreiben oder man verwendet „FLZ_Vortex“ von Frank Ranis (<http://www.flz-vortex.de>), „AVL“ von Mark Drela (<http://web.mit.edu/drela/Public/web/avl/>), André Deperrois' „XFLR52“ (<http://www.xflr5.com/xflr5.htm>) oder ähnliche Programme. Aus der berechneten Zirkulationsverteilung können dann alle Luftkräfte und -momente bis auf den Oberflächenreibungswiderstand berechnet werden.

Hilfreich ist natürlich ein Verständnis der geschlossenen Potenzialwirbel, die für den Auftrieb einer Tragfläche oder Struktur verantwortlich sind. Deren laufende Erzeugung, eigentlich eine Verlängerung des Anfahrwirbels, kostet unabhängig von der Oberflächenreibung der Strömung Leistung im Flug und ist unter Berücksichtigung anderer Randbedingungen i.a. zu minimieren (induzierter Widerstand).

Die Berechnung der Grenzschicht, die für die viskose Reibung verantwortlich ist, kann durch Integralverfahren über ein selbstgeschriebenes Programm erfolgen oder man verwendet z.B. Martin Hepperles „Javafoil“ (<http://www.mh-aerotoools.de/airfoils/javafoil.htm>) oder Mark Drelas „Xfoil“ (<http://web.mit.edu/drela/Public/web/xfoil/>). Diese Programme lie-

Abb. 1:
Beispiel für Bildschirmanzeige von FLZ_Vortex



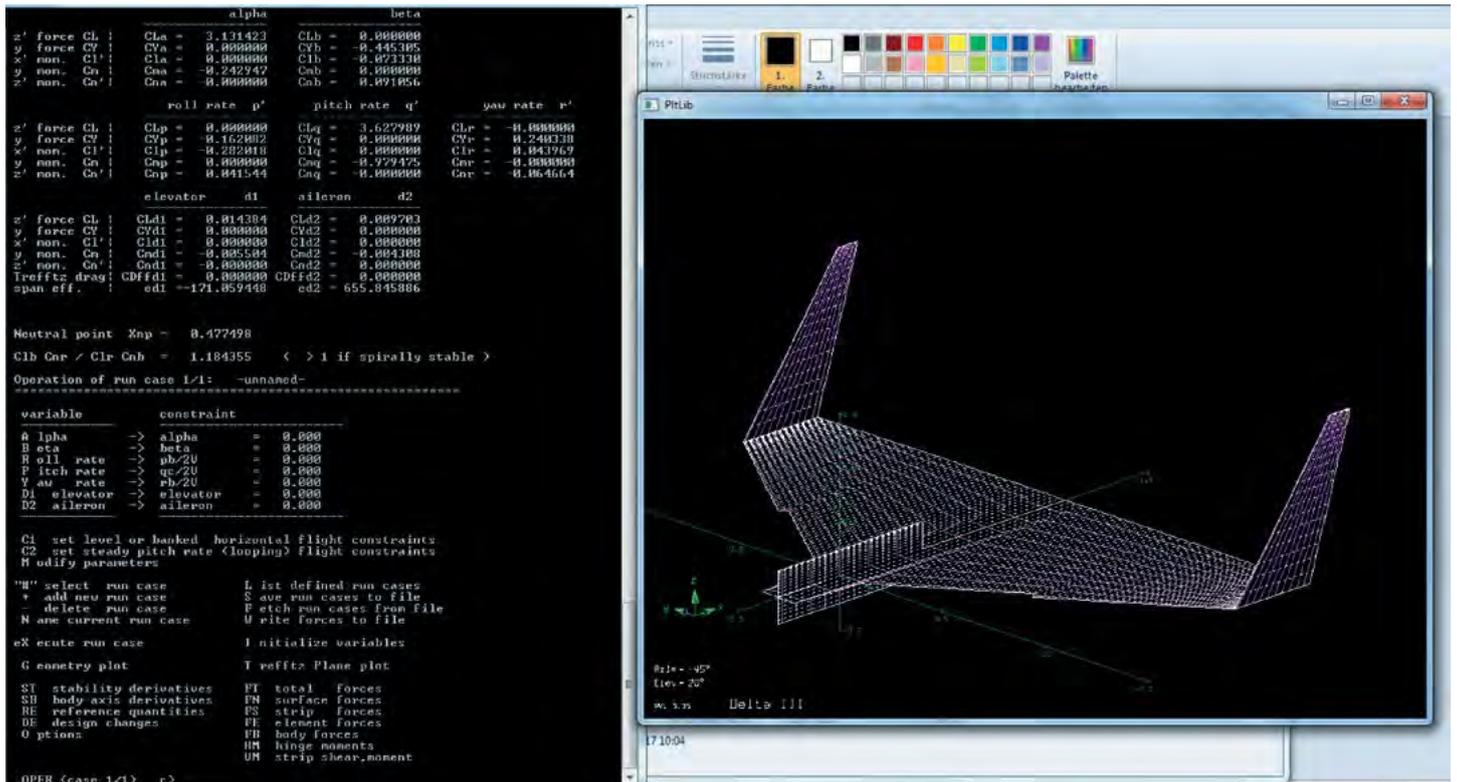


Abb. 2: Beispiel für Bildschirmanzeige von AVL

fern auch Profilpolaren für vorgegebene Tragflächenprofile und erlauben die Optimierung von Profilen für bestimmte Einsatzzwecke.

Die Berechnung des Luftwiderstands durch Oberflächenreibung ist wiederum an das Verständnis des Verhaltens der Grenzschicht geknüpft, die lokalen Widerstandskoeffizienten hängen von der örtlichen Dicke der Grenzschicht und dem Geschwindigkeitsverlauf der umgebenden Strömung ab. Hat man ein Verständnis der Grenzschicht auf der Flieroberfläche, so lässt sich der Luftwiderstand numerisch aufintegrieren. Es ist zu beachten, dass die Reibung ausschließlich von viskosen Scherkräften unmittelbar an der Oberfläche aufgrund des dortigen Geschwindigkeitsgradienten herrührt. Wenn also durch geschickte Formgebung eine weitgehend laminare Grenzschichtführung mit kleinem oberflächennahem Geschwindigkeitsgradienten gelingt, wird ein sehr kleiner Luftreibungswiderstand erzielt. Allerdings ist zu beachten, dass eine laminare Strömung auf schon kleinste Oberflächenstörungen wie tote Mücken oder Regentropfen empfindlich mit Umschlag in Turbulenz reagiert.

Der Einfluss von Steuerklappen lässt sich mit VLM-Verfahren oder auch analytisch berechnen. Bereits Steuerflächen geringer Tiefe führen zu deutlichen Auftriebs- und Drehmomentveränderungen.

Besondere Beachtung verdient das Verhalten bei Strömungsabriss beispielsweise durch eine Bö bei Langsamflug. Der Flieger ist für gutmütiges Flugverhalten so auszulegen, dass er bei Strömungsabriss durch die dadurch sich verändernden Kräfte und Momente von selbst in einen Flugzustand mit anliegender Strömung zurückkehrt. Auch sollte ein Strömungsabriss nicht zuerst im Bereich der Querruder erfolgen, das UAV würde sonst unmittelbar unsteuerbar um die Rollachse. Da Strömungsabriss meistens zunächst einseitig auftreten, ergäbe sich eine schnelle Rolle, bei der nicht gegengesteuert werden kann, mit ggf. anschließendem Aufschlag auf den Boden oder einem Übergang ins Trudeln.

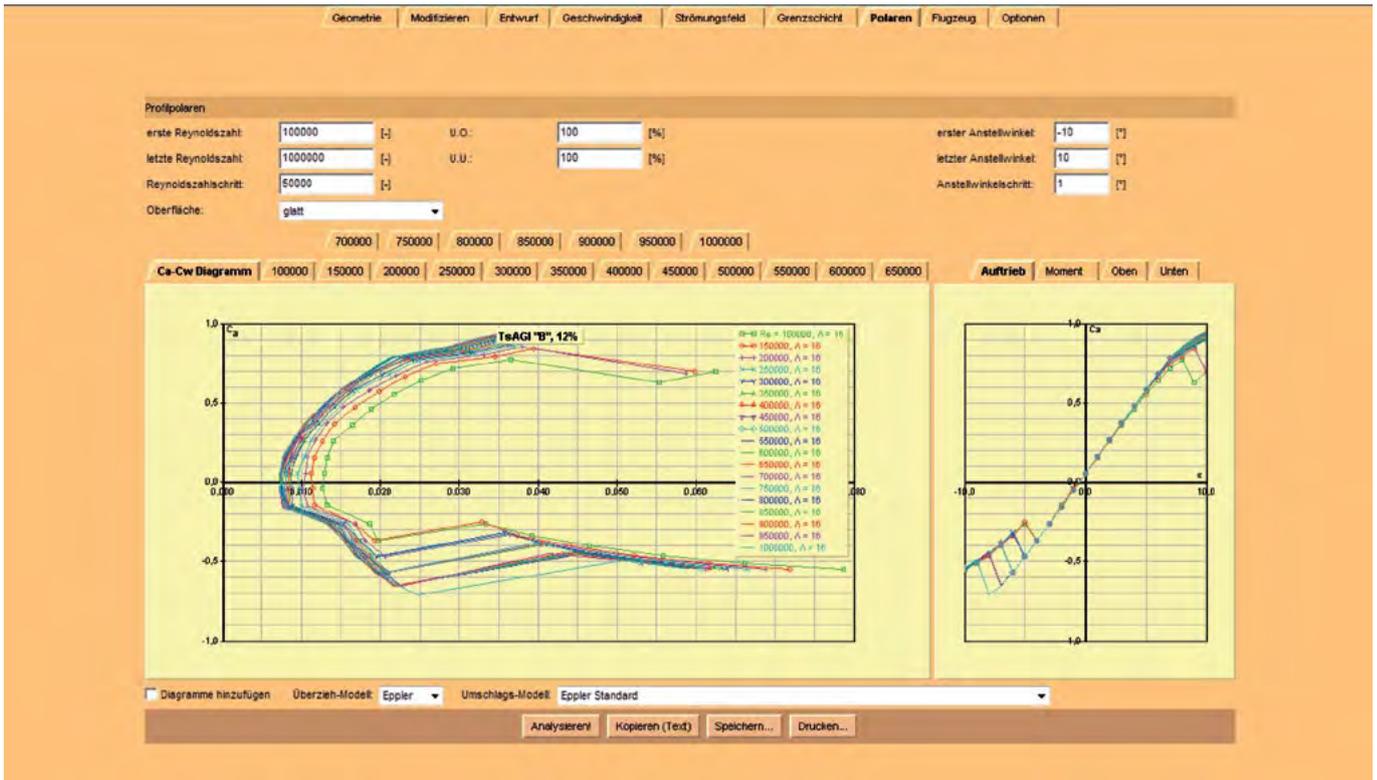


Abb. 3:
Beispiel für Bildschirmanzeige von JavaFoil

Statische Strukturfestigkeit

Im Gewichtsbereich kleiner UAV reicht es meistens, nur die Biege- und Torsionssteifigkeit der Tragfläche zu untersuchen und ggf. zu optimieren. Die einschlägige Theorie ist in wenigen Zeilen zu programmieren, auch für Schalenflügel oder D-Box (Bredt'sche Formel). Die Form ist für Steifigkeit ebenso entscheidend wie das Material. Interessant ist, dass Holz im Vergleich mit kohlenstoffverstärktem Fasermaterial (CFK) in Bezug in Steifigkeit relativ zum Gewicht recht gut abschneidet.

Flugstatik- und dynamik

Aerodynamische Beiwerte für Kräfte und Momente liefern die VLM-Programme. Man benötigt für die Flugdynamik nunmehr noch die Flugzeugmasse und die Massenträgheitsmomente um die drei Raumachsen. Entweder berechnet man die Eigenwerte der Systemmatrix aus den gekoppelten Differentialgleichungen für den Flug (3 für die translatorische Bewegung, 3 für die Rotation) mit einem mathematischen Hochsprachenprogramm und ermittelt daraus die Dämpfung der verschiedenen Schwingungsmodi im Flug, oder man verwendet AVL, das diese Ergebnisse ebenfalls ohne eigenen Programmieraufwand liefert.

Aeroelastizität

Eine Verbiegung oder Torsion führt zu Änderungen der aerodynamischen Kräfte und Momente, die wiederum zu einer Änderung der Verbiegung oder Torsion führen usw., es werden bei hohen Geschwindigkeiten Strukturschwingungen angefacht. Die theoretische Bearbeitung dieses Themas ist auch im Großflugzeugbau noch nicht so weit gelöst, dass auf die Untersuchung von aerodynamisch angefachten Strukturschwingungen bei speziellen Testflügen mit Prototypen verzichtet werden kann.

Das Steifigkeits- zu Masseverhältnis ist bei kleinen UAV meistens derart, dass nur bei extremem Leichtbau oder/und sehr grosser Tragflächenstreckung in Verbindung mit hoher Fluggeschwindigkeit aeroelastische Untersuchungen angestellt werden müssen. Für eine solche Analyse bietet sich die Erweiterung von Vortex-Lattice-Programmen in der Hinsicht an, dass die Panels der Skelettlfläche eins-zu-eins in ein FEM-Programm, das ein Modell des Tragflügels aus entsprechenden steifen Platten, die mit Federn gekoppelt sind, abbildet. Ein solches FEM-Modell ist sinnvollerweise in Matlab o.ä. zu programmieren, und die Eigenmoden lassen sich über Invertierung der Sys-

temmatrix ermitteln. Die durch die Verformung veränderten Kräfte und Momente lassen sich nun über das VLM-Programm ermitteln und man kann über diesen Weg die Dämpfung von Biege- und Torsionsschwingungen berechnen.

Leider nimmt dieser Weg eine stationäre Strömung an, tatsächlich ist sie natürlich durch die Strukturschwingung instationär. Glücklicherweise ist es so, dass sich wegen der Ablösewirbel an der Tragflächenhinterkante bei Auftriebsveränderung ein Tiefpassverhalten der aerodynamischen Kräfte und Momente ergibt, sodass die Lösung der stationären Strömung i.a. zu konservativen, d. h. sichereren, Lösung führt.

Normalerweise wird jede Tragfläche oberhalb einer bestimmten Geschwindigkeit durch aeroelastische Schwingungen zerstört, es kommt daher darauf an, dass diese Geschwindigkeitsgrenze deutlich oberhalb der erlaubten Fluggeschwindigkeit liegt. Da der mögliche Schaden bei einem UAV in einem solchen Fall vergleichsweise gering sein wird, kann Aeroelastizität bei nicht zu großen UAVs auch durchaus im Flug untersucht werden.

Eine Ausnahme bildet die aerodynamische Divergenz, die ein eigentlich statisches Phänomen ist. Die meisten Profilformen weisen ein von null verschiedenes Drehmoment in Bezug auf die Torsionsachse der Tragfläche auf, das natürlich zu einer statischen Verwindung der Tragfläche führt. Die Vorzeichen sind meistens so gerichtet, dass diese Verwindung zu einer Verstärkung des Drehmoments führt usw. ... bis die Tragfläche oberhalb einer bestimmten Geschwindigkeit schlagartig abbricht. Wenn man die Torsionsteifigkeit und Drehachse der Tragfläche und das c_{m0} des Profils kennt, ist diese Grenzgeschwindigkeit leicht zu berechnen. Querruderwirkungsumkehr durch Torsion kann bei verwindungsweichen Flügeln ebenfalls zu Problemen führen und ist ggf. zu untersuchen.

Steuerflächen, insbesondere Querruder, können Schwingungen anfachen, wenn ihr Schwerpunkt außerhalb der Drehachse der Aufhängung liegt. Hier lässt sich häufig Abhilfe schaffen, indem durch Zusatzgewichte vor der Drehachse die Steuerflächen so ausbalanciert werden, dass ihr Schwerpunkt in der Drehachse zu liegen kommt. Durch diese Maßnahme wird die Steuerflächenschwingung von der Tragflächenbiegeschwingung abgekoppelt.

Antrieb und Propeller

Natürlich sind normalerweise ein Antrieb, ein Elektro- oder Benzinmotor, sowie ein Propeller erforderlich. Es ist auch Volumen im Rumpf bzw. in den Tragflächen für ggf. Akkumulatoren oder eine Brennstoffzelle bzw. Tanks vorzusehen. Dabei ist natürlich immer die Lage des Schwerpunkts zu beachten, im Falle von Tanks ist auch die Schwerpunktverlagerung durch Fluglageänderungen zu berücksichtigen. Motor, Propeller und Zelle müssen gut aufeinander abgestimmt werden, um optimale Ergebnisse zu erzielen. Das kann zu völlig unterschiedlichen Gesamtauslegungen für einen Elektro- und einen Benzinmotorantrieb führen.

Ausblick

Der beschriebene Entwurfsprozess wurde im Institut für unbemannte Flugsysteme beispielsweise für den Langstreckenflieger „Jan Mayen“ eingesetzt. Vor kurzem wurde das EU-Projekt „ELCOD“ gewonnen, eine Entwicklungszusammenarbeit mit der INSA/Straßburg für ein UAV mit großer Flugdauer. Auch hier wird der Entwurfsprozess in der beschriebenen Weise erfolgen.

Es ist noch zu beachten, dass kleine UAV mit wenigen Metern Spannweite in einem Reynoldszahlbereich betrieben werden, der insbesondere bei guter Oberflächenqualität kritisch in Bezug auf laminare Ablöseblasen ist. Eine gute Profilwahl und ein sorgfältiger Entwurf sind daher erforderlich, um deutliche Leistungseinbrüche durch solche Blasen zu vermeiden. Ein Nurflügelentwurf stellt insgesamt deutlich höhere Ansprüche an die Optimierung des flugdynamischen Verhaltens, hat aber häufig Vorteile in Bezug auf geringsten Flugwiderstand.

AUTOR



Prof. Dr. rer. nat. Werner Schröder
Leiter Institut IUAS
w.schroeder@hs-offenburg.de

POI – Peter Osypka Institute for Pacing and Ablation

Das von Professor Bruno Ismer geleitete Peter Osypka Institute for Pacing and Ablation (POI) widmet sich der Entwicklung und Vervollkommnung diagnostischer und therapeutischer Verfahren der Kardiologie. Hierzu gehören insbesondere Methoden und Equipment zur individualisierten Elektrotherapie mit implantierbaren Herzschrittmachern und Defibrillatoren sowie zur Katheterbehandlung von krankhaftem Herzrasen.

Auf Anregung profilierter Mediziner und in enger Zusammenarbeit mit ihnen konnte im vergangenen Jahr ein spezieller externer Herzschrittmacher von der Schaltung bis hin zum Gehäuse komplett realisiert werden. Er ist auf die Bedürfnisse von Babys und Kleinkindern zugeschnitten, um kritische Situationen nach einer erfolgreichen operativen Behandlung von Herzfehlern abzufangen.

Neu entstanden ist auch ein mobiles Teachingsystem zur Therapie mit Schrittmachern, Defibrillatoren und kardialen Resynchronisationssystemen. Dieses wurde erstmals erfolgreich bei Weiterbildungsveranstaltungen für Ärzte und mittleres medizinisches Personal eingesetzt. Es ist eine Ergänzung der beiden stationären Trainingssysteme zur Therapie mit elektronischen kardiologischen Implantaten und zur Herzkatheterablation am POI. Wir werden es ab laufendem Jahr für ärztliche

Weiterbildungen im Rahmen des „Curriculums Herzschrittmachertherapie“ der Deutschen Gesellschaft für Kardiologie verwenden.

Aus der interdisziplinären Zusammenarbeit der Doktoranden am POI, Frau C. Brenner MSc und Herrn M. Brudsche MSc, mit der Kinderklinik an der Ludwig-Maximilians-Universität in München und dem Herzzentrum in Lahr gingen zwei Forschungsbeiträge zur Schirmchen-Behandlung von Herzfehlern hervor. Sie wurden u. a. auf der 5th International Conference on Biotechnology and Bioengineering in Bangkok präsentiert. Auf dieser war Herr Dipl.-Ing. T. Haber als Organisator und Chairman sowie mit einem eingeladenen Beitrag aus seinem Promotions-Arbeitsthema „Didaktische Simulationen zur Elektrotherapie des Herzens“ vertreten.

Genannt werden sollen auch die insgesamt 24 Studierenden der Medizintechnik, die seit 2016 ihre Bachelor- und Master-Arbeiten am Institut erarbeiten bzw. erfolgreich zum Abschluss bringen konnten. Ihnen gerade in dieser Phase durch Fördern und Fordern ein gutes Rüstzeug auf den Lebensweg mitzugeben, war und ist eine „Herzens“-Angelegenheit des kleinen POI-Teams.

Institutsleitung

Prof. Dr. rer. nat. habil. Bruno Ismer

2017: Bacheloranten, Praktikanten und Doktoranden am POI – hoch motivierte und engagierte Leistungsträger mit Professor Bruno Ismer (links)



Ein Schrittmacher für Babys mit Herzjagen

Johannes Hörth M. Sc., Dr. med. Andreas Entenmann¹, Benjamin Burg B. Sc., Markus Brudsche M. Sc., Corinna Brenner M. Sc., Dipl.-Ing. (FH) Tobias Haber, Prof. Dr. med. Juraj Melichercik², Prof. Dr. rer. nat. habil. Bruno Ismer

¹Tirol-Kliniken Innsbruck, ²MediClin Herzzentrum Lahr/Baden

In Deutschland kommen jährlich etwa 6500 Kinder mit angeborenen Herzfehlern zur Welt, statistisch gesehen ist ca. jedes 100. Neugeborene davon betroffen /1/. Oft können diese Fehlbildungen nur durch einen chirurgischen Eingriff am offenen Herzen korrigiert werden. Nach solchen erfolgreichen Herzoperationen können lebensbedrohliche Rhythmusstörungen auftreten. Die junctionale ektope Tachykardie (JET) ist eine dieser Herzrhythmusstörungen. Nach verschiedenen Studien sind etwa 6 % bis 14 % der Babys postoperativ davon betroffen /2/. Ihnen kann mit einem speziellen Herzschrittmacher geholfen werden.

Approximately 6500 children are born with congenital heart defects in Germany, annually. In 6 % to 14 %, following the repair-surgery of these defects, junctional ectopic tachycardia (JET) occur. During this tachycardia, the absence of synchrony between atrial and ventricular contraction often results in impaired hemodynamic which leads into a life-threatening situation. A new external pacemaker was developed in order to treat the new-born children affected by JET.

Einleitung

Die junctionale ektope Tachykardie (JET) ist eine Form des Herzjagens, das seinen Erregungsursprung in Höhe des Atrioventrikularknotens hat. Sie ist für Babys lebensbedrohlich, da sie zu Herzfrequenzen von bis zu 260 bpm (beats per minute oder Schläge pro Minute) führt /3/. Aufgrund der darunter asynchronen Vorhof-Kammer-Erregung, der sogenannten AV-Dissoziation, wird die Hämodynamik so weit eingeschränkt, dass eine Nichtbehandlung zum Tod durch akutes Herzversagen führen kann. Notfall-Therapiemaßnahmen bei den betroffenen Babys sind die Verabreichung von Medikamenten oder eine Unterkühlung (Hypothermie) mit dem Ziel, die Herzfrequenz zu reduzieren /4/. Auch hat sich gezeigt, dass durch eine spezielle Form der Stimulation des Herzens die durch die JET eingeschränkte Hämodynamik deutlich verbessert werden kann. So konnten mit einer auf die Kammererregung abgestimmten atrialen Stimulation (AVT-Stimulation) gute Ergebnisse erzielt werden /5, 6/. Bei dieser werden die Vorhöfe, die aufgrund der AV-Dissoziation keinerlei Beitrag zur ventrikulären Füllung leisten, in der Weise stimuliert, dass sich während der Kammertachykardie eine normale Vorhof-Kammer-Sequenz im Verhältnis 1 zu 1 einstellt. Dies verbessert die hämodynamischen Verhältnisse, was sich in einem Anstieg des Herzzeitvolumens äußert und damit lebenserhaltend wirkt.

Zielstellung

Trotz der positiven Resultate werden derzeit von keinem Hersteller spezielle Herzschrittmacher für die AVT-Stimulation angeboten. Somit ist zur Nutzung dieser Methode ein Verfahren notwendig, das kompliziert zu handhaben ist und darum Anwender verunsichert. Dazu müssen die beiden während der Operation für eine danach notwendige Stimulation an Vorhof und Herzkammer angebrachten Herzdrähte vertauscht an die Eingangskanäle eines gewöhnlichen externen Doppelkammer-Schrittmachers angeschlossen werden (Abb. 1). Auf diese Weise können die tachykarden ventrikulären Aktionen über die atriale Elektrode erfasst und die von ihnen abgerufenen Ventrikelstimuli nach Ablauf der vom Arzt programmierten atrio-ventrikulären Verzögerungszeit (AV-Delay) über die ventrikuläre Elektrode an das Atrium abgegeben werden. Aufgrund des Zusammenspiels verschiedener Parameter ist hierzu eine komplexe Programmierung des externen Schrittmachers notwendig /5/.

Um die Therapie junctionaler ektopter Tachykardien mittels AVT-Stimulation für den Anwender zu vereinfachen, sollte ein Labormuster für einen leicht bedienbaren, speziell auf die Bedürfnisse der AVT-Stimulation bei junctionalen ektopter Tachykardien zugeschnittenen externen Herzschrittmacher entwickelt werden, bei dem auch das Vertauschen der Herzdrähte entfällt.

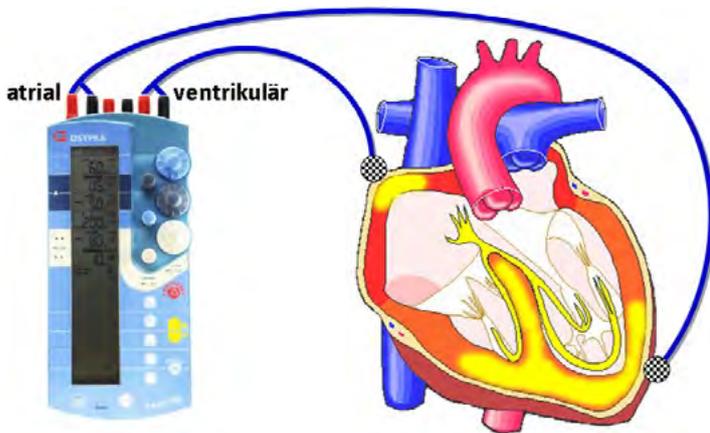


Abb. 1:
Die konventionelle AVT-Stimulation ist realisierbar, indem die postoperativ zugänglichen atrialen und ventrikulären Herzdrähte vertauscht an einen herkömmlichen externen Herzschrittmacher (hier PACE 300, Osypka Medical, Berlin) angeschlossen werden

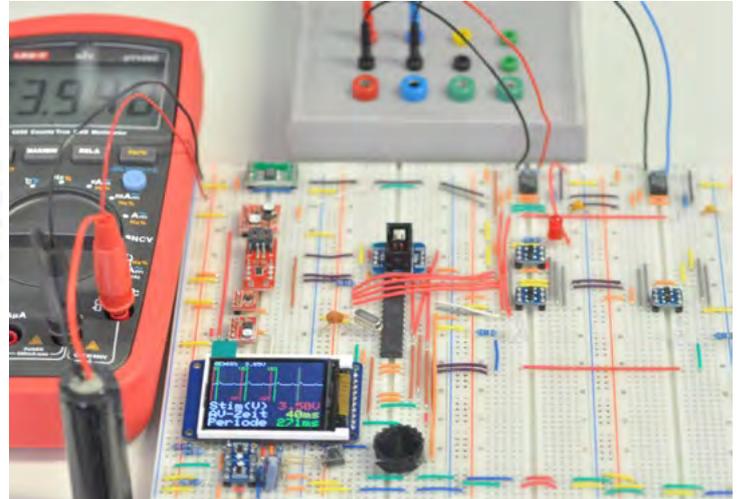


Abb. 2:
Laboraufbau der Schaltung des externen AVT-Stimulators während der in vitro Simulationen am Herzrhythmus-simulator InterSim II

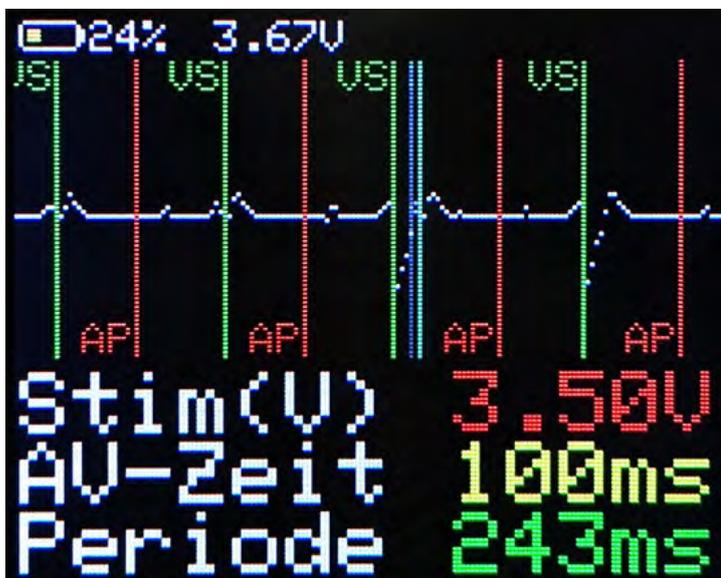


Abb. 3:
TFT-Display mit Angaben zum Ladezustand und der Batteriespannung, dem Echtzeit-EKG mit ventrikulären Sensing- (VS) und atrialen Pacingmarkern (AP) sowie Angaben zur atrialen Stimulationsamplitude, der vom Arzt eingestellten AV-Zeit und der Herzschlag-Periodendauer

Methodik

Unter Einsatz eines Mikrocontrollers war eine elektronische Schaltung zu entwerfen, mit der es möglich ist, die mittels einer ventrikulären Elektrode abgeleiteten rechtsventrikulären Herzaktionen zu erfassen, um daraufhin nach einer einstellbaren Verzögerungszeit über eine atriale Elektrode atriale Stimuli abzugeben. Der Entwurf dieser Schaltung sollte zunächst auf einem Steckbrett in freier Verdrahtung erfolgen (Abb. 2).

In den Aufbau zu integrieren war ein TFT-Display zur Darstellung des Echtzeit-EKGs und aller relevanter Stimulations- und Geräteparameter (Abb. 3).

Der Akkumulatorbetrieb des Musters machte eine Ladeelektronik mit Batterieüberwachung erforderlich. Nach erfolgreichem Abschluss verschiedener in-vitro-Tests am Herzrhythmusimulator waren schließlich eine Leiterplatte für SMD-Bestückung und ein dazu passendes Gerätegehäuse zu realisieren.

Ergebnisse

Der nach den genannten Vorgaben realisierte Laboraufbau des externen AVT-Stimulators konnte anhand verschiedener in-vitro-Simulationen am Herzrhythmusimulator InterSim II erfolgreich getestet werden. Eine Sicherheitsfunktion begrenzt die AVT-Stimulation auf Frequenzen zwischen 120 und 270 bpm. In diesem Bereich funktionierte das Labormuster zuverlässig und löste insbesondere selbst keine Arrhythmien aus.

Die Abbildung 4 demonstriert das Elektrokardiogramm der Ableitung I simultan zum rechtsatrialen Elektrogramm während einer simulierten junctionalen ektopten Tachykardie von 170 bpm. Der obere EKG-Streifen zeigt zunächst die unbehandelte JET mit der typischen AV-Dissoziation, bei der Atrium und Ventrikel unkoordiniert kontrahieren. Nach dem Einschalten des Geräts erfolgt unter der Programmierung eines hämodynamisch optimalen AV-Intervalls (im Beispiel 100 ms) im unteren EKG-Streifen eine kammersynchrone Vorhofstimulation, die die AV-Dissoziation aufhebt. Jeder tachykarden Ventrikelkontraktion geht nun eine atriale Kontraktion voraus.

Die erfolgreichen in-vitro-Tests des Labormusters erforderten Überlegungen nach einem geeignet gestalteten Gerätegehäuse. Diese mündeten in der CAD-Realisierung eines mit auf nur drei Bedienelementen beschränkten kleinen Handheld-Geräts (Abb. 5).

Diskussion

Das entwickelte Labormuster des externen AVT-Stimulators soll die Handhabung der AVT-Stimulation deutlich vereinfachen. Sein spezieller Zuschnitt auf die Behandlung junctionaler ektopten Tachykardien macht das vertauschte Anschließen der Herzdrähte entbehrlich. Weiterhin entfällt die komplexe Aggregatprogrammierung, da der Arzt nur noch das unter der tachykarden Herzfrequenz günstigste AV-Intervall und gegebenenfalls die Stimulationsamplitude vorzuwählen hat.

Durch das integrierte Farbdisplay wird dem Arzt ein Echtzeit-EKG mit ventrikulären Sensing- (VS) und atrialen Stimulationsmarkern (AP) bereitgestellt. Es beinhaltet darüber hinaus alle relevanten Stimulations- und Geräteparameter. Eine zusätzlich programmierte Schutzfunktion verhindert zudem Stimulationen mit Frequenzen über 270 bpm, was den Patient vor einer Auslösung anderer Arrhythmien schützen soll.

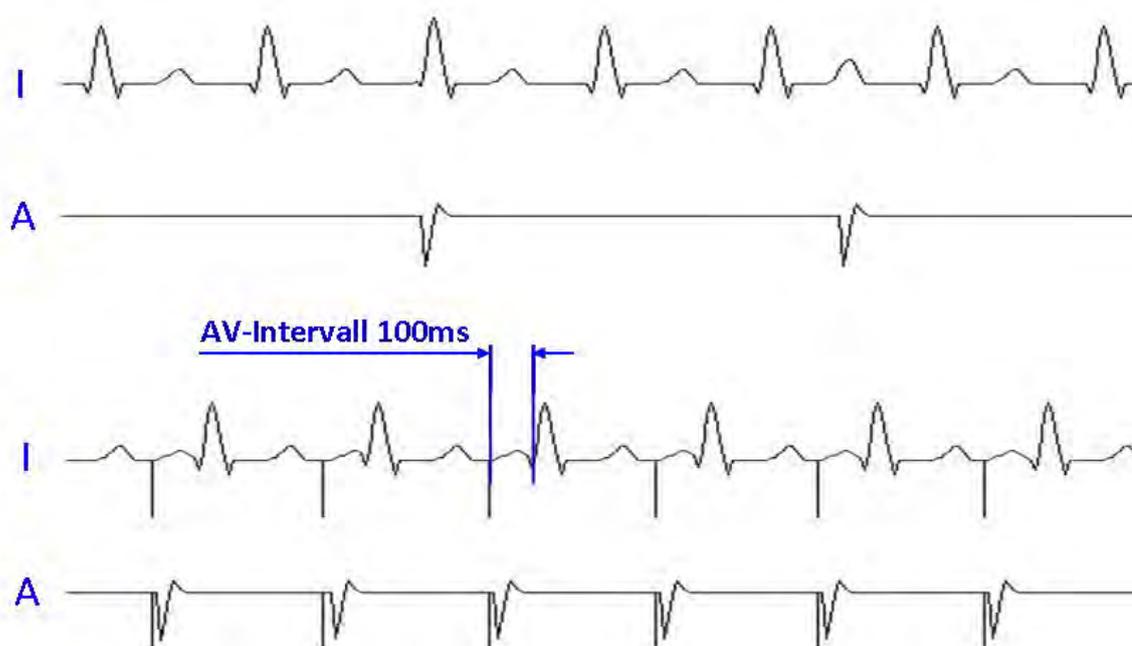


Abb. 4:
Oben: Oberflächen-EKG der Ableitung I und rechtsatriales Elektrogramm einer simulierten junctionalen ektopten Tachykardie mit ausgeprägter AV-Dissoziation
Unten: Aufhebung der AV-Dissoziation durch kammersynchrone Vorhofstimulation (AVT-Stimulation) bei einem eingestellten AV-Intervall von 100 ms



Abb. 5:
CAD-Realisierung des Gehäuses für das Labormuster des externen AVT-Stimulators mit Farbdisplay und lediglich drei Bedienelementen

Zusammenfassung

Der wesentliche Nutzen der AVT-Stimulation zur Therapie junctionaler ektopter Tachykardien ist die Wiederherstellung einer sequenziellen Vorhof-Kammer-Kontraktion, die die tachykardiebedingt eingeschränkte Hämodynamik des Herzens durch einen effektiven Beitrag der Vorhöfe verbessert. Dies gelingt derzeit mit einer kompliziert handhabbaren Methode. Bei dieser werden atriale und ventrikuläre Herzdrähte vertauscht an einen konventionellen externen Doppelkammerschrittmacher angeschlossen und müssen spezielle Einstellungen verschiedener Parameter vorgenommen werden. Mit dem entworfenen Labormuster eines speziellen externen AVT-Stimulators für die Behandlung junctionaler ektopter Tachykardien bei Babys soll die Handhabung der AVT-Stimulation vereinfacht werden. Bei seinem Einsatz entfällt nicht nur das vertauschte Anschließen der Herzdrähte. Da der Arzt nur das für den individuellen Fall unter der tachykarden Herzfrequenz günstigste AV-Intervall entweder aufgrund hämodynamischer Messung oder nach seiner Erfahrung vorzuzählen hat, entfällt auch die komplexe Programmierung.

Im Rahmen der in-vitro-Simulationen am InterSim II konnten mit dem entwickelten Labormuster des externen AVT-Stimulators keine adversen Effekte beobachtet werden.

Referenzen/References:

- [1] Schumacher G, Hess J and Bühlmeier K (2008) Klinische Kinderkardiologie - Diagnostik und Therapie der angeborenen Herzfehler. Springer Verlag, Heidelberg
- [2] Entenmann A and Michel M (2016) Strategies for Temporary Cardiac Pacing in Pediatric Patients with Postoperative Junctional Ectopic Tachycardia. Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia 30: 217-221
- [3] Haas N A, Plumpton K, Pohlner P et al. (2004) Postoperative junctional ectopic tachycardia (JET). Zeitschrift für Kardiologie 93: 371-380
- [4] Kovacicova L, Hakacova N, Dobos D, et al. (2009) Amiodarone as a First-Line Therapy for Postoperative Junctional Ectopic Tachycardia. Annals of Thoracic Surgery 88: 616-622
- [5] Janousek J, Vojtovic P and Gebauer R A (2003) Use of a modified, commercially available temporary pacemaker for R wave synchronized atrial pacing in postoperative junctional ectopic tachycardia. Pacing and clinical electrophysiology 26: 579-586
- [6] Till J A and Rowland E (1991) Atrial pacing as an adjunct to the management of post-surgical His bundle tachycardia. British Heart Journal 66: 225-229

AUTOREN

Johannes Hörth M. Sc.

jhoerth@stud.hs-offenburg.de

Dr. med. Andreas Entenmann, Oberarzt am

Dep. für Pädiatrie, Tirol Kliniken, Innsbruck

andreas.entenmann@tirol-kliniken.at

Benjamin Burg B. Sc.

b.burg@osypka.de

Markus Brudsche M. Sc., Akad. Mitarbeiter

markus.brudsche@hs-offenburg.de

Corinna Brenner M. Sc., Akad. Mitarbeiter

corinna.brenner@hs-offenburg.de

Dipl.-Ing. (FH) Tobias Haber, Akad. Mitarbeiter

tobias.haber@hs-offenburg.de

Prof. Dr. med. Juraj Melichercik, Leiter Abtlg.

Elektrophysiologie Herzzentrum Lahr/Baden

juraj.melichercik@mediclin.de



Prof. Dr. rer. nat. habil. Bruno Ismer

Professor an der Hochschule Offenburg

und Leiter des Peter Osypka Institute

for Pacing and Ablation

bruno.ismer@hs-offenburg.de

Extrakardiale Anwendungsmöglichkeiten der Hochfrequenzablation

Markus Brudsche M. Sc., Corinna Brenner M. Sc., Dipl.-Ing. (FH) Tobias Haber,
Prof. Dr. med. Juraj Melichercik¹, Prof. Dr. rer. nat. habil. Bruno Ismer
¹MediClin Herzzentrum Lahr/Baden

Die Hochfrequenz-Katheterablation ist seit etwa 30 Jahren der Goldstandard bei der Behandlung von Herzrhythmusstörungen. Dieses Prinzip wird heutzutage nicht mehr nur bei der Behandlung tachykarder Herzrhythmusstörungen eingesetzt. Mittlerweile gibt es auch Anwendungsmöglichkeiten zur Therapie von Krankheiten außerhalb des Herzens.

Since nearly 30 years radiofrequency ablation (RFA) is the gold standard in the treatment of tachycardic arrhythmias. In the meantime, the principle of RFA was also used for a wide range of different extracardiac applications. For example, renal denervation to control resistant hypertension, the treatment of different carcinomas and pain management. Compared to conventional surgical techniques RFA can be used to destroy tissue very precisely.

Einleitung

Bei der Hochfrequenz-Katheterablation wird zwischen der meist am Rücken des Patienten angebrachten großflächigen Neutralelektrode und der Katheterspitze ein Strom mit einer Frequenz von etwa 500 Kilohertz abgegeben. Die Stromdichte ist direkt unterhalb der distalen Elektrode des Ablationskatheters am höchsten. Deshalb erwärmt sich dort das Gewebe am stärksten, was schließlich zu einer irreversiblen Denaturierung der an der Erkrankung beteiligten Leitungsbahnen führt /1/. Durch eine Kühlung der Katheterspitze mit physiologischer Kochsalzlösung kann eine höhere Hochfrequenzenergie appliziert werden. Hierdurch können tiefere und größere Gewebeläsionen generiert werden /2/.

Zielstellung und Methodik

Diese Arbeit soll einen Überblick über aktuelle Möglichkeiten und Techniken der Hochfrequenzablation für extrakardiale Anwendungen geben.

Ergebnisse

Die Nieren spielen bei der Blutdruckregulation eine entscheidende Rolle. Eine Regulationsstörung des sympathischen Nervensystems, das die Niere mit dem Gehirn verbindet, kann zu einer Entgleisung des Blutdrucks führen. Die Ablation des renalen, sympathischen Nervengeflechts bietet hier einen Behandlungsansatz. Die Wirksamkeit der renalen Denervation ist jedoch

umstritten. In ersten Studien konnte noch eine signifikante Blutdrucksenkung nachgewiesen werden. In der aktuellsten und umfangreichsten Studie konnte zwar eine deutliche Senkung des Blutdrucks nachgewiesen werden, jedoch ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zur Kontrollgruppe /3/. Trotz dieses Ergebnisses besteht immer noch die Möglichkeit, dass eine von Experten durchgeführte renale Denervation bei ausgewählten Patienten in der Lage ist, den Blutdruck langfristig zu senken /4/.

Die Hochfrequenzablation wird auch zur Behandlung von Tumoren eingesetzt. Hierfür werden die Ablationselektroden unter computertomografischer oder Ultraschall-Kontrolle zum Zielgewebe vorgeschoben, wo der Hochfrequenzstrom abgegeben wird. Auf diese Weise können Leber-, Lungen-, Schilddrüsen-, Nieren-, und Brusttumore sowie Osteoid-Osteome behandelt werden. Durch die gute örtliche Begrenzung wird dabei wenig gesundes Gewebe geschädigt. Außerdem können auch anatomisch schwierige Stellen gut erreicht werden.

Das Barrett-Syndrom ist eine entzündliche Veränderung des distalen Ösophagus, das mit der Ausbildung von Geschwüren einhergeht. Diese Geschwüre können durch Ablation zerstört werden. Hierzu wird ein spezieller Ablations-Ballonkatheter in die Speiseröhre eingeführt und dort dilatiert. Daraufhin wird der Hochfrequenzstrom abgegeben. Die Vorteile

Referenzen/References:
/1/ Kuck K-H, Ernst S, Dorwarth U, Hoffmann E, et al. (2007) Leitlinien zur Katheterablation. Clinical Research in Cardiology, 96(11): 833-849
/2/ Ismer B (2007) Kleine Ablatorfibel, Wissenswertes zur Technik der Katheterablation. Universität Rostock
/3/ Esler MD, Krum H, Sobotka PA, Schlaich MP, et al. (2010) Renal sympathetic denervation in patients with treatment-resistant hypertension (The Symplicity HTN-2 Trial): a randomised controlled trial. Lancet, 376(9756): 1903-9
/4/ Stergiou GS, Achimastos A (2014) Renal denervation in treating resistant hypertension: does it have a future? Hellenic J Cardiol, 55(6): 439-41
/5/ Hamamoto S, Matsuoka T, Okuma T, Yamamoto A, et al. (2014) Effective palliative radiofrequency ablation for tumors causing pain, numbness and motor function disorders: case series. BMC Research Notes, 7: 765

dieses Verfahrens zeigen sich in einer hohen Erfolgsrate bei gleichzeitig weniger Komplikationen. Außerdem ist sie günstiger als alternative Therapieformen.

Die Hochfrequenzablation wird in der Schmerztherapie hauptsächlich zur Palliation eingesetzt, wenn andere konventionelle Verfahren nicht zum gewünschten Erfolg führen. Die Schmerzlinderung kann dabei auf unterschiedliche Arten erreicht werden. Zum einen kann bei einer Tumorerkrankung die Tumorgöße verringert werden. Dies führt dazu, dass dieser weniger Raum einnimmt und somit keinen Druck mehr auf Nervenbahnen ausübt /5/. Zum anderen können die nervalen Verbindungen, die an der Schmerzweiterleitung beteiligt sind, gezielt unterbrochen werden. Durch die Anwendung bei Trigeminusneuralgien und dem Facettensyndrom kann dadurch die Lebensqualität der Patienten deutlich verbessert werden.

Hierfür kann der in Abbildung 1 abgebildete Hochfrequenzgenerator Neuro N50 der Firma Stockert in Verbindung mit den Thermoläsionskanülen der Firma Radimed (Abbildung 2) eingesetzt werden.

Zusammenfassung

Außerhalb des Herzens wird die Hochfrequenzablation derzeit zur Renalen Denervation, bei der Behandlung von Lungen-, Schilddrüsen- und Leberkarzinomen, des Osteoid-Osteoms und des Barrett-Syndroms, sowie im Rahmen der Schmerztherapie eingesetzt. Sie ist im Gegensatz zu klassischen chirurgischen Resektionen sehr schonend, da das Gewebe zielgenau zerstört werden kann. Des Weiteren ist sie ein relativ preisgünstiges Verfahren mit geringer Behandlungsdauer. Prinzipiell kann sie an allen per Katheter zugänglichen Stellen eingesetzt werden.



Abb. 1:
Neuro N50 Hochfrequenzgenerator (Stockert GmbH, Freiburg)



Abb. 2:
Thermoläsionskanülen zur Schmerztherapie
(Radimed GmbH, Bochum)

AUTOREN



Markus Brudsche M. Sc.
Akad. Mitarbeiter am POI
markus.brudsche@hs-offenburg.de

Corinna Brenner M. Sc., Akad. Mitarbeiter
corinna.brenner@hs-offenburg.de
Dipl.-Ing. (FH) Tobias Haber, Akad. Mitarbeiter
tobias.haber@hs-offenburg.de
Prof. Dr. med. Juraj Melicherik, Leiter Abtlg.
Elektrophysiologie Herzzentrum Lahr/Baden
juraj.melicherik@mediclin.de
Prof. Dr. rer. nat. habil. Bruno Ismer
Hochschule Offenburg, Leiter des Peter
Osypka Institute for Pacing and Ablation
bruno.ismer@hs-offenburg.de

Reduction of stroke using left atrial appendage occluder

Corinna Brenner M. Sc., Markus Brudsche M. Sc., Johannes Härtig¹, Prof. Dr. med. Juraj Melicherčík¹, Prof. Dr. rer. nat. habil. Bruno Ismer
¹MediClin Herzzentrum Lahr/Baden

Cardiac closure systems are used to correct anatomical anomalies and malformations of the heart and the associated pathological effects. Cardiac catheterization offers a wide range of interventional techniques for their treatment.

Bei Patienten mit Vorhofflimmern ist das linke Vorhofohr die Hauptquelle für eine Thrombenbildung, die ein erhöhtes Risiko für Schlaganfälle ist. Um letztere zu vermeiden wurden seit den 90er Jahren Vorhofohr-Verschlussysteme entwickelt und implantiert. Studien belegen, dass diese einer medikamentösen oralen Antikoagulation in der Wirksamkeit nicht unterlegen, aber weniger sicher sind. Durch die Weiterentwicklung der Okkluder und ihrer Implantationstechnik sollen operations-assoziierte Komplikationen reduziert und die Sicherheit für Patienten erhöht werden. Um eine optimale Passform zu gewährleisten, die Undichtigkeiten vermeidet, ist die Entwicklung individueller Okkludersysteme anzustreben.

Introduction

Since the 90s, a large number of various cardiac occluder systems have been developed and manufactured industrially. Many of them were only briefly available on the market because clinical trials demonstrated that their designs did not match the clinical needs.

The left atrial appendage (LAA) is a 2 – 4 cm long, tubular structure with connection to the left atrium with important pathological significance. In Atrial Fibrillation (AF) patients it is the main source for thrombus formation.

Considerable interindividual variation of the left atrial appendage morphology is a major problem in the development of occluder systems. The most common morphologies are labelled as Chicken Wing, Cactus, Windsock and Cauliflower (Figure 1) /1/.

Aims

We aimed to provide an overview of the different types of cardiac closure systems, their technical characteristics and application. Furthermore, in order to deduce the necessity of constructive changes or new developments to facilitate their placement, while increasing the safety of their use for the physicians and patients, it shall weigh up the advantages and disadvantages between the new interventional and conventional (surgical /medicinal) methods.

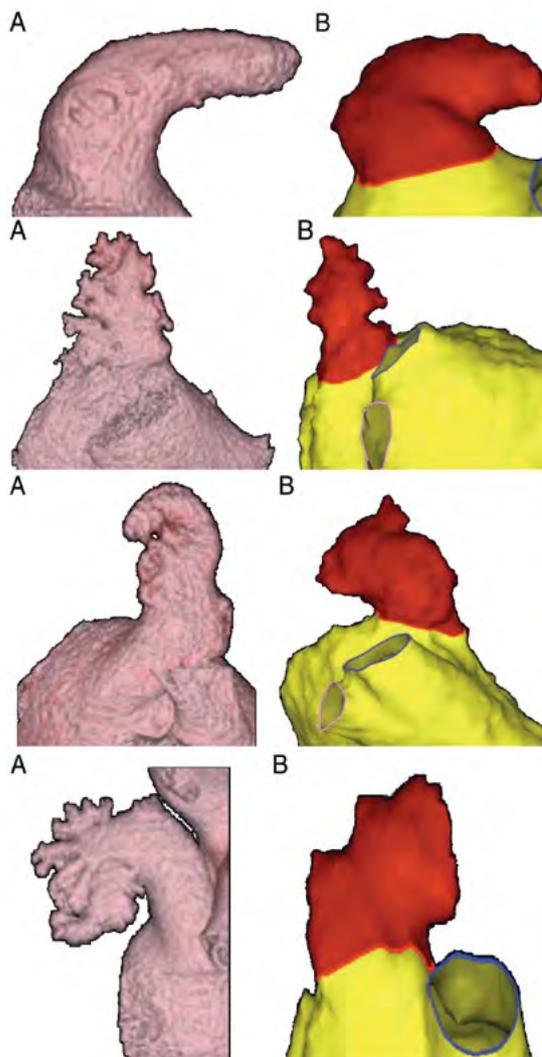


Fig. 1: LAA morphologies classified as described previously (from top to bottom): Chicken Wing, Cactus, Windsock and Cauliflower; (A) CT-Image, (B) MR-Imaging.

Referenzen/References:

[1] Romero J et al. (2014) Cardiac imaging for assessment of left atrial appendage stasis and thrombosis. *Nat Rev Cardiol.* 11(8) 470-480

[2] Reinsperger I and Nachtnebel A (2014) Perkutaner Verschluss des linken Vorhofes zur Thrombembolieprophylaxe bei PatientInnen mit Vorhofflimmern 1. (Update 2014). Decision Support Document Nr. 44/Update 2014, Wien: Ludwig Boltzmann Institut für Health Technology Assessment.

[3] Camm AJ et al. (2012) 2012 focused update of the ESC Guidelines for the management of atrial fibrillation: an update of the 2010 ESC Guidelines for the management of atrial fibrillation. Developed with the special contribution of the European Heart Rhythm Association. *Eur Heart J.* 33(21) 2719-47

[4] Alli O et al. (2013) Quality of life assessment in the randomized PROTECT AF (Percutaneous Closure of the Left Atrial Appendage Versus Warfarin Therapy for Prevention of Stroke in Patients With Atrial Fibrillation) trial of patients at risk for stroke with nonvalvular atrial fibrillation. *J Am Coll Cardiol.* 61(17) 1790-8

[5] Holmes DR et al. (2009) Percutaneous closure of the left atrial appendage versus warfarin therapy for prevention of stroke in patients with atrial fibrillation: a randomized non-inferiority trial. *Lancet.* 374(9689) 534-42

[6] Reddy VY et al. (2013) Left atrial appendage closure with the Watchman device in patients with a contraindication for oral anticoagulation: the ASAP study (ASA Plavix Feasibility Study With Watchman Left Atrial Appendage Closure Technology). *J Am Coll Cardiol.* 61(25) 2551-6

Methods

This work examines the current state of the closure of the left atrial appendage. In addition, findings on actual implantation procedures of occluder systems could be won at Heart-Center Lahr/Baden, Germany (Figure 2, 3, 4).

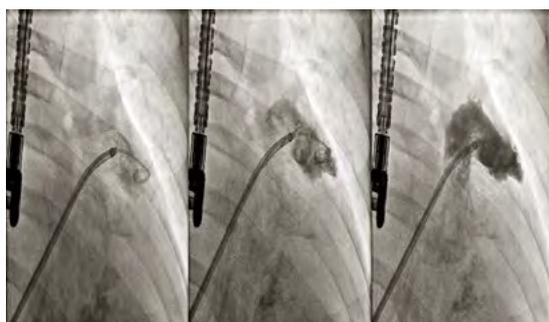


Fig. 2: Radiological presentation of the pigtail catheter in the LAA (left to right pigtail catheter without contrast agent; inflow of contrast agent; representation of the LAA with contrast agent) (respectively on the left: TEE probe)

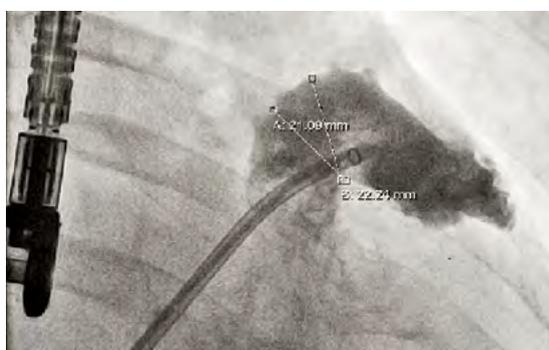


Fig. 3: Measuring of the LAA Diameter in the radiological presentation using contrast agents

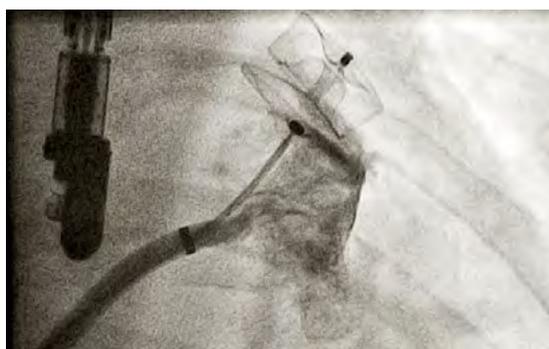


Fig. 4: Radiological presentation of the leak test with contrast agent using implanted AMPLATZER™ Amulet™ occluder

Results

Currently, in Europe there are 3 commercially available systems for percutaneous atrial appendage closure, the Watchman® (Boston Scientific) (Figure 5), the Amplatzer™ (St. Jude Medical) and the Coherex WaveCrest™ (Coherex Medical). All are CE certified, the Watchman system since 2005, the Amplatzer Cardiac Plug since 2008 and the Wavecrest system since 2013 /2/.

Due to anatomical limitations, the success rate in the mentioned occluders is highly variable and depends on the individual characteristics of the patient. There is a large discrepancy between the geometric opening of the atrial appendage and the structural design of the occluder. Since the opening of the atrial appendage usually is rather oval than round, a larger device has to be implanted than the one primarily intended. This can lead into leaking by gaps, which may play a clinical role. Drug therapy with oral anticoagulants or aggregation inhibitors should be continued in the case of a residual flux. Effectiveness of the atrial appendage closure was investigated in the randomized controlled PROTECT-AF study, only. However, this study has several limitations, e.g. with respect to the selection of the included patients, so that these population is not representative. Therefore, results can not be applied to patients with contraindications for OAC /2/.

In 2012, recommendations concerning the implantation of atrial appendage closure systems were implemented into the guidelines of the ESC (European Society of Cardiology). Percutaneous atrial appendage closure is taken into account with level “B” of evidence as Class IIb recommendation. It can be considered for patients with high risk of stroke and contraindications for oral anticoagulants. However, guideline points out that no data from controlled studies are available so far for this patients /3/.

Conclusions

The present work considers recent occluder systems for closure of the left atrial appendage. Studies /4-6/ have shown that the effectiveness of percutaneous atrial appendage closures is not inferior compared to oral anticoagulation, but less secure. However, in the follow-up, current occluder systems show significantly less side effects. Surgery-related complications could be lowered and safety for the patient could be raised by further development of the systems and their implantation technique.

The proven correlation between success rate and the implanter's experience is an decisive argument for the development of special training systems.

Considerable interindividual variations of the left atrial appendage require customized systems, possibly by magnetic resonance imaging and 3D printing technology, to ensure optimal individual fitting and to avoid leaking.

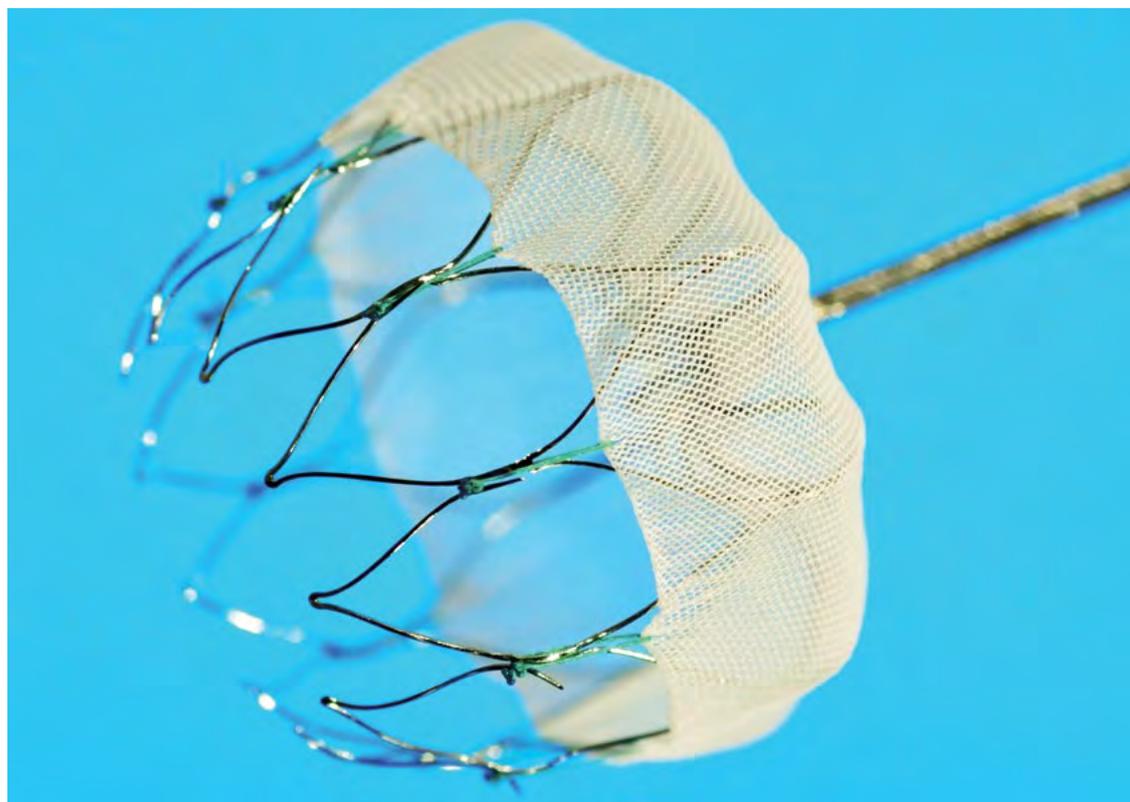


Fig. 5:
Closeup of 27 mm Watchman® occluder, 10 Active fixation anchors around device perimeter engage LAA tissue for stability and retention

AUTOREN



Corinna Brenner M. Sc.
Akad. Mitarbeiterin am POI
corinna.brenner@hs-offenburg.de

Markus Brudsche M. Sc., Akad. Mitarbeiter
markus.brudsche@hs-offenburg.de

Johannes Härtig, Ltd. Oberarzt Schrittmacher-
/Defibrillatortherapie Herzzentrum Lahr/Baden
johannes.haertig@mediclin.de

Prof. Dr. med. Juraj Melichercik, Leiter Abtlg.
Elektrophysiologie Herzzentrum Lahr/Baden
juraj.melichercik@mediclin.de

Prof. Dr. rer. nat. habil. Bruno Ismer
Hochschule Offenburg, Leiter des Peter
Osypka Institute for Pacing and Ablation
bruno.ismer@hs-offenburg.de

NaSiO – INSTITUT FÜR NACHHALTIGE SILIKATFORSCHUNG OFFENBURG

Das Institut NaSiO setzt sich zum Ziel, Silikatwerkstoffe als Baumaterialien aus Wüstensand mit neuen Eigenschaften, die kompatibel mit einer nachhaltigen Energietechnik sind, zu entwickeln.

Am einfachsten beschreibt man Silikatwerkstoffe als polymeren Sand. Der Schlüssel zur vermehrten industriellen Nutzung von (Wüsten-)Sand ist die Geopolymerstruktur. Diese wird aus Wasserglas gebildet, das schon heute kostengünstig aus Sand, Soda und Sonnenenergie (SSS-Ansatz) hergestellt werden kann.

Der Schwerpunkt der Institutsarbeit liegt auf der Erforschung der chemischen Bindungen, die eine Geopolymerstruktur ausmachen. Hierzu werden als analytische Messmethoden die IR-Spektroskopie sowie in Zusammenarbeit mit mehreren universitären Instituten die ^{27}Al -MAS NMR-, ^{29}Si -MAS NMR- und ^{31}P -NM-

RSpektroskopische Messungen an Festkörpern eingesetzt. Auch wird an der verfahrenstechnischen Optimierung aller Prozesse geforscht, die der Bildung geopolymerer Strukturen zugrunde liegen.

Konkret wird an der Herstellung neuartiger anorganischer Dämmstoffe mit einer Dichte von unter $0,09 \text{ g/cm}^3$, an der Entwicklung von Dämmstoffen im Bereich bis $1.100 \text{ }^\circ\text{C}$, an der Entwicklung eines Ziegelerersatzes aus Wüstensand oder Betonabfällen sowie an der Verkieselung von Holz gearbeitet. Bei allen Forschungs- und Entwicklungsthemen stehen Ressourcenschonung, Umweltverträglichkeit und Langlebigkeit der Produkte im Mittelpunkt.

Institutsleitung

Prof. Dr. rer. nat. Bernd Spangenberg



Nachhaltige Bieberschwänze – Neuartige Dachziegel aus Recyclingmaterial

Prof. Dr. rer. nat. Bernd Spangenberg

Nachhaltigkeit bedeutet auch, Recycling ernst zu nehmen. Am Institut für nachhaltige Silikatforschung in Offenburg (NaSiO) wird seit mehreren Jahren über die sinnvolle Verwendung mineralischer Abfallstoffe wie Formsände, Quarzpulver oder auch verwittertem Gestein gearbeitet. Es wurde eine neue und Energie schonende Methode entwickelt, aus diesen Abfällen Dachziegel in Form von Bieberschwänzen herzustellen. Dazu wird der mineralische Abfallstoff zerkleinert, mit einer Silikatlösung gemischt und anschließend bei 140 °C durch eine Polykondensation gehärtet. Die Wetterfestigkeit solcher Dachziegel wird untersucht.

Sustainability also means, taking recycling seriously. The Institute for sustainable silicate research Offenburg (NaSiO) is working since several years on usage of mineral waste materials such as moldings, quartz powder or even weathered rock. A new and energy-conserving method has been developed to produce roof tiles from these waste materials in the form of a beaver tail. For this purpose, the mineral waste material is comminuted, mixed with a silicate solution and then cured at 140 °C. The occurring polycondensation hardens the material. The weather resistance of such roofing tiles is under investigation.

Problemstellung

Beim Klimagipfel in Paris 2015 haben sich alle 195 Staaten auf ein Abkommen geeinigt, das die Erwärmung der Erde eindämmen soll. Dieser Vertrag trat 2016 in Kraft und verpflichtet die Weltgemeinschaft, die Erderwärmung im Vergleich zum Ende des 19. Jahrhunderts deutlich unter zwei Grad zu halten. Es sollen Anstrengungen unternommen werden, die Erhöhung der bodennahen Temperatur – wenn möglich – auf 1,5 Grad zu begrenzen. Beide Ziele sind sehr ambitioniert, da heute bereits ein Grad Erwärmung erreicht ist. Zum Erreichen dieser Ziele soll die weltweite Energieversorgung radikal umgestellt werden, um den Höhepunkt der CO₂-Emissionen so schnell wie möglich zu erreichen. Auch wollen die Staaten Maßnahmen treffen, um die Risiken abzufedern, die bei einer Erwärmung um zwei Grad zu erwarten sind.

Der Studiengang Verfahrenstechnik an der Hochschule Offenburg verfolgt seit 1989 die Idee der Nachhaltigkeit und des Klimaschutzes. Er ist damit in Baden-Württemberg einer der ersten Studiengänge, der sich diesem Ziel verpflichtet hat. Hier in Offenburg werden die Ingenieure der Zukunft ausgebildet, die im Bereich der Umwelt-, Bio- und Energieverfahrenstech-

nik die Ziele des Klimavertrags von Paris in der Praxis umsetzen werden.

Der Begriff der Nachhaltigkeit kommt aus der Forstwissenschaft. Nachhaltigkeit steht für das heute in Deutschland gebräuchliche „forstwirtschaftliche Prinzip, nach dem nicht mehr Holz gefällt werden darf, als jeweils nachwachsen kann“ [1]. Der Gebrauch des Begriffs im Sinn eines langfristig angelegten verantwortungsbewussten Umgangs mit einer Ressource wurde von Hans Carl von Carlowitz 1713 in seinem Werk *Silvicultura oeconomica* eingeführt [1]. Die moderne, umfassendere Bedeutung wird heute verstanden als ein „Prinzip, nach dem nicht mehr verbraucht werden darf, als jeweils nachwachsen, sich regenerieren, künftig wieder bereitgestellt werden kann“ [1].

In der Zukunft wird die Menschheit nur noch einen stark eingeschränkten Zugriff auf fossile Energieträger haben. Damit ist abzusehen, dass generell der Einsatz von fossilen Energieträgern teurer wird oder gar – nach dem Abkommen von Paris 2015 – ganz verboten wird. Gerade eine Decarbonisierung in der Bauwirtschaft ist schwierig, da sowohl die Herstellung von Ze-

ment als auch die Herstellung von Ziegeln bei Temperaturen über 1000 °C erfolgt und damit sehr energieaufwendig ist. Ziel des Forschungsprojektes „Silikatsteine“ ist es, Zukunftstechnologien zu erforschen, die gerade die Herstellung von Ziegel oder ziegelähnlichen Baustoffen bei niedrigen Temperaturen (unter 200 °C) erlauben.

Flüssige Silikate werden auch als Wassergläser bezeichnet und sind mineralische Werkstoffe, deren zentrale Struktur aus einer Silizium-Sauerstoff-Bindung besteht. Die reinste Silikatstruktur findet man im Quarz, dessen Hauptvorkommen der Sand ist. Am einfachsten beschreibt man Silikatwerkstoffe daher als polymeren Sand. Heute wird die Herstellung neuer Verbundwerkstoffe auf Silikatbasis als Geopolymerisation bezeichnet, da geologisch verfügbare Materialien über eine Polykondensationsreaktion miteinander verbunden werden. Die Rohstoffbasis von Wasserglas ist Sand, ein Rohstoff, der in den Wüsten quasi unbegrenzt vorhanden ist. Aus Sand könnte Wasserglas CO₂-neutral nur unter Einsatz von Sonnenlicht und Soda hergestellt werden (SSS-Ansatz).

Am Institut NaSiO (Institut für nachhaltige Silikatforschung in Offenburg) wird innerhalb des hier vorgestellten Forschungsprojekts der Ansatz verfolgt, flüssige Silikate als „Kleber“ für mineralischen Abfallstoffe zu verwenden,

um auf diese Art vermarktbare Baustoffe zu erhalten. So kann ein starker Beitrag zum Aufbau einer nachhaltigen Bautechnik geleistet werden.

Eine alternative Herstellung von Bieberschwänzen

Der Bieberschwanz ist ein flacher, etwa 1 cm dicker Dachziegel, der an der Unterkante halbrund geformt ist. Diese Dachziegelform entstand etwa im 14. Jahrhundert in der Nähe von Nürnberg. Weite Teile der Nürnberger Altstadt sind mit dieser Ziegelform eingedeckt. Heutige Bieberschwänze werden als Grobkeramik bei etwa 1100 °C aus Lehm oder Ton gebrannt.

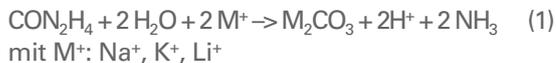
Härtereaktion zur Herstellung von Dachziegeln

Wasserglas wird in der Regel durch CO₂ (dem Anhydrid der Kohlensäure) aus der Luft gehärtet, einer Reaktion, die aus verständlichen Gründen nur an der Oberfläche und nicht innerhalb eines Probekörpers ablaufen kann. Hierbei bindet Kohlendioxid die Alkaliionen des Wasserglases, was eine Polykondensation der Silikatgruppen auslöst. Eine räumliche Härtung gelingt mit Harnstoff (CON₂H₄), dem Diamid der Kohlensäure, bei 140°C [2]. Bei der Reaktion von Wasserglas mit Harnstoff entstehen als Reaktionsprodukte – je nachdem ob Natrium- oder Ka-

Abb. 1:
Hergestellt Bieberschwanz-
Dachziegel, oben links aus
Bausand, rechts Formsand,
unten von links nach rechts:
Aluminiumoxid, verwitterter
Sandstein, Wüstensand
(aus Dubai) und schwarzer
Formsand



iumwasserglas eingesetzt wird – Natriumcarbonat (Na_2CO_3) oder Kaliumcarbonat (K_2CO_3). Ein Mol Harnstoff fungiert als Fänger von je zwei Mol Natrium- oder Kalium-Kationen. Das beschreibt folgende Reaktionsgleichung:



Auf diese Art werden pro Mol gebildeten Carbonats zwei Mol Protonen freigesetzt, die zwei SiOH-Gruppen protonieren. Die Polykondensation erfolgt unter Wasserabspaltung aus diesen beiden Gruppen. Durch Reaktionsgleichung (1) lässt sich das Minimum an Harnstoff berechnen, das für eine vollständige Reaktion benötigt wird. Wassergläser werden über ihr molares $\text{SiO}_2/\text{M}_2\text{O}$ -Verhältnis charakterisiert, wobei dieses bei Natronwasserglas in etwa gleich dem Masseverhältnis (s-Wert) ist. Es gilt mit dem s-Wert:

$$s = m^{\text{SiO}_2} / m^{\text{Na}_2\text{O}}$$

$$s_{\text{molar}}^{\text{Na}} = s^{\text{Na}} (62/60), \text{ aber } s_{\text{molar}}^{\text{K}} = s^{\text{K}}(94/60) \text{ und } s_{\text{molar}}^{\text{Li}} = s^{\text{Li}}(30/60)$$

Der Anteil der Alkalioxids wie Na_2O in einem Natronwasserglas berechnet sich aus dem Masseverhältnis zu:

$$m^{\text{Na}_2\text{O}} = (1/s) m^{\text{SiO}_2}$$

Aus dem Feststoffanteil des Wasserglases (der Masse: $m_{\text{ges.}}$), als SiO_2 bestimmt, wird der Gewichtsanteil von Na_2O wie folgt berechnet:

$$m_{\text{ges.}} = m^{\text{Na}_2\text{O}} + m^{\text{SiO}_2} = (1/s) m^{\text{SiO}_2} + m^{\text{SiO}_2} = m^{\text{SiO}_2} (1+s)/s$$

$$= (1+s) m^{\text{Na}_2\text{O}}$$

$$m^{\text{Na}_2\text{O}} = m_{\text{ges.}} / (1+s) \quad (2)$$

Wie viel Harnstoff (Englisch: Urea) wird nun zum Härten einer vorgegebenen Menge an Natronwasserglas mindestens gebraucht? Es werden pro Mol Harnstoff zwei Mol Na^+ gebunden. Damit gilt:

$$n^{\text{Urea}} = n^{\text{Na}_2\text{O}} \quad (3)$$

Über die Molgewichte (MG) mit der Formel $n = m/\text{MG}$ berechnet sich die benötigte Menge an Harnstoff (m^{Urea}) für die Umsetzung mit einem Natronwasserglas aus den Gleichungen (2) und (3) mit den Molgewichten von Harnstoff und Na_2O zu:

$$m^{\text{Urea}} / \text{MG}_{\text{Urea}} = m^{\text{Na}_2\text{O}} / \text{MG}_{\text{Na}_2\text{O}}$$

$$m^{\text{Urea}} = (\text{MG}_{\text{Urea}} / \text{MG}_{\text{Na}_2\text{O}}) * m_{\text{ges.}} / (1+s) = (60/62) * m_{\text{ges.}} / (1+s)$$

$$m^{\text{Urea}} \approx m_{\text{ges.}} / (1+s) \quad (4)$$

Für 40 g reinen Natronwasserglases mit einem

s-Wert von $s = 3$ werden also 10 g Harnstoff zur stöchiometrischen Härtung gebraucht. Bei Wasserglaslösungen muss die Konzentration an reinem Wasserglas noch berücksichtigt werden.

Praktische Durchführung

Die Menge an 320 g wässrigem Wasserglas Na38/40 (36 %) mit einem s-Wert von $s = 3,9$ wird entsprechend Gleichung (4)

$$m^{\text{Urea}} \approx 0,36 * 320 \text{ g} / (1+3,9) = 23,5 \text{ g}$$

mit 23,5 g Harnstoff (in 30 ml Wasser gelöst) gemischt. Die Menge von 1000 bis 1500 g Form- oder Wüstensand (je nach Korngröße) wird in diese Lösung so eingemischt, dass eine knetbare Masse entsteht. Diese Masse wird in eine Bieberschwanzform aus Polypropylen gepresst. Im Anschluss werden die Proben jeweils für vier Stunden auf 140 °C gebracht. Nun läuft eine Verkieselungsreaktion ab. Der Härter bindet die Alkali-Kationen und zwingt die Silikatreste, Protonen aus dem Umgebungswasser aufzunehmen [2]. Die so gebildete Kieselsäure ist instabil und polykondensiert zu polymerem Sand. Das Verfahren wurde getestet an Bausand, weißem und schwarzem Formsand, an Aluminiumoxid, verwittertem Sandstein sowie Wüstensand aus Dubai (Abb. 1). Eine Wasser abweisende Oberfläche der Ziegel erhält man durch die Behandlung mit Alkylsilikaten wie z. B. *Protectosil®*.

Zusammenfassung

Es konnte gezeigt werden, dass aus anorganischen Abfällen stabile Dachziegel hergestellt werden können. Die Reaktion läuft energiesparend bei 140 °C ab. Bedingt durch die niedrige Temperatur beim Härtungsprozess lassen sich Formen aus Polypropylen verwenden. Das Potenzial in der Bauindustrie wird untersucht.

Referenzen/References:
 [1] Ulrich Grober: Urtexte – Carlowitz und die Quellen unseres Nachhaltigkeitsbegriffs. In: Natur und Landschaft. Jahrgang 2013, Heft 2, S. 46
 [2] Poröse massen oder formkörper aus anorganischen polymeren und deren herstellung, Veröffentlichungsnummer des Patentes: WO2014127762 A1 (PCT/DE2014/000076) vom 28. 8. 2014

AUTOR



Prof. Dr. rer. nat. Bernd Spangenberg
 Forschungsgruppe Nachhaltige Silikatforschung, Lehrgebiete Chemie, chemische Analytik, Abfall und Recyclingtechnik, Bionik
 spangenberg@hs-offenburg.de

ivESK – INSTITUT FÜR VERLÄSSLICHE EMBEDDED SYSTEMS UND KOMMUNIKATIONSELEKTRONIK

Das „Internet der Dinge“ durchdringt die industriellen und persönlichen Anwendungen zunehmend. Hierzu zählen beispielsweise Smart-Metering und Smart-Grid, Industrie- und Prozessautomation, Car-to-Car-, bzw. Car-to-X-Kommunikation, Heim- und Gebäudeautomation, Telehealth- und Telecare-Anwendungen. Die drahtgebundene und drahtlose Vernetzung von Embedded Systemen und deren Anbindung als sogenannte cyberphysische Systems (CPS) spielen hierbei eine immer wichtigere Rolle. Da auch immer mehr Systeme funktionskritische Aufgaben autonom übernehmen, gewinnen Zuverlässigkeit und Sicherheit immer mehr an Bedeutung. Entsprechend müssen die Aspekte der Datensicherheit und der Privatsphäre (Privacy) ebenfalls berücksichtigt werden.

Diesen Themen widmet sich das Institut für verlässliche Embedded Systems und Kommunikationselektronik (ivESK) an der Hochschule Offenburg, das im Herbst 2015 von Prof. Dr.-Ing. Axel Sikora und Prof. Dr. rer. nat. Dirk Westhoff gegründet wurde, um die bislang sehr erfolgreichen Forschungs- und Entwick-

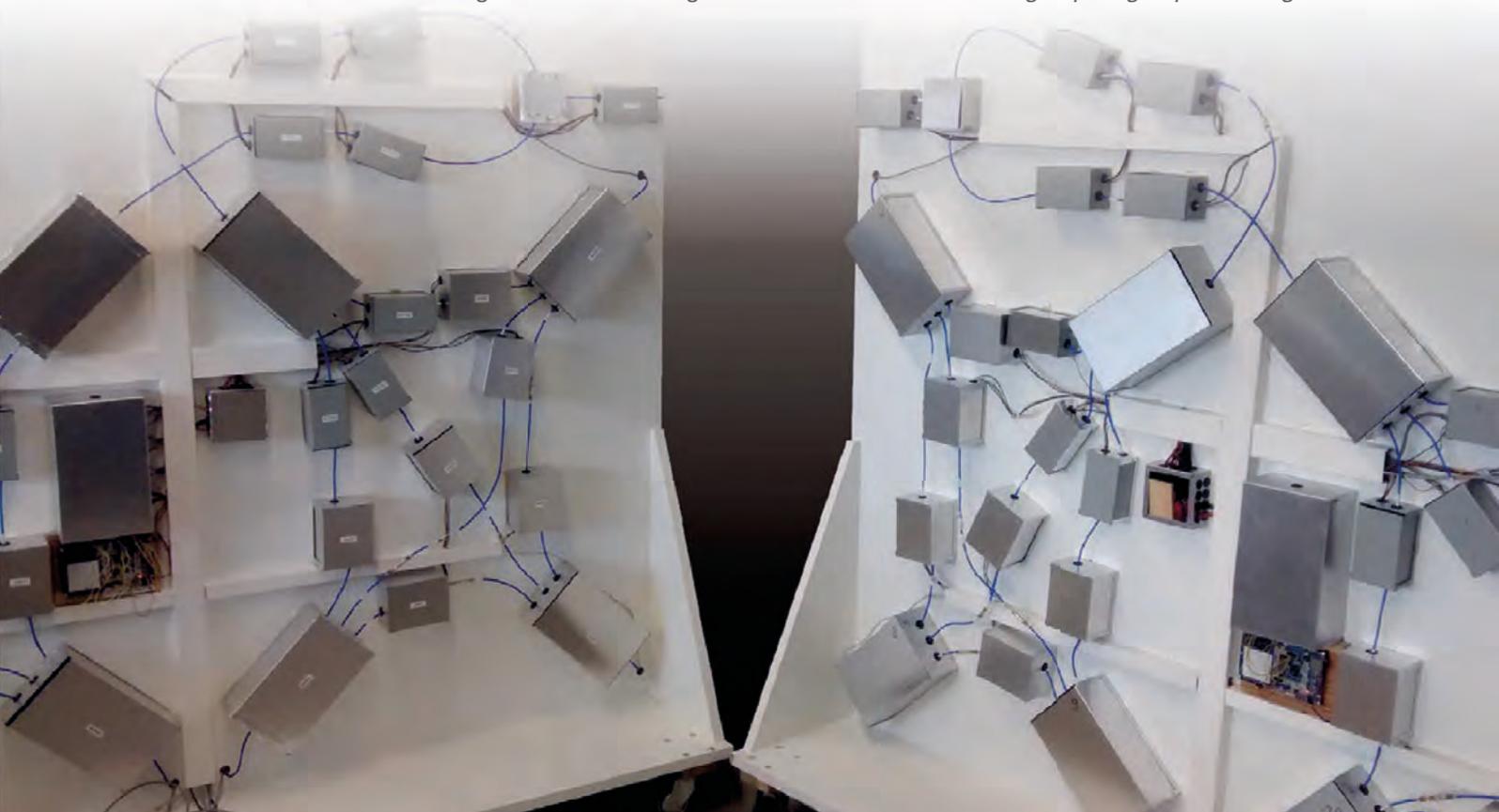
lungsarbeiten in den Laboren der beiden Professoren weiterzuentwickeln und gemeinschaftlich neue Möglichkeiten zu erschließen.

Im Februar 2016 wurde das Institut für sein Automated Physical Testbed (APTB) auch als einer der „100 Orte für Industrie 4.0“ in Baden-Württemberg ausgezeichnet, da dort Unternehmen und Forschungseinrichtungen ihre Kommunikationslösungen für die industrielle Kommunikation automatisiert testen können. Das APTB wurde zudem als Testzentrum im Rahmen der „I4.0 Testumgebungen für KMU - I4KMU“ im Rahmen des BMBF-Programms registriert und konnte hier bereits zwei Projekte im Rahmen dieses Programms gewinnen.

Am Institut arbeiten gegenwärtig 12 Vollzeitmitarbeiter sowie etwa ebenso viele Studierende, wobei aufgrund der positiven Projektlage noch einige Projekt- und Promotionsstellen offen sind. Weitere Kandidaten für Tutorentätigkeiten und Abschlussarbeiten sind gern gesehen.

Institutsleitung

Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Ing. Dipl. Wirt.-Ing. Axel Sikora



Merkelphone für Industrie 4.0

Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Ing. Dipl. Wirt.-Ing. Axel Sikora, Dipl.-Ing. (FH) Rico Werner

Angesichts aktueller Entwicklungen und Trends im Bereich Embedded, Cloud- und Mobile Computing für das Internet of Things (IoT), der allgegenwärtigen Systemvernetzung mit dem Internet und der damit einhergehenden Steigerung der Anforderungen nach immer mehr parallel auszuführenden Aufgaben, bekommt das Thema Systemvirtualisierung eine immer größere Bedeutung. In diesem Artikel wird ein aktuelles Projekt vorgestellt, das eine Realisierung von virtualisierten Systemen unter Nutzung eingebetteter Systeme ermöglicht.

Facing the developments and trends around embedded, cloud and mobile computing for the Internet of Things (IoT) the increasing connectivity of devices with the Internet leads to a rapidly growing demand of execution of parallel tasks. System virtualization is a promising approach to answer this demand. This paper presents a project realizing one of the manifold approaches to include embedded systems into this virtualization.

Virtualisierung

Die Virtualisierung von Rechnerplattformen ist im Bereich der herkömmlichen PCs und Server ein seit Jahren verbreiteter Ansatz, um eine Unabhängigkeit der einzelnen virtuellen Instanzen voneinander zu erreichen, ohne einen signifikant erhöhten Hardwareaufwand zu bezahlen. Diese Unabhängigkeit kann den Einsatz unterschiedlicher Betriebssysteme, die bessere Nutzung der Ressourcen durch die Nutzung der gemeinsamen Hardware oder auch die Schaffung von, in Bezug auf Security und Privacy unabhängigen Instanzen erlauben.

In ersten Ansätzen ist nun auch zu sehen, dass dieser Virtualisierungsansatz auch in nicht so leistungsfähigen Rechnerplattformen, wie z.B. Smartphones, Eingang findet. Der in Deutschland wahrscheinlich bekannteste Ansatz findet sich im sogenannten „Merkel-Phone“, bei dem die eine Rechereinheit in zwei virtuelle Instanzen aufgeteilt wird. Dies erlaubt den kombinierten Betrieb einer abgesicherten Instanz, in der zuverlässige und geschützte Dienste ausgeführt werden können, und einer offenen und flexiblen Instanz, auf der einfach und flexibel Updates, Erweiterungen oder Installationen von weiteren Anwendungen (Apps) vorgenommen werden können, die aber ungeschützt ist. Solche Separations- bzw. Isolationskernel bieten gegenüber monolithischen Betriebssystemen wesentliche Vorteile in Bezug auf die Sicherheit. Monolithische Betriebssysteme, wie z. B. Linux oder Android, beherbergen alle wichtigen Systemkomponenten bzw. Funktionen im Kernelbereich und trennen hiervon nur die Nutzerapplikationen ab.

Dies bedeutet, dass bei einem erfolgreichen Angriff auf Kernelebene, z.B. auf einen Treiber im privilegierten Modus, oft das gesamte System übernommen werden kann. Hybrid- oder auch Makrokern versuchen, dieses Problem zu entschärfen, indem sie Teile aus dem Kernelbereich entfernen, die nicht privilegiert laufen müssen. Ein Mikrokern hingegen besitzt nur rudimentäre Funktionen im Kernelbereich, die in der Regel die Speicher und Prozessverwaltung betreffen. Alle anderen Komponenten werden separiert bzw. isoliert im Nutzermodus ausgeführt, weswegen man hier auch von Separations- bzw. Isolationskernen spricht. Mit diesen lassen sich z. B. Treiber, Netzwerk, Benutzerprogramme oder betriebliche Anwendungen einfach voneinander trennen, sodass bei einem erfolgreichen Angriff auf einen Bereich nicht unmittelbar auf andere Bereiche übergegriffen werden kann. Spezielle Bereiche, wie z. B. kryptografische Operationen, lassen sich so stark isolieren, dass Angriffe auf sie „quasi“ ausgeschlossen werden können. Hierzu müssen die verschiedenen Instanzen streng voneinander unabhängig sein. Insbesondere darf kein ungeschützter Zugriff auf die abgesicherte Instanz möglich sein. Die Effizienz der Virtualisierungsplattform muss hoch sein, um auch auf Plattformen mit begrenzten Ressourcen ausreichend performant betrieben werden zu können. Eine Virtualisierungslösung für Embedded-Plattformen für Anwendungen in der Automatisierung wird derzeit im Projekt „Plattformvirtualisierung für sichere und erweiterbare Rechnerknoten in der Automatisierungstechnik (VirtuAut)“ am ivESK erarbeitet.

Referenzen/References:

- [1] J. Liedtke: "Improving IPC by Kernel Design", ISBN:0-89791-632-8, SOSp '93, 05.-08.12.1993
- [2] The Linux Foundation: "Xen Project", <https://www.xenproject.org/>
- [3] Siemens: "Jailhouse", <https://github.com/siemens/jailhouse>
- [4] H. Härtig, M. Hohmuth, J. Liedtke, S. Schönberg, J. Wolter: "The Performance of μ -Kernel-Based Systems", ISBN 0-89791-916-5, SOSp'97, Saint-Malo, France, (5.-8.10.1997)

Stand der Technik

Als Softwaregrundlage für virtualisierte Systeme sind bereits mehrere Ansätze und Produkte bzw. Open-Source-Projekte verfügbar, die einer eingehenden Analyse auf ihre jeweiligen Fähigkeiten in Bezug auf die Verwendbarkeit im vorliegenden Projekt VirtuAut unterzogen wurden. Neben Systemen, die auf ein Betriebssystem wie Linux zur Hardwareverwaltung setzen, basiert ein großer Teil der angebotenen Softwarelösungen auf einem Mikrokernkonzept mit jeweils verschiedenem Leistungsumfang und Lizenzmodellen. Hierzu zählen der L4-Mikrokern [1] und Xen [2]. Einen anderen Ansatz, der auf die Nutzung spezieller Hardware in modernen Mikroprozessoren setzt, verfolgt das Projekt Jailhouse [2].

Wenngleich abgesicherte Systeme bereits erfolgreich unter L4-Mikrokernen realisiert wurden, bringt dieser Ansatz architekturbedingt auch eine Reihe von Nachteilen mit sich, die sich besonders im Automatisierungsumfeld hinsichtlich der Zykluszeiten negativ auswirken. Dies ist u. a. darin begründet, dass die Treiber für den Gerätezugriff bei diesem Konzept im User Space laufen und dadurch zu höheren Latenzzeiten beitragen. Ein Virtualisierungssystem mit z. B. Linux und dessen monolithischem Kernel als zentralem Hypervisor, in dem die Gerätetreiber direkt im Kernel Space laufen, reduziert die Zykluszeiten zwar, bringt aber hinsichtlich der Sicherheit des Grundsystems und damit aller virtualisierten Gastsysteme zusätzliche Herausforderungen mit sich. Durch Abwägung der zu erwartenden Vor- und Nachteile aller in Frage kommenden Lösungen und Projekte wurden die zwei Kandidaten Xen und Jailhouse zur näheren Untersuchung herangezogen. Nach umfangreichen Messungen und einer Gegenüberstellung beider Systeme fiel die Wahl auf Jailhouse für die weiteren Entwicklungsschritte, da hier die Vorteile für das angestrebte Einsatzfeld überwiegen.

Jailhouse

Das Open-Source-Projekt Jailhouse, das aus dem Automatisierungsumfeld von Siemens entstanden ist, ist eine vielversprechende Lösung. Jailhouse bezeichnet sich selbst als „partitioning Hypervisor based on Linux“ und verfolgt den Ansatz, allen jeweiligen Gastsystemen Teile der Systemhardware statisch, d. h. über deren gesamte Laufzeit, zuzuteilen. Das betrifft die Vergabe sowohl der CPU-Kerne als auch der Speicherbereiche und der Peripheriehardware an die Gastsysteme, die

sogenannten „Cells“, wie in Abb. 1 zu sehen. Die Verwaltung der Hardware, deren Zuteilung an die Cells sowie deren Start, Stop und Überwachung der Cells während der Laufzeit übernimmt hierbei der Jailhouse Hypervisor. Dieser läuft unabhängig und ohne eigenes Betriebssystem (Kernel) auf der Hardware, benötigt jedoch für seinen eigenen Start und alle Verwaltungsaufgaben die Hilfe eines privilegierten Gastsystems, der sogenannten „Root Cell“, die durch ein Linux-System bereitgestellt wird.

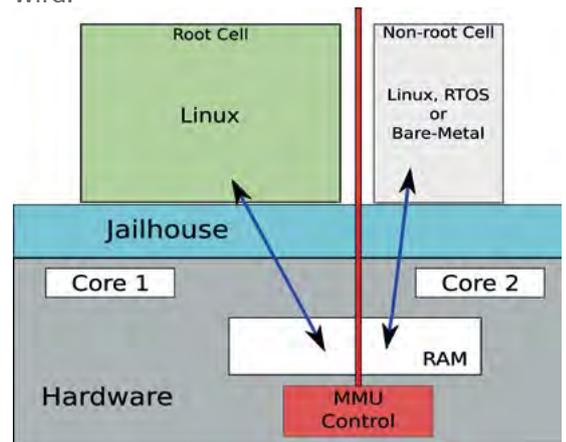


Abb. 1: Systemübersicht und sichere Trennung der Gastsysteme bei der Verwendung von Jailhouse

Die Vorteile dieses statisch partitionierenden Ansatzes bestehen darin, dass kein zentraler Scheduler existiert, der zusätzlichen Overhead erzeugt, d. h. die Gastsysteme laufen direkt auf der jeweiligen Hardware (CPU), und es werden keine zusätzlichen Latenzzeiten durch einen übergeordneten Scheduler-Prozess eingefügt. Weiterhin bietet Jailhouse gegenüber anderen Lösungen durch seinen Ansatz die Möglichkeit, sogenannte „bare metal guests“, d.h. Gastsysteme ohne eigenes Betriebssystem, wie z. B. FreeRTOS oder eigene nativ in C programmierte Anwendungen, direkt auszuführen. Dies eröffnet insbesondere im Automatisierungsumfeld einen großen Einsatzbereich. Für die Verwaltung der Zugriffsrechte der jeweiligen Gastsysteme auf die Hardwareressourcen wird in Jailhouse von der Möglichkeit Gebrauch gemacht, dies durch integrierte Schutztechnologien im Prozessor bzw. System-on-Chip (SoC) selbst verwalten zu lassen. Moderne multicore ARM-Prozessoren haben bereits diese eingebauten Schutztechnologien, z. B. in Form einer Memory Management Unit (MMU), um Speicherbereiche von Prozessen vor dem Zugriff durch unberechtigte Prozesse zu schützen. Durch die Möglichkeit, Adressbereiche von I/O-Peripherie in den Speicherbereich des Prozessors einzublenden bzw. zu mappen (MMIO –

Memory Mapped I/O) und deren Kombination mit dem in Hardware integrierten Speicherschutz durch die MMU können Zugriffe der Cells auf Peripheriesysteme durch die integrierten Hardwareschutztechnologien überwacht werden. Ein Vorteil, der zugleich Sicherheit und Zeitersparnis gewährleistet. Darüber hinaus bieten die integrierten Schutztechniken auch die Möglichkeit, externe Interrupts direkt an den jeweils zuständigen Prozess oder hier das Gastsystem (Cell) weiterzuleiten, ohne den Umweg über einen zentralen Prozess wie den Hypervisor nehmen zu müssen. Dabei wird vom in den Prozessor integrierten „Virtual Generic Interrupt Controller“ (vGIC) Gebrauch gemacht, der dieses intelligente Routing ermöglicht. Um die genannten Vorteile ausnutzen zu können, ist Jailhouse darauf angewiesen, dass diese Technologien in der Hardware, d. h. im Prozessor bzw. SoC implementiert sind. Das schließt wiederum einige ältere Prozessortypen von der Verwendung für Jailhouse aus. Aktuelle und zukünftige Modelle von Mehrkernprozessoren und SoCs bieten diese Technologie jedoch verstärkt. Sowohl bei Jailhouse wie auch bei den meisten anderen Virtualisierungssystemen müssen die Gastsysteme an den jeweiligen Hypervisor angepasst werden, um dessen bereitgestellte Schnittstellen nutzen zu können. Es ist dadurch nicht möglich, ein unverändertes Betriebssystem unter dem jeweiligen Hypervisor auszuführen.

Inter-Cell-Kommunikation

Der sehr hohe Schutzgrad von Speicher und Peripherie vor dem Zugriff unberechtigter Prozesse durch die integrierte Hardware ist wiederum eine große Herausforderung, wenn Datenaustausch unter den Gastsystemen explizit gewünscht ist. Im Automatisierungsumfeld kann es sich hierbei z.B. um Mess- und Regelungsdaten handeln. Um diesen Datenfluss zu ermöglichen und auch kontrollieren zu können, wurde in der Grundkonfiguration des Linux-Kernels (Device Tree) der Cell und der Root Cell ein virtuelles Gerät unter Linux erstellt (Abb. 2), das einen gemeinsamen Speicherbereich im RAM verwaltet. Dazu musste auch die Hardware des SoC so konfiguriert werden, dass sie den Zugriff beider Systeme auf diesen Speicherbereich zulässt. Jedes der beiden beteiligten Gastsysteme ist nun über dieses virtuelle Gerät zugriffsberechtigt auf diesen Speicherbereich und es können durch Lese- und Schreibzugriffe Daten ausgetauscht werden. Zur Steuerung des Datenflusses bietet sich die bereits in den Linux-Kernel integrierte Firewall-Funktionalität (netfilter) an. Zu deren Nutzung muss

das erstellte virtuelle Gerät über das IP-Protokoll kommunizieren. Dazu ist es notwendig, das gemeinsame virtuelle Gerät als Netzwerkgerät bzw. Netzwerkschnittstelle zu implementieren und dem Kernel bzw. den Anwendungen in den Gastsystemen zu präsentieren. Auf diesem Weg kann nun auf vorhandene Technologien im Linux-Kernel zurückgegriffen werden, die hinsichtlich Security wohl-erprobt sind.

```

/dts-vi/
/plugin/
/ {
    compatible = "lemaker,bananapi", "allwinner,sun7i-a20";

    fragment {
        target-path = "/soc@1c00000";
        __overlay__ {
            #address-cells = <1>;
            #size-cells = <1>;

            vpc1@2000000 {
                compatible = "pci-host-ecam-generic";
                device type = "pci";
                bus-range = <0 0>;
                #address-cells = <3>;
                #size-cells = <2>;
                #interrupt-cells = <1>;
                interrupt-map-mask = <0 0 0 7>;
                interrupt-map = <0 0 1 6gic 0 01 0>,
                    <0 0 2 6gic 0 02 0>,
                    <0 0 3 6gic 0 03 0>,
                    <0 0 4 6gic 0 04 0>;
                reg = <0x2000000 0x1000000>;
                ranges =
                    <0x2000000 0x00 0x10000000 0x10000000 0x00 0x300000000>
            };
        };
    };
}
    
```

Abb. 2: Device Tree Overlay für ein virtuelles Gerät, das zur Kernellaufzeit dynamisch geladen wird

Ergebnis und Ausblick

Im Ergebnis steht eine Virtualisierungslösung zur Verfügung, die sowohl die Anforderungen zeitkritischer Anwendungen hinsichtlich ihrer Verwendung in Automatisierungssystemen erfüllt als auch sehr hohen Schutz vor unberechtigtem Zugriff auf Daten bietet. Die Entwicklung einer überwachten Kommunikationsmöglichkeit von Gastsystemen untereinander innerhalb des virtualisierten Systems eröffnet die Möglichkeit für viele weitere Verwendungen neben der Automatisierungstechnik. Zukünftige Entwicklungen werden noch mehr CPU-Kerne unterstützen. Auch das Debugging solcher virtualisierter Systeme ist ein wichtiges und interessantes Themenfeld, für das bereits der nächste Projektantrag eingereicht wurde.

Dank

Dank an das BMWi für die Förderung dieses Projekts im Rahmen des Zentralen Innovationsprogramms Mittelstand (ZIM) unter dem Förderkennzeichen KF-2471323KM4 sowie emtrion GmbH, Karlsruhe und SSV Software Systems GmbH, Hannover für die gute, effiziente und zielgerichtete Zusammenarbeit.

AUTOREN



Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Ing. Dipl. Wirt.-Ing. Axel Sikora
Wissenschaftl. Leiter Institut ivESK
axel.sikora@hs-offenburg.de



Dipl.-Ing. (FH) Rico Werner,
Institut für verlässliche Embedded Systems u. Kommunikationselektronik (ivESK),
rico.werner@hs-offenburg.de

Publikationen 2016

Kategorie: wissenschaftlich (peer reviewed)

Autor(en), Titel, Verlag

- Albatici, R., Passerini, F. & J. Pfafferoth (2016):** Energy Performance of Verandas in the Building Retrofit Process. *Energies* 9(5); 12 Normseiten. DOI:10.3390/en9050365
- Belski, I., Livotov, P. & O. Mayer (2016):** Eight Fields of MATCEMIB Help Students to Generate More Ideas. *Procedia CIRP*, Volume 39, (2016), 2212-8271; Published by Elsevier B.V.; pp 85-90. DOI: 10.1016/j.procir.2016.01.170
- Belski, I., Livotov, P. & T. Vaneker (2016):** Structured Innovation with TRIZ in Science and Industry - Creating Value for Customers and Society. *Procedia CIRP*, Volume 39, (2016), 2212-8271; Published by Elsevier B.V.; pp 1-2. DOI: 10.1016/j.procir.2016.01.033
- Betz, J., Westhoff, D. & Müller, G. (2016):** Survey on co-vert-channels in virtual machines and cloud computing. *Transactions on Emerging Telecommunications Technologies*; S. 1 - 16. DOI: 10.1002/ett.3134
- Bolívar, L. & Weidlich, A. (2016):** Optimal microgrid scheduling with peak load reduction involving an electrolyzer and flexible loads. *Applied Energy* 169; pp 857-865. [http://dx.Doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.02.096](http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.02.096)
- Cocco, G., Pflutschinger, S. & Navarro, M. (2016):** Seek and Decode: Random Access with Physical-Layer Network Coding and Multiuser Detection. *Transactions on Emerging Telecommunications Technologies*; pp 1-13. DOI: 10.1002/ett.3129
- Doherr, D. & Jankowski, A. (2016):** Hypertextuality in the Alexander von Humboldt Digital Library. *Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics*, Vol. 14 No 2; pp 48-53. ISSN: 1690-4524
- Erten, E. & Otte, A. (2016):** Ultrasound computerized tomography in (bio)medical engineering and clinical medicine – a new approach. *Gen Int Med Clin Innov (General Internal Medicine and Clinical Innovations)* 2016; 1(6); pp 1-2. DOI: 10.15761/GIMCI.1000128, published online Nov. 23, 2016
- Fischer, C., Schweizer, C. & Seifert, T. (2016):** A crack opening stress equation for in-phase and out-of-phase thermomechanical fatigue loading. *International Journal of Fatigue* 88; S. 178-184. DOI:10.1016/j.ijfatigue.2016.03.011
- Grübl, D., Bergner, B., Schröder, D., Janek, J. & Bessler, W.G. (2016):** Multi-Step Reaction Mechanisms in Non-Aqueous Lithium-Oxygen Batteries with Redox Mediator: A Model-Based Study. *The Journal of Physical Chemistry C*; pp 24623- 24636. DOI: 10.1021/acs.jpcc.6b07886
- Grübl, D., Janek, J. & Bessler, W.G. (2016):** Electrochemical pressure impedance spectroscopy (EPIS) as diagnostic method for electrochemical cells with gaseous reactants: A model-based analysis. *Journal of the Electrochemical Society*; pp A599-A610. DOI: 10.1149/2.1041603jes
- Haber, T., Kleister, G., Selman, B., Härtig, J., Melichercik, J. & Ismer, B. (2016):** Interactive In-Vitro Training In Physics Of Radiofrequency Ablation For Physicians And Medical Engineering Students. *International Journal of Atrial Fibrillation* (2016) Vol.9: No.1; pp 70-72
- Hall, F., Wussler, S., Buqa, H. & Bessler, W.G. (2016):** On the asymmetry of discharge/charge curves of lithium-ion battery intercalation electrodes. *The Journal of Physical Chemistry C*; pp 23407-23414. DOI: 10.1021/acs.jpcc.6b07949
- Heinke, M., Kühnert, H. & Dannberg, G. (2016):** Intrakardiales und transösophageales elektrisches interventrikuläres Delay Verhältnis bei kardialer Resynchronisationstherapie. *Clinical Research in Cardiology*, 105, Suppl 1, March 2016, V1218; 2 Normseiten. DOI 10.1007/s00392-016-0967-z
- Heinke, M., Kühnert, H. & Dannberg, G. (2016):** Electrical inter-ventricular delay to left ventricular delay ratio in atrial fibrillation cardiac resynchronization therapy responder and non-responder. *Europace* 18, Suppl. 1, June 2016, 19-01, i164; 1 Normseite
- Heinke, M., Kühnert, H., Heinke, T., Tumamos, J. & Dannberg, G. (2016):** Left cardiac atrioventricular delay and inter-ventricular delay in cardiac resynchronization therapy responder and non-responder. *Current Directions in Biomedical Engineering*; 2016; 2(1); pp 247-250. DOI 10.1515/cdbme-2016-0055
- Jahnke, T., Futter, G., Latz, A., Malkow, Papakonstantinou, Tsotridis, Schott, Gérard, Quinaud, Quiroga, Franco, Malek, Calle-Vallejo, Ferreira de Morais, Kerber, Sautet, Loffreda, Strahl, Serra, Polverino, Pianese, Mayur, M., Bessler, W.G. & Kompis, C. (2016):** Performance and degradation of Proton Exchange Membrane Fuel Cells: State of the art in modeling from atomistic to system scale. *Journal of Power Sources* 304; pp 207-233. DOI.org/10.1016/j.jpowsour.2015.11.041
- Junk, S. (2016):** Implementation of virtual models from sheet metal forming simulation into physical 3D colour models using 3D printing. *Journal of Physics (IOP Publishing): Conference Series*, Volume 734, Part B - General Papers; 4 Norms. [http://dx.Doi.org/10.1088/1742-6596/734/3/032062](http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/734/3/032062)
- Junk, S. & Kuen, C. (2016):** Review of Open Source and Freeware CAD Systems for Use with 3DPrinting. *Procedia CIRP*, Volume 50; S. 430-435. [http://dx.Doi.org/10.1016/j.procir.2016.04.174](http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2016.04.174)
- Klemm, M., Kirchner, T., Gröhl, J., Cheray, D., Nolden, M., Seitel, A., Hoppe, H., Maier-Hein, L. & Franz, A. M. (2016):** MITK-OpenIGTLink for combining open-source toolkits in real-time computerassisted interventions. *Internati Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*; pp 1-11
- Kobalz, M., Lincke, J., Kobalz, K., Erhart, O., Bergmann, J., Lässig, D., Lange, M., Möllmer, J., Gläser, R., Staudt, R. & Krautscheid, H. (2016):** Paddle Wheel Based Triazolyl Iso-phthalate MOFs: Impact of Linker Modification on Crystal Structure and Gas Sorption Properties. *Inorg. Chem.* 55; pp 3030-3039. DOI: 10.1021/acs.inorgchem.5b02921
- Livotov, P. (2016):** Estimation of New-Product Success by Company's Internal Experts in the Early Phases of Innovation Process. *Procedia CIRP*, Volume 39, pp. 1-230 (2016), 2212-8271 © 2016, Published by Elsevier B.V.; pp 150-155. DOI: 10.1016/j.procir.2016.01.181

- Lotz, A. & Spangenberg, B. (2016):** A new and sensitive TLC Method to measure trans-Resveratrol in *Physalis Peruviana*. *Journal of liquid chromatography & related technologies*, 39; pp 308 - 311
- Lueth, S., Sauter, U.S. & Bessler, W.G. (2016):** An agglomerate model of lithium-ion battery cathodes. *Journal of the Electrochemical Society*; pp A210-A222. DOI: 10.1149/2.027408jes
- Metzger, M. & Seifert, T. (2016):** Computational assessment of the microstructure-dependent plasticity of lamellar gray cast iron - Part III: A new yield function derived from microstructure-based models. *International Journal of Solids and Structures* 87; pp 102-109. DOI:10.1016/j.ijsolstr.2016.02.027
- Nuß, U. (2016):** Ein einfacher Zustandsreglerentwurf im Zuge der Erweiterung der Systemstruktur um Reglerintegratoren und Rechenzeiten. *at - Automatisierungstechnik* 64, Heft 1; S. 29 - 40
- Opitz, F. & Treffinger, P. (2016):** Physics-Based Modeling of Electric Operation, Heat Transfer, and Scrap Melting in an AC Electric Arc Furnace. *Metallurgical and Materials Transactions B* 47B (2016-4); pp 1489-1503
- Otte, A. (2016):** Johann Radon. Ein Vorbereiter der Computertomographie. *Radiologe (Der Radiologe)* 2016 Sep; 56(9); S. 817-818. DOI: 10.1007/s00117-016-0099-5
- Otte, A. (2016):** Brain-machine-interfaces – looking back to the future. *Sci Transl Med (Science Translational Medicine)*; 1 Normseite. <http://stm.sciencemag.org/content/8/361/361ra141.eletters>
- Otte, A. (2016):** Neuroendocrine tumors: Peptide receptors radionuclide therapy (PRRT). *Hell J Nucl Med (Hellenic Journal of Nuclear Medicine)* 2016; 19 (2); p 182. doi: 10.1967/s0024499100378
- Otte, A. (2016):** Measurements: Resistance to SI units pervades medicine. *Nature* 2016; 538; p 459. doi: 10.1038/538459e
- Otte, A. (2016):** Forensic hair analysis – abreast of time? *Science*; 1 Normseite. e-letter: <http://science.sciencemag.org/content/351/6278/1134.e-letters>
- Otte, A. (2016):** Regional cerebral blood flow changes in patients with internet addiction. *Hell J Nucl Med (Hellenic Journal of Nuclear Medicine)* 2016; 19 (4); 182; p 290
- Otte, A. (2016):** Wenn der Name zur Einheit wird: Antoine Henri Becquerel [When a name becomes a unit: Antoine Henri Becquerel]. *Radiologe (Der Radiologe)* 2016 Nov 24. [Epub ahead of print]; 2 Normseiten. DOI 10.1007/s00117-016-0192-9
- Otte, A. (2016):** Johann Sebastian Bach's „Goldberg variations“ to treat insomnia from renal lithiasis pain. *Sleep research in Nuclear Medicine. Hell J Nucl Med (Hellenic Journal of Nuclear Medicine)* 2016; 19 (1); pp 13-14
- Otte, A. (2016):** Functional neuroimaging in psychiatry – still a neglected plant? *Am J Biotech Med Res (American Journal of Biotechnology and Medical Research)* 2016; 1(1); pp 26-27. DOI:10.5455/ajbmr.20160622033248
- Otte, A. & Kijewski, H. (2016):** Nicolò Paganinis Haarlocke für Signora Chatterton – morphologische Haaruntersuchungen mittels digitaler Lichtmikroskopie [Nicolò Paganini's hair lock for Signora Chatterton – morphological hair investigations using digital light microscopy]. *Arch Kriminol (Archiv für Kriminologie)* 238 (5+6); S. 153-172
- Otte, A., Turkheimer, F. & Rosenzweig, I. (2016):** All you need is sleep. *EBioMedicine* 2016; 12; pp 2-3. DOI: 10.1016/j.ebiom.2016.10.003
- Pfafferoth, J., Frietsch, M., Himmelsbach, S. & Lang, T. (2016):** Messtechnische Bestimmung von Aufwandszahlen unterschiedlicher Flächentemperiersysteme. *Bauphysik* 38; S. 389-399
- Pupyrev, P.D., Lomonosov, A.M. & Mayer, A.P. (2016):** Laser-generated ultrasonic pulse shapes at solid wedges. *Ultrasonics* 70; pp 75-83
- Pupyrev, P.D., Lomonosov, A.M., Nikodijevic, A. & Mayer, A.P. (2016):** On the existence of guided acoustic waves at rectangular anisotropic edges. *Ultrasonics* 71; pp 278-287
- Rosenfelder, M., Koppe, C., Pfafferoth, J. & Matzarakis, A. (2016):** Effects of ventilation behavior on indoor heat load based on test reference years. *International Journal of Biometeorology*, 60; pp 277-287. DOI 10.1007/s00484-015-1024-8
- Schmelas, M., Feldmann, T., Wellnitz, P. & Bollin, E. (2016):** Adaptive predictive control of thermo-active building systems (TABS) based on a multiple regression algorithm: First practical test. *Energy and Buildings* (129); S. 367-377. DOI: 10.1016/j.enbuild.2016.08.013
- Schuler, N., Heinke, M. & Tumampos, J. (2016):** Transthoracic impedance cardiography measurements with different monitoring devices. *Current Directions in Biomedical Engineering*; 2016; 61 (s65); 1 Normseite. DOI 10.1515/bmt-2016-5005
- Simonato S., Möllmer, J., Lange, M., Gläser, R., Staudt, R. & Feldmann, C. (2016):** Selective Separation of CO₂-CH₄ Mixed Gases via Magnesium Aminoethyl Phosphonate Nanoparticles. *Royal Society of Chemistry Advances Issue 6*; pp 12446-12452
- Takam, P.C., Tumampos, J., Gick, M., Kienzle, R., & Heinke, M. (2016):** Pacemaker and electrocardiography measurements in TAVI. *Current Directions in Biomedical Engineering*; 2016; 61 (s60); 1 Normseite. DOI 10.1515/bmt-2016-5005
- Unterhuber, P., Pflutschinger, S., Sand, S., Soliman, M., Jost, T., Arriola, A., Val, I., Cruces, C., Moreno, J., Pablo García-Nieto, J., Rodríguez, C., Berbineau, M., Echeverría, E. & Baz, I. (2016):** A Survey of Channel Measurements and Models for Current and Future Railway Communication Systems. *Hindawi Mobile Information Systems*; 14 Normseiten [http://dx.Doi.org/10.1155/2016/7308604](http://dx.doi.org/10.1155/2016/7308604)
- Vállez García, D., Doorduyn, J., Willemsen, A.T.M., Dierckx, R.A. J.O. & Otte, A. (2016):** Altered Regional Cerebral Blood Flow in Chronic Whiplash Associated Disorder. *EBioMedicine* 2016; 10; pp 249-257. [http://dx.Doi.org/10.1016/j.ebiom.2016.07.008](http://dx.doi.org/10.1016/j.ebiom.2016.07.008)
- Vallez Garcia, D., Otte, A., Dierckx, R.A.J.O. & Doorduyn, J. (2016):** Three months follow-up of rat mild traumatic brain injury: a combined [18F]FDG and [11C]PK11195 PET study. *Journal of Neurotrauma*, 2016; 33 (20). Epub 2016 Mar 18; pp 1855-1865. DOI: 10.1016/j.ebiom.2016.07.008
- Wesarg, T., Arndt, S., Aschendorff, A., Laszig, R., Beck, R., Jung, L. & Zirn, S. (2016):** Intra- und postoperative elektrophysiologische Diagnostik. *HNO*; S. 1-13. DOI: 10.1007/s00106-016-0195-x
- Wink, K. & Otte, A. (2016):** Serendipities in der Medizin. [Serendipities in medicine]. *MMW Fortschr Med (Münchner Medizinische Wochenschrift und Fortschritte der Medizin)* 2016; 158 (Suppl 5); S. 14-18. DOI: 10.1007/s15006-016-8608-z
- Zim, S., Arndt, S., Aschendorff, A., Laszig, R. & Wesarg, T. (2016):** Perception of Interaural Phase Differences With Envelope and Fine Structure Coding Strategies in Bilateral Cochlear Implant Users. *Trends in Hearing*; 12 Norms. DOI: 10.1177/2331216516665608

Zirn, S., Polterauer, D., Keller, S. & Hemmert, W. (2016): The effect of fluctuating maskers on speech understanding of high-performing cochlear implant users. *International journal of audiology*; pp 295-304. DOI: 10.3109/14992027.2015.1128124

Kategorie: wissenschaftlich

Autor(en), Titel, Verlag

Baldi, M., Bertinelli, M., Chiaraluce, F., Closas, P., Garelo, R., Maturo, N., Navarro, M., Palomo, M.J., Paolini, E., Pflerschinger, S., Silva, P.F., Simone, L. & Vilà-Valls, J. (2016): NEXCODE: Next Generation Uplink Coding Techniques. 7th ESA International Workshop on Tracking, Telemetry and Command Systems for Space Applications (TTC), ESTEC, Noordwijk, 13-16 Sept. 2016.; 8 Normseiten

Bantleon, U., Horn, C. & Schmidt, C. (2016): Interne Revisionsfunktion: Angemessenheit und Wirksamkeit. *Revisions-Praktiker* 12/2016-01/2017; S. 246-251

Bauer, A., Haas, K., Hochberg, U. & Zell, C. (2016): Development and Automatization of a Biogas Test Bench for a Membrane based in-situ Methanation of Hydrogen. *Environmental Best Practices, The Fifth International Conference in Offenburg, 20th-22nd Sept 2016, Abstract Book*; p 41

Baumgärtler, T. & Popovi, T. (2016): Mehr Ertrag, weniger Ressourcenverbrauch. Warum sich Nachhaltigkeitsmanagement auch für kleinere Banken lohnen kann. *Profil - Das bayerische Genossenschaftsblatt*, Heft 08/2016; S. 34

Baumgärtler, T., Popovi, T. & Rivera de Kieler, I.K. (2016): Nachhaltigkeitsmanagement als Chance. *GENOGRAPH, Journal für die Genossenschaften in Baden-Württemberg*, Heft 12/2016; S.14-17

Bollin, E. (2016): Kap 1. Einführung. Kap 3. Energiebereitstellung. Kap 5. Automation. Bollin E. (Hrsg.): *Regenerative Energien im Gebäude nutzen*. Springer Vieweg Verlag, Wiesbaden; S. 1-5, S. 57-96, S.113-134. 2. überarbeitete Auflage ISBN 978-3-658-12404-5 (Buchbeitrag)

Bollin, E. (Hrsg.) (2016): *Regenerative Energien im Gebäude nutzen*. Springer Vieweg Verlag, Wiesbaden; 276 Seiten. 2. überarbeitete Auflage, ISBN 978-3-658-12404-5 (Herausgeberschaft)

Brenner, C., Brudsche, M., Haber T., Jones, W., von Hodenberg, E., Ismer, B. & Haas, N. (2016): Biomedical techniques in the treatment of cardiac atrial septum defects. *Abstract book of the 5th International Conference on Biotechnology and Bioengineering*; pp 28-28

Breyer-Mayländer, T. (2016): *Management 4.0: Den digitalen Wandel erfolgreich meistern - Das Kursbuch für Führungskräfte*. Hanser Verlag München; 408 Seiten. ISBN: 978-3-446-45038-7 (Monografie)

Breyer-Mayländer, T. (2016): *Mensa - ein Erfolgsfaktor für Ganztageschulen außerhalb des Einflussbereichs der Schule*. *Die Ganztageschule* 1/2016, 57. Jahrgang; S. 70-75. ISSN: 0344-2101

Breyer-Mayländer, T. (2016): All business is local . *Markenartikel* 03/2016; S. 100-102. ISSN: 0342-1236

Breyer-Mayländer, T. (2016): *Journalist. Steuerberaterhandbuch*; 40 Seiten. Stollfuß Medien (Monografie)

Breyer-Mayländer, T. (2016): Eltern in Baden-Württemberg bevorzugen Ganzttag - Ergebnisse der Jako-O-Studie. *Die Ganztageschule* 1/2016, 57. Jahrgang; S. 46-48. ISSN: 0344-2101

Breyer-Mayländer, T. (2016): *Erfolgreiche Schulkommunikation braucht Klarheit*. Regenthal/Schütte (Hrsg.): *Öffentlichkeitsarbeit macht Schule*. Oktober 2016; 17 Seiten. Art.Nr. 66452018 (Buchbeitrag)

Brudsche, M., Brenner, C., Haber T., Härtig, J., Melichercik, J., Ismer, B. & Haas, N. (2016): Impact of different radiofrequency ablation catheter tip designs on lesion size. *Abstract book of the 5th International Conference on Biotechnology and Bioengineering*; pp 28-29

Buck, V., Reich, C., von Suchodoletz, D., Münchenberg, J. & Duffner, M. (2016): Dienstübergreifende Governance am Beispiel RZV. von Suchodoletz, D., Schulz, J., Leendertse, J., Hotzel, H., Wimmer, M. (Hrsg.): *Kooperation von Rechenzentren Governance und Steuerung -Organisation, Rechtsgrundlagen, Politik* Berlin: de Gruyter, 2016; S. 269-280. ISBN: 978-3-11-045975-3

Burkhardt, A. & Becker, R. (2016): *Fans st 74 ärken Marken*. *planung & analyse*, Heft 5; S. 48-50

Castro Kohler, M. & Hagen, T. (2016): "IT via ERP": A Novel Approach to Teaching IT Fundamentals to Business Administration students by Means of an Open Source ERP System. *Multikonferenz Wirtschaftsinformatik (MKWI) 2016 Research-in-Progress- und Poster-Beiträge Technische Universität Ilmenau* 09. - 11. März 2016; 7 Normseiten. http://www.mkwi2016.de/download/MKWI2016_Research-in-Progress-Poster-Band.pdf

Curran, J.T., Navarro, M., Anghileri, M., Closas, P. & Pflerschinger, S. (2016): Coding Aspects of Secure GNSS Receivers. *Proceed. of the IEEE*; pp 1271-1287. DOI: 10.1109/JPROC.2016.2530317

Curtapean, D. & Neculae, A. (2016): *The Micro- and Nanoinvestigation and Control of Physical Processes Using Optical Fiber Sensors and Numerical Simulations: a Mathematical Approach*

Meyrueis, P., Sakoda, K. & Van de Voorde, M. (eds.): *Micro- and Nanophotonic Technologies*; 27 Seiten. ISBN: 978-3-527-34037-8 (Buchbeitrag)

Curtapean, D., Vauderwange, O., Wozniak, P. & Mandal, A. (2016): *The International Year of Light 2015 and its impact on educational activities*. *Proceed. SPIE 9946, Optics Education and Outreach IV, 994608* (September 27, 2016); ; 9 Normseiten. DOI:10.1117/12.2237954

Daryusi, A. (2016): FEM-Spannungsanalyse an schräggebohrtem Wellenabsatz. 7. VDI-Fachtagung für Welle-Nabe-Verbindungen in Karlsruhe, 9. und 10. November 2016, VDI-Berichte 2287, VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf 2016; S. 235-239. ISBN 978-3-18-092287-4

Daryusi, A. (2016): FEM-Untersuchungen zur optimierten Gestaltung von Profilwellen mit freiem Verzahnungsauslauf. 7. VDI-Fachtagung für Welle-Nabe-Verbindungen in Karlsruhe, 09. - 10. Nov. 2016, VDI-Berichte 2287, VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf 2016; S. 129-138. ISBN 978-3-18-092287-4

Daryusi, A. (2016): FEM-Berechnung der Stützwirkung an Durchdringungskerben. 14. Gemeinsames Kolloquium Konstruktionstechnik, KT2016, 6. - 7. Oktober, 2016 in Rostock, Shaker Verlag Aachen; S. 310-319. ISBN 978-3-8440-4732-5

- Daryusi, A. & Köhler, G. (2016):** Empirische Untersuchungen zum visuellen Wahrnehmen beim Lesen und Verstehen technischer Zeichnungen. 14. Gemeinsames Kolloquium Konstruktionstechnik, KT2016, 06. – 07. Okt. 2016 in Rostock, Shaker Verlag Aachen; S. 47-58. ISBN 978-3-8440-4732-5
- Daryusi, A., Köhler, G. & Daryousi, Y. (2016):** Eye-Tracking-Analyse des Betrachtungsverhaltens beim Lesen Technischer Darstellungen. 11. Ingenieurpädagogische Regionaltagung, Technische Bildung im Spannungsfeld zwischen beruflicher und akademischer Bildung. 23.-25. Juni 2016, TU Hamburg; S. 122-131
- Decker, E. (2016):** Mathe-App. Beitrag zur Arbeitsgruppe Innovative Veranstaltungsformen. . Dürr, R., Dürrschnabel, K., Loose, F., Wurth, R. (Hrsg.) Mathematik zwischen Schule und Hochschule. Fachtagung, Esslingen 2015. Wiesbaden: Springer Spektrum.; S. 145-147. ISBN 978-3-658-08942-9
- Decker, E. (2016):** Testerfahrungen mit Studienanfängern und Schülern. Bericht zum Forum 2. Online-Test zur Selbstdiagnose auf Basis des Mindestanforderungskatalogs. Dürr, R., Dürrschnabel, K., Loose, F., Wurth, R. (Hrsg.) Mathematik zwischen Schule und Hochschule. Fachtagung, Esslingen 2015. Wiesbaden: Springer Spektrum.; S. 152-155. ISBN 978-3-658-08942-9
- Decker, E. & Meier, B. (2016):** Schulprojekte zum Einsatz einer Mathe-App als Vorbereitung auf ein MINT-Studium. G. Pinkernell, M. Vogel (Hrsg.): Beiträge zum Mathematikunterricht 2016. Vorträge auf der 50. Tagung für Didaktik der Mathematik vom 07.03.2016 bis 11.03.2016 in Heidelberg, Band 1, Münster: WTM-Verlag, 2016; S. 221-224. [http://dx.Doi.org/10.17877/DE290R-17740](http://dx.doi.org/10.17877/DE290R-17740)
- Dierckx, R.A.J.O., Otte, A., de Vries, E.F.J., van Waarde, A. & J.A. den Boer (Hrsg.) (2016):** PET and SPECT in Psychiatry. Springer Heidelberg, New York, Dordrecht, London; 849 Seiten. Softcover reprint of the original 1st ed. 2014 (August 2016) ISBN 978-3-662-50988-3 (Herausgeberschaft)
- Dierckx, R.A.J.O., Otte, A., de Vries, E.F.J., van Waarde, A. & K.L. Leenders (Hrsg.) (2016):** PET and SPECT in Neurology. Springer Heidelberg, New York, Dordrecht, London; 1112 Seiten. Softcover reprint of the original 1st ed. 2014 (September 2016) ISBN 978-3-662-52323-0 (Herausgeberschaft)
- Dierckx, R.A.J.O., Otte, A., de Vries, E.F.J., van Waarde, A. & P.G.M. Luiten (Hrsg.) (2016):** PET and SPECT of Neurobiological Systems. Springer Heidelberg, New York, Dordrecht, London; 818 S. Softcover reprint of the original 1st ed. 2014 (Sep. 2016) ISBN 978-3-662-52221-9 (Herausgeberschaft)
- Dongol, D., Bollin, E. & Feldmann, T. (2016):** Battery Management Based on Predictive Control and Demand-Side Management: Smart Integration of Renewable. Smart Grid as a Solution for Renewable and Efficient Energy (2016); pp 149-180. ISBN13: 9781522500728 | ISBN10: 1522500723 | ISBN13: 9781522500735 | DOI: 10.4018/978-1-5225-0072-8.ch007 (Buchbeitrag)
- Drechsler, D. (2016):** Korruption = Black Box?, Ein Fallstudienansatz zur Annäherung an ein komplexes Thema. Risk, Fraud und Compliance; Ausgabe 01/2016; ESV; S. 8-15. ISSN 1867-8386; URL: <http://www.COMPLIANCEdigital.de/ZRFC.01.2016.008>
- Drechsler, D. (2016):** Strategisches Krisenmanagement, Ökonomische Krisenresistenz durch risikobasiertes Kapitalkostenmanagement (Teil A). Krisen-, Sanierungs- und Insolvenzberatung; Ausgabe 04/2016; ESV; S. 153-159. ISSN 1868-7784; URL: <http://www.KSIdigital.de/KSI.04.2016.153>
- Drechsler, D. (2016):** Strategisches Krisenmanagement, Ökonomische Krisenresistenz durch risikobasiertes Kapitalkostenmanagement (Teil B). Krisen-, Sanierungs- und Insolvenzberatung; Ausgabe 05/2016; ESV; S. 211-217. ISSN 1868-7784; URL: <https://www.ksidigital.de/KSI.05.2016.211>
- Erens, O. & A. Otte (Hrsg.) (2016):** Geschichte(n) der Medizin, Band 3. Gentner, Stuttgart; 208 Seiten. ISBN 978-3-87247-773-6 (Herausgeberschaft)
- Erens, O. & A. Otte (Hrsg.) (2016):** Geschichte(n) der Medizin, Band 1–3 (Sammelband/Bundle). Gentner, Stuttgart; 544 Seiten [160 (Bd. 1), 176 (Bd. 2), 208 (Bd. 3)]. ISBN 978-3-87247-775-0 (Herausgeberschaft)
- Ernst, S. (2016):** Widerrufsrechte beim Anwalt?. Mit kollegialen Grüßen - Der kostenlose Infodienst für junge Juristen (MkG) 5/2016; S. 9-10
- Ernst, S. (2016):** Urteilsanmerkung BGH „97 Geo-Targeting“. GRUR-Prax 2016; S. 454
- Ernst, S. (2016):** Kommentierung der §§ 1-4. B.P. Paal/ D. Pauly (Hg.), Datenschutz-Grundverordnung, C.H. Beck Verlag; S. 10-64. ISBN 978-3-406-69570-4 (Buchbeitrag)
- Ernst, S. (2016):** Urteilsanmerkung OLG Jena „Musik bei Parteiveranstaltung“. jurisPR-WettbR 2/2016, Anm. 4; 1 Norms.
- Ernst, S. (2016):** Urteilsanmerkung LG Ravensburg „Bekömmliches Bier“. jurisPR-WettbR 3/2016, Anm. 3; 1 Norms.
- Ernst, S. (2016):** Urteilsanmerkung LG Karlsruhe „Widerruf beim In-Game-Kauf“. CR 2016; S. 605
- Ernst, S. (2016):** Urteilsanmerkung BGH „Mehrwertnummer im Impressum“. jurisPR-ITR 16/2016, Anm. 3; 1 Normseite
- Ernst, S. (2016):** Urteilsanmerkung BGH „Landgut A. Borsig“. GRUR-Prax 2016; S. 294
- Ernst, S. (2016):** Urteilsanmerkung BGH „Haftung für Hyperlink“. LMK 3/2016; S. 376394
- Ernst, S. (2016):** Softwareverträge. Ulmer/Brandner/Hensen (Hrsg.), AGB-Recht Kommentar, Verlag Dr. Otto Schmidt, 12. Aufl.; S. 1805-1831. ISBN 978-3-504-45111-0 (Buchbeitrag)
- Ernst, S. (2016):** Kundendaten und der „Asset-Deal“ – Ein Datenschutzproblem. Datenschutz und Datensicherheit (DuD); S. 792-796
- Ernst, S. (2016):** Kommentierung der §§ 1, 2, 11, 16-20, Anh. § 3 Abs. 3 Nr. 14. E. Ullmann (Hg.), juris-Praxiskommentar UWG - Gesetz gegen den unlauteren Wettbewerb, 4. Aufl.; S. 32-48, 91-92, 1008-1017; 1122-1148, insgesamt 55 Druckseiten (plus Online-Aktualisierungen). ISBN 978-3-86330-144-6 (Buchbeitrag)
- Ernst, S. (2016):** Die „öffentliche“ Wiedergabe in Arztpraxen, Altersheimen, Sportstudios u.ä. – Eine urheberrechtliche Bestandsaufnahme nach der jüngeren Rechtsprechung des EuGH. Monatsschrift für Deutsches Recht (MDR); S. 1177-1181
- Ernst, S. (2016):** Bildnisverwertungsklauseln. Ulmer/Brandner/Hensen (Hrsg.), AGB-Recht Kommentar, Verlag Dr. Otto Schmidt, 12. Aufl.; S. 1480-1494. ISBN 978-3-504-45111-0 (Buchbeitrag)

- Ernst, S. (2016):** Urheberrechtsverträge, Verlagsverträge. Ulmer/Brandner/Hensen (Hg.), AGBRecht Kommentar, Verlag Dr. Otto Schmidt, 12. Aufl.; S. 1851-1864. ISBN 978-3-504-45111-0 (Buchbeitrag)
- Ernst, S. (2016):** Schweigepflichtentbindungsklauseln im Gesundheitswesen. Ulmer/Brandner/Hensen (Hrsg.), AGB-Recht Kommentar, Verlag Dr. Otto Schmidt, 12. Aufl.; S. 1782-1785. ISBN 978-3-504-45111-0 (Buchbeitrag)
- Erten, E. & A. Otte (2016):** Das Multitalent Ibn Sina (Avicenna). – Nicht nur einer der größten Ärzte des Mittelalters. Erens O, Otte A (Hrsg.) Geschichte(n) der Medizin, Band 3, Gentner-Verlag Stuttgart; S. 28-34. ISBN 978-3-87247-773-6 (Buchbeitrag)
- Fetzner, D. & Dornberg, M. (2016):** Partizipatives Parasitieren. AugenBlick [65/66] Konstanzer Hefte zur Medienwissenschaft; S. 40-56. ISBN 978-3-89472-964-6
- Franko, A.A., Doublet, M.L., & Bessler, W.G. (2016):** Physical multiscale modeling and numerical simulation of electrochemical devices for energy conversion and storage. Springer; 235 S.. ISBN: 9781447156765 (Monografie)
- Funk, M., Kosch, T., Kettner, R., Korn, O. & Schmidt, A. (2016):** motionEAP: An Overview of 4 Years of Combining Industrial Assembly with Augmented Reality for Industry 4.0. Proceed. of the 16th international conference on knowledge technologies and data-driven business; 4 Normseiten
- Graf, A. & Zerres, C. (2016):** Instagram als Social Media Marketingkanal. C. Zerres (Hg.): Schriftenreihe „Arbeitspapiere für Marketing und Management“, Nr. 9, August 2016, Offenburg ; S. 25. ISSN: 2510 - 4799
- Graumann, M. & Grundei, J. (2016):** Lohnt sich eine Hierarchieabflachung? Wie der Aufsichtsrat die Entscheidung des Vorstands überprüfen kann.. Board – Zeitschrift für Aufsichtsräte in Deutschland, 4; S. 161-164. ISSN 2192-211X
- Graumann, M., Burkhardt, A. & Venohr, D. (2016):** So unterstützen Maßnahmen zur Arbeitszufriedenheit die Kundenzufriedenheit.. Personal Quarterly; S. 26-31
- Haber, T., Brudsche, M., Brenner, C., Härtig, J., Melichercik, J. & Ismer, B. (2016):** Training system for cardiac remote monitoring . Abstract book of the 5th International Conference on Biotechnology and Bioengineering; pp 17-18
- Häder, D. (2016):** Der Zwang zur Neupositionierung von Unternehmen durch technische Innovationen: Voraussetzungen für einen nachhaltigen Erfolg. Zerres, C. (Hrsg.): Hamburger Schriften zur Marketingforschung, Rainer Hampp Verlag, München und Mering, Band 98; 236 S. ISBN 978-3-95710-065-8 (print) (Herausgeberschaft)
- Häder, D. & Zerres, C. (2016):** Digitalisierung im deutschen Funkfachhandel - Empfehlungen zu den Möglichkeiten eines Change Management auf der Grundlage einer aktuellen empirischen Analyse. IfM Bonn, Working Paper 05/16, Bonn; 36 Seiten. ISSN: 2193-1860 (Print); 2193-1879 (Internet)
- Hagen, T. & Freyburger, K. (2016):** Neue Technologien als integraler Bestandteil eines Business Intelligence Curriculums am Beispiel von SAP BW on HANA. Nissen, V., Stelzer, D., Straßburger, S. & Fischer, D. (Hrsg.): Multikonferenz Wirtschaftsinformatik (MKWI) TU Ilmenau 09. - 11. März 2016 ; S. 741-750. ISBN 978-3-86360-132-4
- Hiltmann, K., Thurnes, C., Adunka, R., Mayer, O., Koltze, K., Livotov, P. & Mueller, W. (2016):** VDI Standard 4521: Status.. Journal of the European TRIZ Association - INNOVATOR, ISSN 1866-4180, 01/2016 (02); pp 49-52
- Höll, J. & Bollin, E. (2016):** Reviewing the Load Shift Potential of Thermally Activated Building Systems Applying Model Predictive Control . 2015 International Conference on Smart Grid and Clean Energy Technologies (ICSGCE), Offenburg, 2015; pp 12-17. DOI: 10.1109/ICSGCE.2015.7454262
- Hoppe, H., Seebacher, F. & Klemm, M. (2016):** Nicht modellbasierte Kalibrierung von Kameras mit Monitoren. T. Tolxdorff, T. M. Deserno, H. Handels, H.-P. Meinzer (Hrsg.): Bildverarbeitung für die Medizin 2016, Proceed., 13. bis 15. März 2016, Berlin; S. 50-55
- Humpert, D., Milz, B., Lotz, A. & Spangenberg, B. (2016):** Thin-Layer Chromatographic Separation and In Situ Chemiluminescence of Phenolic Compounds. Journal of Planar Chromatography 29 ; pp 318 - 322
- Ipsen, D., Reichhardt, U. & H.U. Werner (Hrsg.) (2016):** Klang Orte(n) Zeit Raum. Landschaften und Medien des Hörens.. Massenmedien und Kommunikation (MuK) 197/198, universi Verlag Siegen; 182 Seiten. ISSN 07213271 (Herausgeberschaft)
- Jose, J.M., Sikora, A., Schappacher, M. & Phuong, N.M. (2016):** Integration and Analysis of an Extended IEEE 802.15.4 Modules with SmartMAC and Wake-on-Radio Functions into the Network Simulator NS3. Proceed. 3rd IEEE IDAACS Symposium on Wireless Systems within the IEEE International Conferences (IEEE IDAACS-SWS 2016), 26-27 Sept. 2016, Offenburg; pp 19-23
- Junk, S. (2016):** Virtuelle Modell „begreifbar“ Machen - Darstellung von Simulationsergebnissen mittels 3D-Farbdruck. Hirt, G. (Hrsg.): 31. Aachener Stahlkolloquium - Umformtechnik: „Ideen Form geben“, Verlagshaus Mainz, Aachen; S. 327-334. ISBN: 978-3-95886-082-7
- Junk, S. (2016):** Onshape - kurz und bündig. Springer Verlag, Wiesbaden; 174 Seiten. ISBN 978-3-658-15379-3 (Monografie)
- Junk, S. & Kaufmann, C. (2016):** Einsatz von Additive Manufacturing zur Darstellung von Simulationsergebnissen in der Blechumformung. Europäische Forschungsgesellschaft für Blechverarbeitung (Hg.) Prozesstechnik in der Blechverarbeitung - Interaktion Maschine | Werkzeug Tagungsband TB-042 des EFB-Kolloquiums Blechverarbeitung, 12. + 13. April 2016, Fellbach ; S. 273 - 280
- Junk, S. & Matt, R. (2016):** Proceedings of Fraunhofer Direct Digital Manufacturing Conference DDMC. Müller, B. (Hrsg.), Fraunhofer Direct Digital Manufacturing Conference DDMC 2016 Conference Proceed., Fraunhofer Additive Manufacturing Alliance 2016, Fraunhofer Verlag; 4 Normseiten. ISBN 978-3-8396-1001-5
- Junk, S. & Schrock, S. (2016):** New developments in design education for additive manufacturing. Bohemia E., Buck, L., Eriksen, K., Kovacevic, A., Ovesen, N. & Tollestrup, C. (Eds): Proceed. 18th Intern. Conf. on Engineering and Product Design Education (E&PDE16), Design Education: Collaboration and Cross-Disciplinarity, Aalborg, Denmark, 8-9 Sept 20; S. 290-295

Junk, S. & Schröder, W. (2016): Application of Sustainable Design in Additive Manufacturing of an Unmanned Aerial Vehicle. Setchi R., Howlett R., Liu Y., Theobald P. (eds) Sustainable Design and Manufacturing 2016. Smart Innovation, Systems and Technologies, vol 52. Springer, Cham; S. 375-385. ISBN 978-3-319-32096-0 (Buchbeitrag)

Kehret, O., Schappacher, M. & Sikora, A. (2016): A Network Emulation Testbed for Complex Topologies of Wired M-Bus According to EN13757. Journal of Communications, Vol. 11, No. 9, Sep. 2016; pp 819 - 826

Klasen, A. (2016): Applying the „Strategic Ecosystem“: Trade Promotion and Economic Development in Africa. Africa Policy Review 2016/17; pp 46-49. 978-0-9934027-1-5

Klasen, A. & Krummacker, S. (2016): Demand for export credit and political risk insurance. Berne Union Yearbook 2016; pp 105-107

Klemm, M., Seebacher, F. & Hoppe, H. (2016): Flexible Three-dimensional Camera-based Reconstruction and Calibration of Tracked Instruments. 19th International Conference on Information Fusion (FUSION), Proceed., 5. bis 8. Juli 2016, ; pp 861-867

Klemm, M., Seebacher, F. & Hoppe, H. (2016): Non-parametric Camera-Based Calibration of Optical See-Through Glasses for AR Applications. 2016 International Conference on Cyberworlds (CW), Proceed., 28. - 30. September, Chongqing; pp 33-40

Korn, O. & Dix, A. (2016): Educational Playgrounds. How Context-Aware Systems Enable Playful Coached Learning. interactions, Jan.-Feb., Vol. XXIV.1 ; pp 54-57. DOI = 10.1145/3012951

Korn, O., Lang, J., Korge, A., Causegic, H. & Schmidt, A. (2016): Gamification of a Workday. A Study on the Effects in Sheltered Employment. CHI '16 Extended Abstracts of the ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems; pp 3114–3121. DOI = 10.1145/2851581.2892283

Korn, O., Muschick, P. & Schmidt, A. (2016): Gamification of Production? A Study on the Acceptance of Gamified Work Processes in the Automotive Industry. Advances in Affective and Pleasurable Design. Proceed. of the AHFE 2016 International Conference; pp 433-445. DOI = 10.1007/978-3-319-41661-8_42

Korn, O., Tso, L., Papagrigoriou, C., Sowoidnich, Y., Konrad, R. & Schmidt, A. (2016): Computerized Assessment of the Skills of Impaired and Elderly Workers. A Tool Survey and Comparative Study. ACM PETRA '16 Proceed. of the 9th Intern. Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments; pp 50:1–50:8. DOI = 10.1145/2910674.2910675

Künzel, T. & Weidlich, A. (2016): Methodik zur Quantifizierung der Grenzkosten flexibler Systemkomponenten in Zeiten steigender volatiler Einspeisung aus Erneuerbaren Energien. 3. Konferenz Zukünftige Stromnetze für Erneuerbare Energien; S. 110-114

Lankau, R. (2016): Ihr bekommt unsere Kinder nicht!. lunapark_21, Zeitschrift zur Kritik der globalen Ökonomie, Heft 35; 14 Normseiten. ISSN 1866-3788

Lankau, R. (2016): Machen Algorithmen automatisch klug?. Akademie, Zeitschrift für Führungskräfte in Verwaltung und Wirtschaft; S. 41-44. ISSN: 0944 582 X

Lankau, R. (2016): Die Verdinglichung des Menschen: Mit Gesundheitskarte, Selftracking und EHealth zum homo digitalis. umwelt - medizin - gesellschaft, Heft 3/2016; S. 29-34.

Lankau, R. (2016): Der Kaiser ist ja nackt . Landtag Düsseldorf. 94. Sitzung am 4. Mai 2016 ; S. 10-11, S. 41-44. Anhörung der Sachverständigen zum Antrag der Fraktion der FDP „Digitale Bildung und Medienkompetenz in den Schulen stärken“

Lankau, R. (2016): Digitalisierung und schulische Bildung.. Anhörung durch die Enquetekommission „Kein Kind zurücklassen – Rahmenbedingungen, Chancen und Zukunft schulischer Bildung in Hessen“; 37 S. + 14 S. Ergänzung. Anhörung durch die Enquetekommission Hessen

Lankau, R. (2016): Trojaner aus Berlin: Der „Digitalpakt#D“. Gesellschaft für Bildung und Wissen e.V. (bildung-wissen.eu); 4 Norms. Online-Petition

Lankau, R. (2016): Wenn Algorithmen und Apps zum Fetisch werden. Burchardt, M., Kahlert, J., Zierer, K. (Hrsg.): Die pädagogische Mitte – für den Entzauberung der empirischen Bildungsforschung und eine Entideologisierung der Pädagogik; S. 203-214. ISBN 978-3-7815-2101-8 (Buchbeitrag)

Lankau, R. (2016): Stellungnahme zum Antrag 16/10796 Landtag NRW. Stellungnahme zum Antrag 16/10796 (Landtag NRW) zur Stärkung von „digitaler Bildung“ und Medienkompetenz; 14 Normseiten. Stellungnahme zum Antrag 16/10796 Landtag NRW

Livotov, P. (2016): Systemic Approach for Enhancing Innovative and Competitive Capability of Industrial Companies - Research concept. Journal of the European TRIZ Association - INNOVATOR, ISSN 1866-4180, 01/2016 (02); pp 163-169

Lokshina, I., Wendt, T.M. & Lanting, C. (2016): Accelerated Buffer Overflow Simulation in Self-Similar Queuing Networks with Long-Range Dependent Processes and Finite Buffer Capacity . Proceed. 3rd IEEE IDAACS Symposium on Wireless Systems within the IEEE International Conferences (IEEE IDAACS-SWS 2016), 26-27 Sep 2016, Offenburg; 7 Normseiten. ISBN: 978-1-5090-4318-7

Mamo, FT. & Sikora, A. (2016): An Overview on Alliances and Ecosystems for Home and Building Automation. Tagungsband der Embedded World Conference, 23.-25. Feb. 2016, Nürnberg; S. 83-91. ISBN978-3-645-50159-0

Mamo, FT., Yushev, A., Walz, A., Schappacher, M., Sikora, A., Scherzinger, C. & Ketterer, L. (2016): Wege zu zukunfts-sicheren Kommunikationsprotokollen für das Smart Home – auf allen Ebenen. VDE Kongress 2016, Paper S3-R7; S. 1-4. ISBN 978-3-8007-4308-7

Mamo, FT., Yushev, A., Walz, A., Schappacher, M., Sikora, A., Scherzinger, C. & Ketterer, L. (2016): Comparison of Cryptographic Implementations for Embedded TLS. Tagungsband der Embedded World Conference, 23.-25. Feb. 2016, Nürnberg; S. 812-817. ISBN978-3-645-50159-0

Mandal, A. (2016): Privacy Preserving Consensus-Based Economic Dispatch in Smart Grid Systems. Future Network Systems and Security - Second International Conference (FNSS) 2016, Paris, France, November 23-25, 2016, Proceed. ; 13 Normseiten. 10.1007/978-3-319-48021-3-7

Mandal, A., Wozniak, P., Vauderwange, O. & Curticeapean, D. (2016): Application of visual cryptography for learning in optics and photonics . Proceed. SPIE 9946, Optics Education and Outreach IV, 99460X (September 27, 2016); 8 Normseiten. DOI:10.1117/12.2237923

- Marques, G.C., Garlapati, S.K., Dehm, S., Dasgupta, S., Aghassi, J. & Tahoori, M.B. (2016):** Compact modeling of inkjet printed, high mobility, electrolyte-gated transistors. 55. Workshop on Microelectronics, IEEE German Section Solid-State Circuit Society; 5 Normseiten.
- Marques, G.C., Garlapati, S., Chatterjee, D., Dehm, S., Dasgupta, S., Aghassi, J. & Tahoori, M.B. (2016):** Electrolyte-Gated Field-Effect Transistors Based on Oxide Semiconductors: Fabrication and Modeling. IEEE, Transactions of Electron Devices, vol. 64, no. 1; pp 279-285. DOI: 10.1109/TED.2016.2621777
- Mayer, A., Mayer, E., Mayer, M., Jäger, P., Bleyl, I. & Wagner, K. (2016):** Full 2D-FEM calculations of third-order intermodulations in SAW devices. 2016 IEEE International Ultrasonics Symposium Proceed.; 4 Normseiten
- Mendizabal, J., Berbineau, M., Vinel, A., Pflutschinger, S., Bonneville, H., Pirovano, A., Plass, S., Scopigno, R. & Aniss, H. (Eds.) (2016):** Communication Technologies for Vehicles. 10th International Workshop Nets4Cars/Nets4Trains/Nets4Aircraft 2016 San Sebastián, Spain, June 6-7, 2016, Proceed.; 195 Seiten. DOI 10.1007/978-3-319-38921-9, ISSN 0302-9743, ISSN 1611-3349 (electronic) (Herausgeberschaft)
- Moschevikin, A., Tsvetkov, E., Alekseev, A. & Sikora, A. (2016):** Investigations on Passive Channel Impulse Response of Ultra Wide Band Signals For Monitoring and Safety Applications. Proceed. 3rd IEEE IDAACS Symposium on Wireless Systems within the IEEE International Conferences (IEEE IDAACS-SWS 2016), 26-27 Sep 2016, Offenburg; pp 97-104
- Münchenberg, J. (2016):** ITIL-Prozesse im kooperativen Hochschul Umfeld. von Suchodoletz, D., Schulz, J., Leendertse, J., Hotzel, H., Wimmer, M. (Hrsg.): Kooperation von Rechenzentren Governance und Steuerung - Organisation, Rechtsgrundlagen, Politik Berlin: de Gruyter, 2016; S. 205-219. ISBN: 978-3-11-045975-3 (Buchbeitrag)
- Münchenberg, J., von Suchodoletz, D., Rettberg, S., Ritter, S. & Rößler, C. (2016):** Kooperativer IT-Dienst: bwLehrpool. von Suchodoletz, D., Schulz, J., Leendertse, J., Hotzel, H., Wimmer, M. (Hrsg.): Kooperation von Rechenzentren Governance und Steuerung - Organisation, Rechtsgrundlagen, Politik. Berlin: de Gruyter; S. 243-254. ISBN: 978-3-11-045975-3 (Buchbeitrag)
- Nasdala, L. (2016):** Mathematik Beweisaufgaben: Beweise, Lern- und Klausur-Formelsammlung. Springer Fachmedien Wiesbaden; 250 Seiten. ISBN 978-3-658-13956-8 ISBN 978-3-658-13957-5 (eBook) DOI 10.1007/978-3-658-13957-5 (Monografie)
- Nguyen, P., Jose, J.M., Schappacher, M. & Sikora, A. (2016):** Wake-On-Radio in Real Wireless Applications. Proceed. Wireless Congress 2016; S. 930-935. ISBN 978-3-645-50161-3
- Nguyen, P., Schappacher, M., Sikora, A. & Groza, V.F. (2016):** Extensions of the IEEE802.15.4 Protocol for Ultra-Low Energy Real-Time Communication. Proceed. I2MTC, 2016 IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference, 23.-26. May 2016, Taipei (Taiwan); 6 Norms. <http://ieeexplore.ieee.org/document/7520415/?part=1>
- Nuß, U. (2015):** Stromzustandsregelung. Schröder, Dierk (Hrsg.): Elektrische Antriebe – Regelung von Antriebssystemen. 4. Auflage. Springer Vieweg Verlag, Berlin, Heidelberg; S. 772 - 810. 978-3-642-30095-0 (Buchbeitrag)
- Nuß, U. (2015):** Drehzahlzustandsregelung. Schröder, Dierk (Hrsg.): Elektrische Antriebe – Regelung von Antriebssystemen. 4. Auflage. Springer Vieweg Verlag, Berlin, Heidelberg; S. 811 -834. 978-3-642-30095-0 (Buchbeitrag)
- Opitz, F., Treffinger, P., Wöllenstein, J. & Schweikle, R. (2016):** Physics-based Modeling of the Electric Arc furnace Process using Object-Oriented Language Modelica. Proceed. of 11th European Electric Steelmaking Conference, 25-27.05. 2016 Venice, Italy; 12 Normseiten
- Ortega Clavero, V., Weber, A., Schröder, W. & Curticepean, D. (2016):** Spectral analysis of bacanora (agave-derived liquor) by using FT-Raman spectroscopy. SPIE 9899, Optical Sensing and Detection IV, 98992T ; S. 1-8
- Otte, A. (2016):** Johann Sebastian Bachs Goldberg-Variationen, Schlafforschung und die Radiologie. – „Allein ihr Kunstwerth ist ... noch nicht bezahlt.“. Erens O, Otte A (Hrsg.) Geschichte(n) der Medizin, Band 3, Gentner-Verlag Stuttgart; S. 50-54. ISBN 978-3-87247-773-6 (Buchbeitrag)
- Otte, A. (2016):** Mord vor 5.000 Jahren? – Wie heutige Medizintechnik zur Aufklärung historischer Kriminalfälle beiträgt. Erens O, Otte A (Hrsg.) Geschichte(n) der Medizin, Band 3, Gentner-Verlag Stuttgart; S. 192-197. ISBN 978-3-87247-773-6 (Buchbeitrag)
- Otte, A. (2016):** The “neural bypass”: New hope for spinal cord injury patients. Spine Research 2016; 2 (2); p 18. Peer review Nachweis siehe Link: <http://spine.imedpub.com/>
- Prasetyo, J.A., Yushev, A. & Sikora, A. (2016):** Investigations On The Performance Of Bluetooth Enabled Mesh Networking. Proceed. 3rd IEEE IDAACS Symposium on Wireless Systems within the IEEE International Conferences (IEEE IDAACS-SWS 2016), 26-27 Sep 2016, Offenburg; pp 56-61
- Rekun, I., Seifert, T. & Jörg, R. (2016):** Determination of stable and robust material properties for the assessment of thermomechanically loaded components of rocket engines with viscoplastic constitutive equations. Proceed. 14th Europ. Conf. on Spacecraft Structures, Materials and Environmental Testing (ECSSMET), Toulouse, France; 15 Norms. https://extranet.insightoutside.fr/upload/compte748/Base/inscriptions_projets/fichier2/57435-fichier2.pdf
- Riske, A., Schappacher, M. & Sikora, A. (2016):** Entwicklung eines DGPS-gestützten Fahrdynamikmesssystems unter Verwendung des FPGAs Zynq-7000 mit einem Dual-Core Bare-Metal asymmetrischen Multiprozessorsystem. MPC-Workshop 5. Feb. 2016, Karlsruhe.; 6 Normseiten
- Ritter, S., Trahasch, S., Slotosch, S., von Suchodoletz, D., & Münchenberg, J. (2016):** bwLehrpool: Durchführung von elektronischen Prüfungen in virtualisierten Umgebungen. Lucke, U. & Schwill, A. (Hrsg.): Vol. 262. LNI, DeLFI 2016 - Die 14. e-Learning Fachtagung Informatik der Gesellschaft für Informatik e.V. (GI), Potsdam, 12.-14. September 2016; S. 291-297
- Ritter, S., Trahasch, S., Slotosch, S., von Suchodoletz, D. & Münchenberg, J. (2016):** bwLehrpool: Durchführung von elektronischen Prüfungen in virtualisierten Umgebungen. Lucke, U. (Hrsg.), Bonn 2016, Die 14. E-Learning Fachtagung Informatik, Lecture Notes in Informatics (LNI), Gesellschaft für Informatik; S. 149-154

Saldsieder, N. (2016): Ordnungsfragen zweiseitiger Märkte im professionellen Fußballsport. Zerres, C. (Hrsg.): Hamburger Schriften zur Marketingforschung, Rainer Hampp Verlag, München und Mering, Band 97; 523 Seiten. ISBN 978-3-95710-062-7 (print) (Herausgeberschaft)

Sarstedt, P., Kachel, G., Ettrich, J. & Bühler, K. (2016): Topology Optimization for Fluid Flow employing local Optimality Criteria. Proceed. of 7th European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering (ECCOMAS), vol. 1; pp 967-978. 7th European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering, ECCOMAS Congress 2016; Crete; Greece; 5 June 2016 through 10 June 2016; Code 124195; ISBN 978-618828440-1

Schickl, L., Dorer, K., Wülker, M., D'Antilio Y. & Hochberg, U. (2016): Development of a Six-Axis Force and Torque Sensor for the Humanoid Robot Sweaty 2.0. Proceed. of the 11th Workshop on Humanoid Soccer Robots, IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots; 6 Normseiten

Schmidt, M. & Mayer, O. (2015): Forecast accuracy measures for micro-grid operation. 2015 International Conference on Smart Grid and Clean Energy Technologies (ICSGCE); pp 176-179. 10.1109/ICSGCE.2015.7454292

Schoeneberg, K.-P., Zerres, C., Frass, A. & J. Igelbrink (2016): Textmining - Markenführung mittels Social Media Analytics. Lang, M. (Hrsg.): Business Intelligence erfolgreich umsetzen, Symposium Publishing, Düsseldorf; S. 75-99. ISBN: 978-3-86329-682-7 (Buchbeitrag)

Schöne, E. & Klasen, A. (2016): Erfolgsfaktor Hermesdeckungen. ICC Germany Magazin 1/2016; S. 36-39. ISSN 2365-7103

Sebastian E.J., Yushev, A., Sikora, A., Schappacher, M. & Prasetyo, J.A. (2016): Performance Investigation Of 6Lo With RPL Mesh Networking For Home And Building Automation. Proceed. 3rd IEEE IDAACS Symposium on Wireless Systems within the IEEE International Conferences (IEEE IDAACS-SWS 2016), 26-27 Sep 2016, Offenburg; pp 127-133

Sedlak, M. & Hagen, T. (2016): Dos and Don'ts im Dashboard-Design: Wie Eyetracking-Verfahren bei der Datenvisualisierung helfen. BI-SPEKTRUM 03-2016; S. 26-29

Seeger, C. & Breyer-Mayländer, T. (2016): Vom Studenten zum Chef. UVK Konstanz; 247 Seiten. ISBN: 978-3-86764-4 (Monografie)

Selzer, M., Nestler, B., Sarstedt, P. & Kachel, G. (2016): Optimierungen des Gewichts und des Energieverlusts von um- und durchströmten Bauteilen. Horizonte 48 (Okt. 2016); S. 23-25

Sharma, R., Sairam, A.S., Yadav, A. & Sikora, A. (2016): Tunable Synchronization in Duty-cycled Wireless Sensor Networks. 10th IEEE International Conference on Advanced Networks and Telecommunications Systems, 6-9 November 2016 – Bangalore, India; pp 856-860

Sikora, A., Jäckle, D., Rahusen, D. & Weber, P. (2016): lexible and Open Source Usage of LoRaWAN. Proceed. Wireless Congress 2016; S. 547-571. ISBN 978-3-645-50161-3

Sikora, A., Sebastian, E.J., Yushev, A., Schmitt, E. & Schappacher, M. (2016): Automated Physical Testbeds for Emulation of Wireless Networks. MATEC Web of Conferences, ICMIE 2016; pp 1-5, <http://dx.doi.org/10.1051/matec-conf/20167506006>

Sikorski, E. & Canz, M. (2016): A Cheer-and-Challenge Approach in Teaching Mechanics to Demotivated Freshmen. 5th IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering, Bangkok, Thailand, Dec. 2016; 6 Normseiten

Sikorski, E., Canz, M., Zell, C. & Kachel, G. (2016): From a Teaching Disaster to a Teaching Success. Int. Conference New Perspectives in Science Education, 5th edition, Florence, Italy, Apr. 2016; 5 Norms.

Spangenberg, B. & Weyandt-Spangenberg, M. (2016): A Validated Quantification of Methadone in Liquids Using Thin-Layer Chromatography and a Flatbed Scanner. Journal of Planar Chromatography 29; pp 59 - 65

Spohn, P. & Weber, J. (2016): Steuerliche Behandlung von ergebniskompensatorischen Wertpapiergeschäftsgeschäften. Recht der Finanzinstrumente; S. 148-156

Tajan, L., Westhoff, D., Reuter, C. & Armknecht, F. (2016): Private Information Retrieval and Searchable Encryption for Privacy-Preserving Multi-Client Cloud Auditing. 11th International Conference for Internet Technology and Secured Transactions (ICITST-2016), Barcelona, Dez. 2016; S. 1-8

Toumassian, S., Werner, R., & Sikora, A. (2016): Performance Measurements for Hypervisors on Embedded ARM Processors. 2016 Intl. Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics (ICACCI), Sept. 21-24, 2016, Jaipur, India; pp 851 - 855

Trahasch, S., Zimmer, M., & Krawatzek, R. (2016): Agile Business Intelligence als Beispiel für ein domänenspezifisch angepasstes Vorgehensmodell. Engstler, Fazal-Baqae, Hanser, Linssen, Mikusz, & Volland (Eds.), LNI: Vol. 263. Projektmanagement und Vorgehensmodelle 2016. GI, Tagungsbd. 6.+7.10.2016, Paderborn; S. 187-195. https://www.gi.de/fileadmin/redaktion/2016_LNI/lnip-263.pdf

Vauderwange, O., Wozniak, P., Javahiry, N. & Curticean, D. (2016): A blended learning concept for an engineering course in the field of color representation and display technologies. Proceed. SPIE 9946, Optics Education and Outreach IV, 99460Y (September 27, 2016); 9 Norms. DOI:10.1117/12.2237612

Voß, W. & Ismer, B. (2016): Langzeit-EKG-Scripte 3. Auflage. Schriften aus dem POI an der Hochschule Offenburg; 91 Seiten. ISBN 978-3-943301-22-9, Prof. Dr. rer. nat. habil. Bruno Ismer (Monografie)

Weber, P., Jäckle, D., Rahusen, D. & Sikora, A. (2016): IPv6 over LoRaWAN. Proceed. 3rd IEEE IDAACS Symposium on Wireless Systems within the IEEE International Conferences (IEEE IDAACSSWS 2016), 26-27 Sep 2016, Offenburg; pp 75-79

Weißhar, B. & Bessler, W.G. (2016): Model-Based Degradation Assessment of Lithium-Ion Batteries in a Smart Microgrid. Proceed. of the 2015 International Conference on Smart Grid and Clean Energy Technologies, Offenburg, Germany IEEE-Xplore; pp 134-138. DOI: 10.1109/ICSGCE.2015.7454284

- Werner, H.U. (2016):** Zeit, Raum, Design. Ipsen, D., Reichardt, U. & H.U. Werner (Hrsg.): Klang Orte(n) Zeit Raum. Landschaften und Medien des Hörens. Massenmedien und Kommunikation (MuK) 197/198, universi Verlag Siegen; S. 42-45, 64-76, 82-86, 110-122. ISSN 07213271 (Buchbeitrag)
- Wesarg, T., Arndt, S., Aschendorff, A., Laszig, R., & Zirn, S. (2016):** Interaural stimulation timing in SSD CI users and bimodal CI/HA users. 14th International Conference on Cochlear Implants and Other implantable devices, Toronto.; p 33. <http://www.ci2017sf.org/site/landing/index.html>
- Wilke, K. & Weber, J. (2016):** Lehrbuch Internationales Steuerrecht. 13. Auflage, NWB Verlag, Herne; S. 100-120, 253-299, 369-411. ISBN 978-3-482-63963-0 (Buchbeitrag)
- Wozniak, P., Vauderwange, O., Mandal, A., Javahiraly, N. & Curticepan, D. (2016):** Possible applications of the LEAP Motion controller for more interactive simulated experiments in Augmented or Virtual Reality. Proceed. SPIE 9946, Optics Education and Outreach IV, 99460P (27 Sep. 2016); 12 Norms. DOI: 10.1117/12.2237673
- Wüstemann, J., Koch, C. & A. Najderek (2016):** Fall 6: Prüfung von Einzelnormen - Beispiel Rückstellungen. Wüstemann, J. u. Koch C. (Hrsg.), Wirtschaftsprüfung case by case, 4. Auflage, Frankfurt 2016; S. 107-132. (Buchbeitrag)
- Yushev, A., Schappacher, M. & Sikora, A. (2016):** Titan TTCN-3 Based Test Framework for Resource Constrained Systems. MATEC Web of Conferences, ICMIE 2016; pp 1-5. <http://dx.DOI.org/10.1051/mateconf/20167506005>
- Yushev, A., Sikora, A. & Schappacher, M. (2016):** Verification and Validation of 6Lo Protocol Stacks. Proceed. Wireless Congress 2016; S. 903-907. ISBN 978-3-645-50161-3
- Yushev, A., Sikora, A. & Sebastian, J. (2016):** Open source 6Lo protocol stack for wireless embedded systems. 2016 Wireless Telecommunications Symposium (WTS), London, UK, 2016; pp 1-7
- Zeiser, M. & Westhoff, D. (2016):** Re-visited: On the Value of purely Software-based Code Attestation for Embedded Devices. Innovative Internet Computing Systems/Community/Computing Systems, 16th IACS, Wien, ISBN 978-3-319-49465-4; S. 75-89
- Zell, C., Bauer, A. & Hochberg, U. (2016):** Biogas Upgrading by In situ Methanation of Hydrogen in a Membrane Biogas Reactor. Ibio - BIT's 9th Annual World Congress of Industrial Biotechnology, 16.-18. März 2016, Seoul; p 66
- Zell, C., Hochberg, U., Haas, K. & Bauer, A. (2016):** Populationsdynamik methanogener Archaeen bei der biologischen Methanisierung von Wasserstoff in Biogasanlagen. Chemie Ingenieur Technik 88 (9) 1273, ProcessNet-Jahrestagung und 32. DECHEMA-Jahrestagung der Biotechnologen, Aachen, 12.-15. Sept.; 1 Normseite
- Zell, C., Hochberg, U., Haas, K. & Bauer, A. (2016):** Feasible operating conditions for biological in situ methanation in biogas reactors. Environmental Best Practices, The Fifth International Conference in Offenburg, 20-22 Sept. 2016, Abstract Book; p 21
- Zerres, C. & Drechsler, D. (2016):** Predictive Analytics als Governance- und Managementanwendung - Zukunftsorientiertes Controlling. Management-Journal; 2 Norms. ISSN (Online) 2199-9430; veröffentlicht am 21.4.2016; URL: <https://goo.gl/Wl8ZjL>
- Zerres, C. & Israel, K. (2016):** Online-Marketing. Nutzung bei klein- und mittelständischen Unternehmen. Hochschulverlag Offenburg, Schriften der Hochschule Offenburg Nr. 3; 47 S. ISBN: 978-3-943301-19-9 (Monografie)
- Zerres, T. & Zerres, C. (2016):** Arbeitsrechtlicher Rahmen von Managemententscheidungen. Zerres, C. (Hrsg.): Schriftenreihe „Arbeitspapiere für Marketing und Management“, Nr. 12, Nov. 2016, Offenburg; 17 Seiten. ISSN: 2510-4799 (Monografie)
- Zerres, T., Zerres, C. & Israel, K. (2016):** Marketingrecht. Ein Leitfaden für den Mittelstand. Hochschulverlag Offenburg, Schriften der Hochschule Offenburg Nr. 4; 59 Seiten. ISBN: 978-3-943301-20-5 (Monografie)
- Zirn, S., Arndt, S. & Wesarg, T. (2016):** Coding of interaural phase differences in BiCI users. Santurette ,S., T. Dau, J. C. Dalsgaard, L. Tranebjærg, and T. Andersen (eds.), Individual hearing loss – Characterization, modelling, compensation strategies; pp. 341 - 348. ISBN: 978-87-990013-5-4 (Buchbeitrag)
- Zirn, S., Arndt, S., Aschendorff, A., Laszig, R. & Wesarg, T. (2016):** BiCI users' sensitivity to interaural phase differences for single- and multi-channel stimulation. Association for Research in Otolaryngology, 39th Annual MidWinter Meeting, San Diego; p 153. http://c.ymcdn.com/sites/www.aro.org/resource/resmgr/Abstract_Archives/UPDATED_2016_ARO_Abstract_Bo.pdf
- Zirn, S., Arndt, S., Aschendorff, A., Laszig, R. & Wesarg, T. (2016):** Coding and perception of interaural phase differences in BiCI users. 14th International Conference on Cochlear Implants and Other implantable devices, Toronto; p 32. <http://www.ci2017sf.org/site/landing/index.html#ac-introduction>

Kategorie: Dissertation

Autor(en), Titel, Verlag

Fülleborn, A. (2016): Methods to Create, Retrieve and Apply Cross-Domain Problem Solutions: A Problem-Oriented Pattern Management Approach. Shaker Verlag (Berichte aus der Informatik), Aachen; 708 Seiten. DOI 10.2370/9783844046090 (Dissertation des neuberufenen Professors)

Lange, M. (2015): Sorption von C4-Kohlenwasserstoffen an strukturell flexiblen, porösen Koordinationspolymeren. Hochschulschrift der Universität Leipzig; 129 Seiten. <https://katalog.ub.uni-leipzig.de/Record/0016597134#description> (Betreuer an der HSO: Prof. Dr. Reiner Staudt)

Metzger, M. (2016): Mikrostruktur- und mechanismusbasierte Werkstoffmodelle zur Beschreibung des Deformations- und Lebensdauerhaltens von thermomechanisch beanspruchten Graugusswerkstoffen. Fraunhofer IWM Forschungsberichte Bd 12, Fraunhofer Verlag, Stuttgart; 175 Seiten. ISBN 978-3-8396-1115-9 (Betreuer an der HSO: Prof. Dr. Thomas Seifert)

Rotter, K.M. (2016): Zur semi-invasiven Erfassung des interventrikulären Delays bei chronischer Herzinsuffizienz. Reihe Schriften aus dem Peter Osypka Institute for Pacing and Ablation an der HSO 111 Seiten. ISBN: 978-3-943301-16-8 (Betreuer an der HSO: Prof. Dr. rer. nat. habil. Bruno Ismer)

Promotionen 2016

Name, Titel, HSO Betreuer, Betreuer - kooperierende Universität

Intern, laufend:

Altan, Lokman: DigiKer-Digitaldruckverfahren für Keramikfarben, HSO Prof. Dr. Günther Waibel, *Albert-Ludwigs-Universität Freiburg* - Prof. Dr. Leonhard Reindl

Betz, Johann-Wolfram: Unterbindung von Seitenkanalangriffen in Cloud Umgebungen, HSO Prof. Dr. Dirk Westhoff, *Albert-Ludwigs-Universität Freiburg* - Prof. Dr. h.c. Günter Müller

Bhattacharayya, Mayukh: Wireless ultra low power sensor systems for passive and semi-passive applications, HSO Prof. Dr. Dirk Jansen, *Albert-Ludwigs-Universität Freiburg* - Prof. Dr. Leonhard Reindl

Brenner, Corinna: Kardiale Verschluss-Systeme, HSO Prof. Dr. Bruno Ismer, *Universität Rostock* - Prof. Dr. Christoph Nienaber

Brudsche, Markus: Extrakardiale Ablation, HSO Prof. Dr. Bruno Ismer, *Universität Rostock* - Prof. Dr. Christoph Nienaber

da Costa Fernandes, Jesus Salazar: Prädiktive Systeme zur Betriebsoptimierung kleinskaliger Energienetze mit hohem erneuerbarem Energieanteil, HSO Prof. Elmar Bollin, *Albert-Ludwigs-Universität Freiburg* - Prof. Dr. Leonhard Reindl

Dongol, Deepranjan: Battery management for smart grids with renewable energy sources based on predictive control and demand side management, HSO Prof. Elmar Bollin, *Albert-Ludwigs-Universität Freiburg* - Prof. Dr. Leonhard Reindl

Fey, Simon: Entwicklung IT-basierter Kommunikationsstrukturen und Systemarchitekturen für neuartige Energieversorgungsnetze, HSO Prof. Dr. Andreas Christ, *Albert-Ludwigs-Universität Freiburg* - Prof. Dr. Christian Schindelbauer

Gast, Oliver: User Experience im E-Commerce: Verfahren zur validen apparativen Messung von Emotionen bei der Nutzung interaktiver Anwendungen, HSO Prof. Dr. Andrea Müller, *PH Freiburg* - Prof. Dr. Rolf Plötzner, Prof. Dr. Josef Nerb

Gopisetty, Bala Venkata Satyanarayana: Model reduction optimization for energy planning process of distributed energy resources, HSO Prof. Dr. Peter Treffinmger, *Albert-Ludwigs-Universität Freiburg* - Prof. Dr. Leonhard Reindl

Grübl, Daniel: Modellierung von Elektrochemie, Phasenumwandlung und Transport in Metall-Luft-Batterien, HSO Prof. Dr. Wolfgang Bessler, *Justus-Liebig-Universität Gießen* - Prof. Dr. Jürgen Janek

Grünwald, Waldemar: Untersuchung für Eignung niederfrequenter magnet-basierter Übertragungsverfahren zur Telemetrie bei medizinischen Implantaten mit metallischer Kapselung, HSO Prof. Dr. Dirk Jansen, *Albert-Ludwigs-Universität Freiburg* - Prof. Dr. Leonhard Reindl

Haber, Tobias: Ingenieurtechnische Lösungen zur Didaktik der Elektrotherapie des Herzens, HSO Prof. Dr. Bruno Ismer, *Albert-Ludwigs-Universität Freiburg* - Prof. Dr. Leonhard Reindl

Habib, Mustapha: Control and energy management of smart grid with high integration rate of renewable energy and storage, HSO Prof. Elmar Bollin, *University of Science and Technology Houari Boumediene (U.S.T.H.B.)* - Prof. Ahmed Amine LADJICI

Himmelsbach, Urban: A novel approach of achieving SIL3 with wireless communication in safety-critical industrial applications, HSO Prof. Dr. Thomas Wendt, *Albert-Ludwigs-Universität Freiburg* - Prof. Dr. Leonhard Reindl

Huber, Andreas: Netzankopplung von regenerativen Energiesystemen mittels neuartiger Filter- und Regelungskonzepte, HSO Prof. Dr. Uwe Nuß, *Albert-Ludwigs-Universität Freiburg* - Prof. Dr. Leonhard Reindl

Isele, Dietmar: Vorspannkraftverluste und Leistungsfähigkeit von Schraubenverbindungen mit Lackschichten im Kraftfluss, HSO Prof. Alfred Isele, *Justus-Liebig-Universität Gießen* - Prof. Dr.-Ing. Christoph Friedrich

Klemm, Martin: Intraoperative Planning and Execution of Arbitrary Orthopedic Interventions Using Handheld Robotics and Augmented Reality, HSO Prof. Dr. Harald Hoppe, *KIT Karlsruhe* - Prof. Dr.-Ing. Uwe D. Hanebeck

Künzel, Thomas: ÖkoFlex-Flexibilität als ökonomisches Gut im intelligenten Energiesystem zur effizienten Einbindung erneuerbarer Energien, HSO Prof. Dr. Anke Weidlich, *KIT Karlsruhe* - Prof. Dr. Orestis Terzidis

Kupper, Christian: Lebensdauer von Lithium-Ionen-Batterien für die dezentrale Speicherung regenerativer Energien: experimentelle Untersuchung und modellbasierte Optimierung, HSO Prof. Dr. Wolfgang Bessler, *Albert-Ludwigs-Universität Freiburg* - Prof. Dr. Holger Reinecke

Mandal, Avikarsha: Security of Electric Payment Systems, HSO Prof. Dr. Erik Zenner, *Universität Mannheim* - Prof. Dr. Frederik Armknecht

Marepalli, Sai Manoj: Peer-to-Peer and Cloud Computing Architectures for Resilient Smart Grid Monitoring, HSO Prof. Dr. Andreas Christ, *Albert-Ludwigs-Universität Freiburg* - Prof. Dr. Christian Schindelbauer

Mittag, Steffen: Probabilistische Werkstoffmodelle zur Lebensdauervorhersage von Turbinenkomponenten, HSO Prof. Dr. Thomas Seifert, Otto-von Guericke-Universität Magdeburg - Prof. Dr.-Ing. habil Holm Altenbach

Niro, Sascha: Peer-to-Peer Konzepte für verteilte Datenbanken in Smart-Grid-Strukturen: Time series data, HSO Prof. Dr. Andreas Christ, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg - Prof. Dr. Schindelbauer

Opitz, Florian: Modellierung und Simulation energieintensiver Prozesse am Beispiel des Lichtbogenofenverfahrens, HSO Prof. Dr. Peter Treffinger, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg - Dr. Jürgen Wöllenstein

Pupyrev, Pavel: Linear and nonlinear properties of wedge acoustic waves, HSO Prof. Dr. Andreas Mayer, General Physics Institute Moscow - Dr. Alexey M. Lomonosov

Rogall, Olga: Bestimmung von Materialeigenschaften piezoelektrischer Schichtstrukturen mit Laser-Ultraschall, HSO Prof. Dr. Andreas Mayer, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg - Prof. Dr. Leonhard Reindl

Rösch, Tobias: Untersuchungen zum Ausbau von Verteilnetzen bei einem steigenden Anteil von erneuerbaren Energien unter Nutzung von Geoinformationssystemen (GIS), HSO Prof. Dr. Peter Treffinger, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg - Prof. Dr. Barbara Koch

Sawant, Parantapa: Kleinskalige Kraft-Wärme-Kopplung als netzreaktives System zur energieeffizienten Biogas/Erdgas-Nutzung, HSO Prof. Dr. Jens Pfafferott, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg - Prof. Dr. Leonhard Reindl

Schmelas, Martin: Prädiktive Algorithmen für thermoaktive Bauteilsysteme zum Entlasten des Stromnetzes, HSO Prof. Elmar Bollin, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg - Prof. Dr. Leonhard Reindl

Schwantes, Rebecca: Angepasste Regelung und Fernüberwachung von dezentralen solarbetriebenen Trinkwasseraufbereitungsanlagen, HSO Prof. Dr. Jens Pfafferott, Technische Universität Dresden - Prof. Dr.-Ing. Clemens Felsmann

Speck, Franziska: Gütesiegel in der Markt-, Medien- und Sozialforschung, HSO Prof. Dr. Ute Rohbock, Humboldt-Universität Berlin - Prof. Dr. Wolfgang Mühl-Benninghaus

Walz, Andreas: Testing Embedded Implementations of Cryptographic Protocols using Differential Testing, HSO Prof. Dr. Axel Sikora, Universität Rockstock - Prof. Dr. Dirk Timmermann

Weber, Christian: Automatische Frequenzüberwachung-Signaldetektion und Kanalsegmentierung, HSO Prof. Dr.-Ing. Lothar Schüssele / Prof. Dr. Andreas Christ / Prof. Dr.-Ing. Tobias Felhauer, KIT Karlsruhe - Prof. Dr. Werner Wiesbeck

Wissmann, Kai: Branded Entertainment in Web- + TU-Formate, HSO Prof. Heiner Behring, Universität Basel - Prof. Dr. Klaus Neumann-Braun

Wozniak, Peter: Methods for a realistic range camera based occlusion management for stereoscopic augmented reality, HSO Prof. Dr. Dan Curticapean, University of Strasbourg ICube Institute - Nicolas Javahiry MC habil.

Yushev, Artem: Flexible TLS-based secure relay for Cyber Physical Systems, HSO Prof. Dr. Axel Sikora, Universität des Oberelsass - Prof. Dr. Michel Basset

Intern, abgeschlossen:

Metzger, Mario: Mikrostrukturbasierte Werkstoffmodelle zur Lebensdauerbewertung von Hochtemperaturbauteilen aus Eisenguss, HSO Prof. Dr. Thomas Seifert, KIT Karlsruhe - Prof. Dr. rer. nat. Hermann Riedel

Patente 2016

Hoppe H.: Verfahren und Vorrichtung zur Kalibration einer Kamera. Europ. Patentregister; WO2016146105, DE201510103785, Veröffentlichung: 22.09.2016

Spangenberg, B., Hemmer, W. & Futterknecht, S.: Poröse monolithische oder faserrförmige Produkte aus anorganischen Polymeren und deren Herstellung, DPMA-register, DE102015216500.8, Offenlegung: 25.02.2016

Institut für Angewandte Forschung [IAF]

Prof. Dipl.-Ing. Elmar Bollin

Institutsleitung
E-Mail: bollin@hs-offenburg.de

Prof. Dr.-Ing. Thomas Seifert
Stellvertretende Institutsleitung
E-Mail: thomas.seifert@hs-offenburg.de

Telefon: +49 781 205-272
<http://www.hs-offenburg.de/iaf/>

Peter Osypka Institute for Pacing and Ablation [POI]

Prof. Dr. rer. nat. habil. Bruno Ismer

Institutsleitung
E-Mail: bruno.ismer@hs-offenburg.de

Tobias Haber
Stellvertretende Institutsleitung
E-Mail: tobias.haber@hs-offenburg.de

Telefon: +49 781 205-4640
E-Mail: poi@hs-offenburg.de
<http://www.hs-offenburg.de/poi/>

Institute for Unmanned Aerial Systems [IUAS]

Prof. Dr. rer. nat. Werner Schröder

Institutsleitung
E-Mail: w.schroeder@hs-offenburg.de

Prof. Dr. Dan Curticapean
Stellvertretende Institutsleitung
E-Mail: dan.curticapean@hs-offenburg.de

Telefon +49 781 205-271
<http://www.hs-offenburg.de/iuas/>

Institut für Energiesystemtechnik [INES]

Prof. Dr. rer. nat. habil. Wolfgang Bessler

Institutsleitung
E-Mail: wolfgang.bessler@hs-offenburg.de

Prof. Dr. rer. nat. Michael Schmidt
Stellvertretende Institutsleitung
E-Mail: schmidt@hs-offenburg.de

Telefon: +49 781 205-4779
<http://www.hs-offenburg.de/ines/>

Ecological Photonics Advanced Research at Oberrhein [Eco-PhARO]

Prof. Dr. Dan Curticapean

Institutsleitung
E-Mail: dan.curticapean@hs-offenburg.de

Prof. Dr. rer. nat. Werner Schröder
Stellvertretende Institutsleitung
E-Mail: w.schroeder@hs-offenburg.de

Telefon: +49 781 205-271
<http://www.hs-offenburg.de/forschung/eco-pharo/institut/>

Institut für verlässliche Embedded Systems und Kommunikations- elektronik [ivESK]

Prof. Dr.-Ing. Axel Sikora

Institutsleitung
E-Mail: axel.sikora@hs-offenburg.de

Prof. Dr. rer. nat. habil. Dirk Westhoff
Mitglied
E-Mail: dirk.westhoff@hs-offenburg.de

Telefon: +49 781 205-416
<http://ivesk.hs-offenburg.de/>

Institut für nachhaltige Silikat- forschung Offenburg [NaSiO]

Prof. Dr. rer. nat. Bernd Spangenberg

Institutsleitung
E-Mail: spangenberg@hs-offenburg.de

Prof. Dipl.-Ing. Dietmar Kohler
Stellvertretende Institutsleitung
E-Mail: dietmar.kohler@hs-offenburg.de

Telefon: +49 781 205-101



RoboCup
LEIPZIG
GERMANY 2016
30 JUNE to 4 JULY

Zum Titelbild: Jedes Jahr messen sich die weltbesten Roboter beim RoboCup Soccer. Vordergründiges Ziel des RoboCups ist es, im Jahr 2050 eine Fußballmannschaft aus Robotern zusammenzustellen, die gegen den amtierenden Fußballweltmeister gewinnt. Tatsächlich sollen hier Maschinen entwickelt werden, die sich in menschlicher oder unbekannter Umgebung autonom bewegen können. An zahlreichen Instituten werden dazu Detailprobleme untersucht – der RoboCup Soccer ist eine Gelegenheit, alle Ergebnisse zusammenzuführen. Professoren der Fakultäten M+V, I+E und M+I haben mit studentischen Teams den humanoiden Roboter „Sweaty“ entwickelt, der nun für eine Titelverteidigung im Juli in Japan in der „Adult Size League“ des RoboCup Soccer bestens gerüstet ist.

RoboCup Soccer is a competition to promote the design and development of humanoid robots. The superficial goal is to develop a team of robots that can win against the human world champion in 2050. In fact it is a platform to develop humanoid or other robots which can be used in human or unknown environments. Numerous institutes focus on detailed problems like perception, gait, autonomy, decision, composite materials, sensors etc., but in RoboCup Soccer comprehensive research is required to compete. Scientists of different faculties have teamed up to advise students in robotics and to develop the robot "Sweaty". It is now ready to defend the title of being finalist in the "Adult Size League" of RoboCup Soccer in Japan.

INGENIEURSKUNST bis ins kleinste Detail



Einblicke auf unserer neuen Website

Badische Stahlwerke GmbH · Graudenzer Straße 45 · D-77694 Kehl
Telefon +49 (0)7851 83-0 · Fax +49 (0)7851 83-496 · www.bsw-kehl.de



GLOBAL PLAYER SUCHT LOCAL HERO

**JUNKER
GROUP**

JUNKER, LTA, ZEMA – die Unternehmen der JUNKER Gruppe entwickeln, produzieren und vertreiben hochpräzise Schleifmaschinen entsprechend den Kundenbedürfnissen, von der Einzelmaschine bis zur kompletten Produktionslinie, sowie Filteranlagen für die industrielle Luftreinigung.

Mit knapp 1.500 Mitarbeitern an 14 Standorten gehört die Unternehmensgruppe zu den weltweiten Vorreitern im Maschinen- und Anlagenbau.

Sende Deine vollständigen Bewerbungsunterlagen bitte an:

bewerbung@junker.de



www.junker-group.de

Erwin Junker Maschinenfabrik GmbH | Junkerstraße 2 | 77787 Nordrach

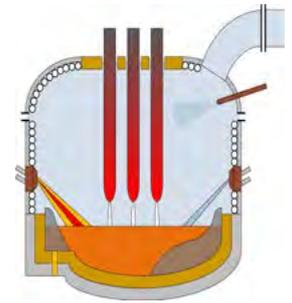
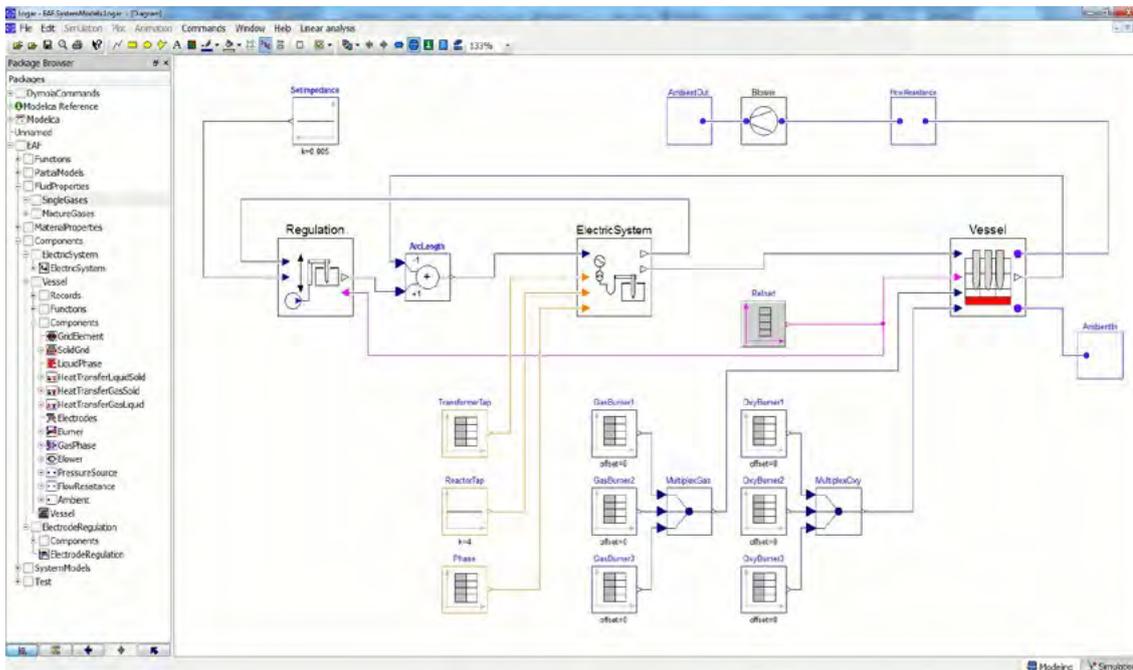


Abb. 3:
links: Objektdiagramm des Systems Lichtbogenofens [6]
oben: Schema eines Elektrolichtbogenofens mit Elektroden, Brenner, Sauerstoffanlagen und Abgaskrümmer [5]

AUTOR



Prof. Dr.-Ing. Peter Treffinger
Leiter Studiengang Energy Conversion
and Management, Energietechnik,
Dynamische Modellierung von
Energiesystemen, Thermodynamik,
peter.treffinger@hs-offenburg.de

Zusammenfassung

Wie oben ausgeführt, ist der objektorientierte Modellierungsansatz ein Schlüssel für das Verständnis von komplexen Systemen. Dies gilt umso mehr, wenn diese mehrere physikalische Domänen umfassen, was für mechatronische Systeme und Energiesysteme der Fall ist. In der Fakultät Maschinenbau und Verfahrenstechnik wird diese Methodik daher in Lehrveranstaltungen zur dynamischen Modellierung von mechanischen/mechatronischen Systemen sowie allgemein von Energiesystemen behandelt. Darüber hinaus werden entsprechende Methoden erfolgreich in der Forschung eingesetzt, so z. B. bei der Modellierung von Fahrzeugenergiesystemen, industriellen Prozessen (z.B. Elektrostahlöfen), Kraft-Wärme-Kälte-Kopplungsanlagen sowie elektrischen Energiesystemen. Es wurde aufgezeigt, dass objektorientierte Modellierungsansätze in einem weit höheren Maß Anforderungen an die physikalische Modellbildung, als dies bei signalorientierten Werkzeugen der Fall ist, erfüllen. Die Bedeutung objektorientierter Werkzeuge nimmt daher stetig zu. Dies wird auch dadurch unterstrichen, dass führende Industrievertreter und Forschungseinrichtungen objektorientierte Methoden als Schlüsselkompetenz im Zusammenhang mit Industrie 4.0 ansehen [10].

Referenzen/References:

- [1] Menager, N., L. Mikelsons, N. Worschech. „Modellbasierte Entwicklung mit Rexroth-Steuergeräten unter Nutzung von offenen Standards“. In: VDI-Fachtagung Mechatronik 2015, Dortmund, 2015
- [2] Janschek, K. Mechatronic Systems Design: Methods, Models, Concepts. Berlin: Springer, 2012
- [3] Modelica Association: www.modelica.org, zuletzt zugegriffen am 27.2. 16
- [4] Dempsey, M., M. Gäfvert, P. Harman, C. Kral, M. Otter, P. Treffinger. „Coordinated automotive libraries for vehicle system modelling“. In: Proceedings of 5th International Modelica Conference, S. 33-41, Wien, 2006
- [5] Opitz, F., 2016: Physics-Based Modeling and Simulation of Industrial Processes using the Example of the Electric Arc Furnace Process. Poster Präsentation im Rahmen des Promotionskollegs DENE, 1.3.2016, Universität Freiburg
- [6] Opitz, F., P. Treffinger und J. Wöllenstein. „Physics-Based Modeling of the Electric Arc Furnace Process Using Object-Oriented Language Modelica“. In: 11th European Electric Steelmaking Conference. Venice, Italy, 2016.
- [7] Opitz, F. und P. Treffinger. „Physics-Based Modeling of Electric Operation, Heat Transfer, and Scrap Melting in an AC Electric Arc Furnace.“ In: Metallurgical and Materials Transactions B 47B (2016-4), S. 1489-1503
- [8] Gopisetty, S., P. Treffinger. “Development of Simple CHP System Models Required for Energy Planning Process“. In: Energy Systems Conference, London, United Kingdom. 2014
- [9] iTesla Consortium: www.itesla-project.eu, zuletzt zugegriffen am 27.2. 16
- [10] VDMA: Industrie-4.0-Forschung an deutschen Forschungsinstituten. Broschüre des Forums Industrie 4.0, Frankfurt, 2015

Spannungs-Dehnungskurve (Abbildung 2), die die Ingenieure als Verformungsenergiedichten bezeichnen, in Beziehung zueinander gesetzt [1]. Die bisherigen Verfahren können jedoch das komplizierte Werkstoffverhalten bei thermisch und mechanisch hoch belasteten Bauteilen nicht angemessen beschreiben. Daher wurde im Forschungsprojekt ein neuer Algorithmus entwickelt, der auch bei zyklischen Belastungen wie dem Hin- und Her-Biegen einer Büroklammer und bei hohen Temperaturen eine Abschätzung der plastischen Dehnungen möglich macht. Der Algorithmus hat zudem den Charme, dass er in Kombination mit bereits vorliegenden effizienten Finite-Elemente-Implementierungen von Plastizitätsmodellen [2,3] eingesetzt werden kann.

In Abbildung 3 ist einerseits eine Spannungs-Dehnungskurve dargestellt, die über eine FEM-Berechnung mit plastischem Werkstoffverhalten ermittelt wurde. Andererseits ist die entsprechende Spannungs-Dehnungskurve dargestellt, die mit dem neuen Algorithmus aus Ergebnissen einer elastischen FEM-Berechnung berechnet wurde. In beiden Fällen wurden in den FEM-Berechnungen dieselben zyklischen Belastungen des Bauteils betrachtet. Die mit dem neuen Algorithmus aus den elastischen FEM-Berechnungen berechnete Korrektur der Spannungen ermöglicht also eine gute Abschätzung der plastischen Dehnungen im Bauteil bei gleichzeitiger Rechenzeitersparnis.

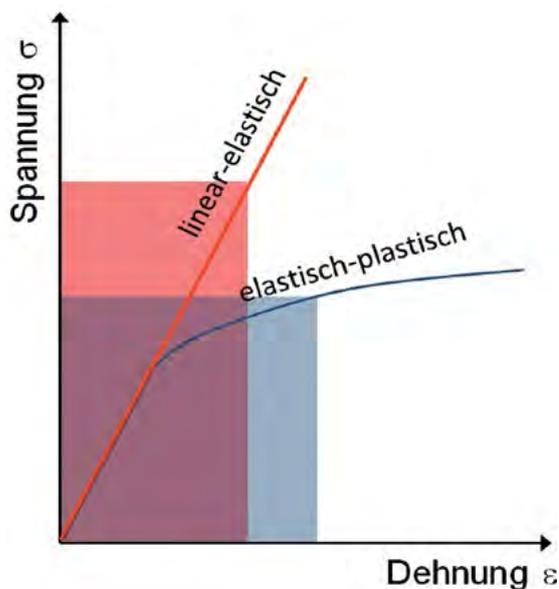


Abb. 2: Spannungs-Dehnungskurven bei elastisch-plastischem Werkstoffverhalten (blau) und bei elastischem Werkstoffverhalten (rot). Über Relationen der Flächen werden aus elastischen Berechnungen die Spannungen korrigiert und plastische Deformationen abgeschätzt.

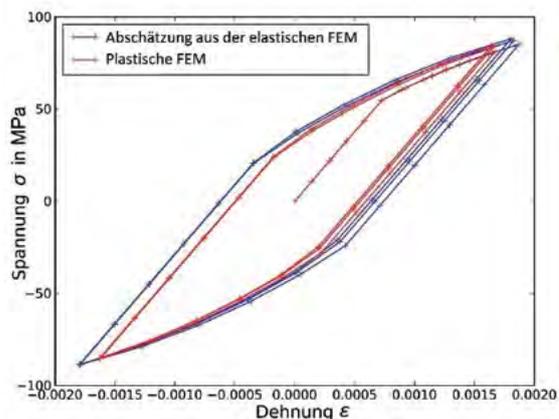


Abb. 3: Mit dem effizienten Berechnungsverfahren ermittelte Spannungs-Dehnungskurve aus einer elastischen FEM-Berechnung im Vergleich zu den Ergebnissen aus einer plastischen FEM-Berechnung

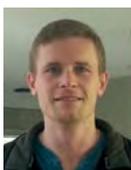
Zusammenfassung und Ausblick

Es wurde ein effizientes Berechnungsverfahren entwickelt, das die Ergebnisse aus elastischen FEM-Berechnungen nutzt, um plastische Deformationen abzuschätzen. Der zugrundeliegende Algorithmus ist universell und kann grundsätzlich für unterschiedliche Anwendungsfälle eingesetzt werden. Das effiziente Berechnungsverfahren geht davon aus, dass die höchsten Werkstoffbelastungen und damit die plastischen Deformationen lokalisiert im oberflächennahen Bereich auftreten. In zukünftigen Arbeiten ist es vorgesehen, die damit verbundenen Anwendungsgrenzen zu identifizieren und in Richtlinien zu dokumentieren.

AUTOREN



Prof. Dr.-Ing. Thomas Seifert
Fakultät M+V, Stellv. Institutsleitung IAF,
Werkstoffmechanik und -technik,
Finite-Elemente Methode,
Schadenskunde
thomas.seifert@hs-offenburg.de



Steffen Mittag M. Sc.
Akademischer Mitarbeiter
Fakultät M+V
steffen.mittag@hs-offenburg.de

Referenzen/References:

- [1] M. N. K. Singh, G. Glinka, R. N. Dubey, Elastic-plastic stress-strain calculation in notched bodies subjected to non-proportional loading, *International Journal of Fracture* 76, 1996, 39–60, doi:10.1007/BF00034029
- [2] T. Seifert, G. Maier, Linearization and finite-element implementation of an incrementally objective canonical form return mapping algorithm for large deformation inelasticity, *International Journal for Numerical Methods in Engineering* 75, 2008, 690-708, doi:10.1002/nme.2270
- [3] T. Seifert, T. Schenk, I. Schmidt, Efficient and modular algorithms in modeling finite inelastic deformations: objective integration, parameter identification and sub-stepping techniques, *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering* 196, 2007, 2269-2283, doi:10.1016/j.cma.2006.12.002

Zusammenfassung und Ausblick

Es wurde ein Löser entwickelt, in dem lokale Optimalitätskriterien zur Topologieoptimierung untersucht und erfolgreich angewandt werden. Die Suche nach weiteren geeigneten Kriterien auf Basis verschiedenster Strömungsgrößen ist eine sehr große Herausforderung. Darüber hinaus wurden Möglichkeiten zur Berücksichtigung von Fertigungsrestriktionen während der Optimierung untersucht. Im Rahmen der für die Topologieoptimierung notwendigen numerischen Behandlung von beliebig komplexen veränderlichen Geometrien wurden zwei Ansätze betrachtet – ein Porositätsansatz und eine Immersed-Boundary-Methode. Beide wurden auf die Berücksichtigung der Turbulenz bei der Optimierung durchströmter Bauteile untersucht. Der Porositätsansatz, der für laminare Probleme gute Ergebnisse liefert, stellt sich hier als ungeeignet heraus. Die Notwendigkeit der Berücksichtigung von turbulenten Effekten

bei der Topologieoptimierung wurde anhand eines Beispiels verdeutlicht [6]. Zudem wurden weitere Untersuchungen zu verschiedenen 2D-Testfällen und einem Praxisbeispiel durchgeführt. Hier ist eine weitergehende detaillierte Untersuchung und Validierung notwendig.

Grundsätzlich ist das entwickelte Verfahren auch auf dreidimensionale Problemstellungen anwendbar, wenngleich der Modellierungs- und Berechnungsaufwand erheblich größer ist, und darüber hinaus auch die Implementierung komplexer ausfällt. Während eine abschließende allgemeingültige Umsetzung aller im Zweidimensionalen ausgearbeiteten Konzepte und Strategien für den dreidimensionalen Fall noch aussteht, zeigen erste Fallbeispiele vielversprechende Ergebnisse, vgl. Abbildung 3.

Referenzen/References:

- [1] O. Moos, FR. Klimetzek, R. Rossmann, Bionic Optimization of Air-Guiding Systems. SAE Technical Paper, 2004-01-1377, 2004.
- [2] H. Jasak, Error Analysis and Estimation for the Finite Volume Method with Applications to Fluid Flows, Ph.D. Thesis, Imperial College, London, 1996.
- [3] T. Borrvall, J. Petersson, Topology optimization of fluids in Stokes flow. International Journal for Numerical Methods in Fluids, 41, 77-107, 2003.
- [4] J.M. Bourot, On the numerical computation of the optimum profile in Stokes flow. Journal of Fluid Mechanics, 65, 513–515, 1974.
- [5] L. Wang, Y. Fan, L. Luo, Heuristic optimality criterion algorithm for shape design of fluid flow. Journal of Computational Physics, 229, 8031–8044, 2010.
- [6] P. Sarstedt, G. Kachel, J. Ettrich, K. Bühler, Topology Optimization for Fluid Flow Employing Local Optimality Criteria, ECCOMAS Congress 2016.
- [7] R. Mittal, G. Iaccarino, Immersed Boundary Methods. Annual Review of Fluid Mechanics, 37, 239-261, 2005

AUTOREN



Prof. Dr.-Ing. Gerhard Kachel
Technische Mechanik,
Finite-Elemente-Methode,
Maschinenelemente / Konstruktionslehre
gerhard.kachel@hs-offenburg.de



Prof. Dr.-Ing. Jörg Ettrich
Thermodynamik, Strömungslehre,
numerische Strömungsmechanik,
Maschinenlabor
joerg.ettrich@hs-offenburg.de



Prof. Dr.-Ing. habil. Karl Bühler
Technische Strömungslehre,
Technische Thermodynamik, Mathematik
k.buehler@hs-offenburg.de



Ulrich Messner M. Sc.
Akademischer Mitarbeiter
ulrich.messner@hs-offenburg.de



Dipl.-Ing. Philip Sarstedt
Akademischer Mitarbeiter
philip.sarstedt@hs-offenburg.de

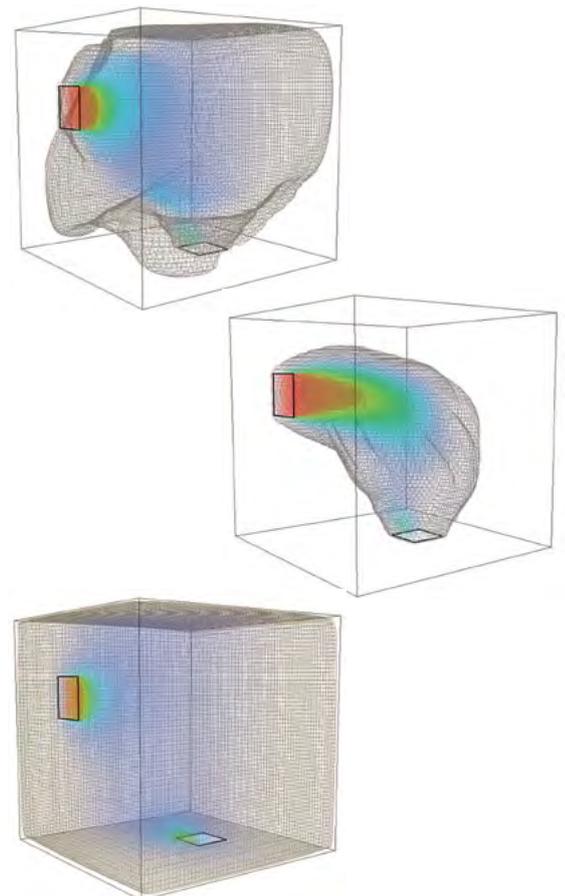


Abb. 3: Fallbeispiel einer dreidimensionalen Optimierung anhand eines zunächst kubischen Design-Raums mit quadratischen Ein- und Ausströmbedingungen. Die Bilder zeigen den iterativen Fortschritt der Optimierung von links nach rechts, wobei das Verfahren selbstständig eine dreidimensionale geometrische Berandung für die Aufgabe der Strömungsumlenkung findet.

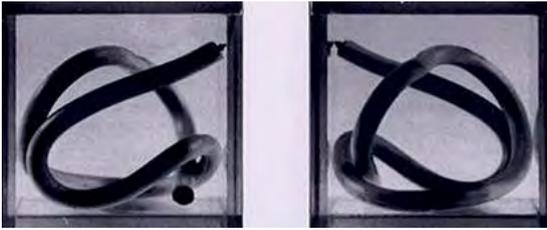


Abb. 1:
Beispiel für ein Schlauchfigurenpärchen nach [4]

Gruppen	Probanden	Altersdurch.	Allg. Abitur	FHR	Abitur TG
1 (MA1)	70= (6w + 64m)	20,06	14= (2w + 12m)	41= (4w + 37m)	15= (0w + 15m)
2 (MA2)	47= (5w + 42m)	21,70	28= (4w + 24m)	12= (1w + 11m)	7= (0w + 7m)
3 (MA6)	31= (0w + 31m)	22,40	12= (0w + 12m)	13= (0w + 13m)	6= (0w + 6m)

Tab. 1:
Einteilung der Versuchspersonen in Haupt- / Teilgruppen,
MA: Maschinenbau, FHR: Fachhochschulreife, TG: Techn. Gymnasium

Probanden

Getestet wurden 148 Maschinenbaustudierende aus den ersten, zweiten und sechsten Semestern an der Hochschule. Vor dem Test wurden Personendaten wie beruflicher Werdegang und technischer Hintergrund erfragt. Zusätzlich wurde der Kompetenzfragebogen nach [5] zur Erfassung heuristischer Kompetenz verwendet. Es wurden dabei drei studentische Hauptgruppen nach Semester aufgeteilt. Diese teilen sich jeweils in weitere drei Teilgruppen auf, zurückzuführen auf ihren schulischen Werdegang.

Empirische Ergebnisse

Im Bild 2 ist die Verteilung der erzielten Ergebnisse bezüglich des erfassten RVV von den Versuchsteilnehmern auf die fünf Leistungsbereiche zusammengestellt. Je nach Anzahl der richtig beantworteten Teilaufgaben lässt sich das Testergebnis dieser gemessenen Fähigkeit nach der Eichstichprobe jeweils fünf Leistungsbereichen zuordnen. Diese werden dem Schlauchfigurentest zufolge als weit unterdurchschnittlich, unterdurchschnittlich, durchschnittlich, überdurchschnittlich oder weit überdurchschnittlich klassifiziert.

Fast die Hälfte der Probanden wurde in Bezug auf ihre Fähigkeit zum RVV als durchschnittlich basierend auf Testheft Form A eingestuft bzw. als weit unterdurchschnittlich basierend auf Heft Form B. Bei dieser Form B wurde festgestellt, dass Ruhe, Gelassenheit und Konzentrationsfähigkeit im Umgang mit Informationen verloren gehen, wie auch das Denken im Kontext. Interviews mit Versuchspersonen zeigten, dass 40 % von ihnen bei der Lösungsfindung der Testaufgaben eine Kombination aus Vorstellungsbildern und abstrakt logischen Überlegungen verwendeten.

Die Versuchspersonen der Gruppen zwei und drei haben zudem Wissen aus der Vorlesungsreihe „Technisches Zeichnen“ auch das Labor „CAD-Grundlagen“ absolviert. Sie haben somit zu dem theoretischen Wissen in 2D-Darstellung auch die Anwendung an einem CAD-System in 3D-Darstellung erlernt. Ihre räumliche Wahrnehmung sollte dadurch gefestigt sein. Diese Vermutung wurde jedoch nur geringfügig bestätigt.

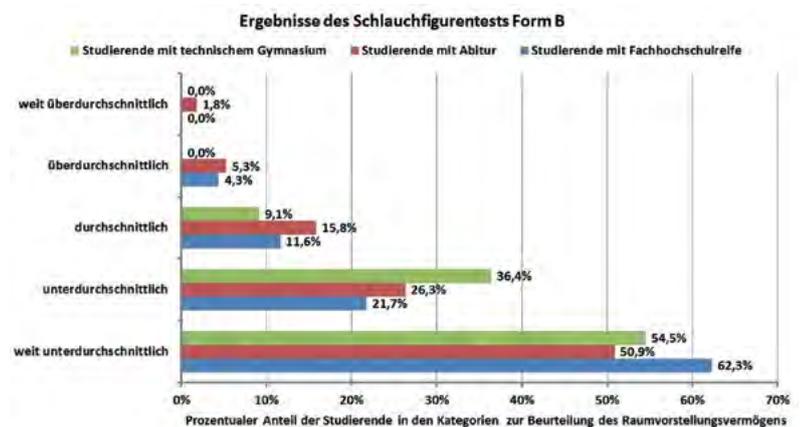
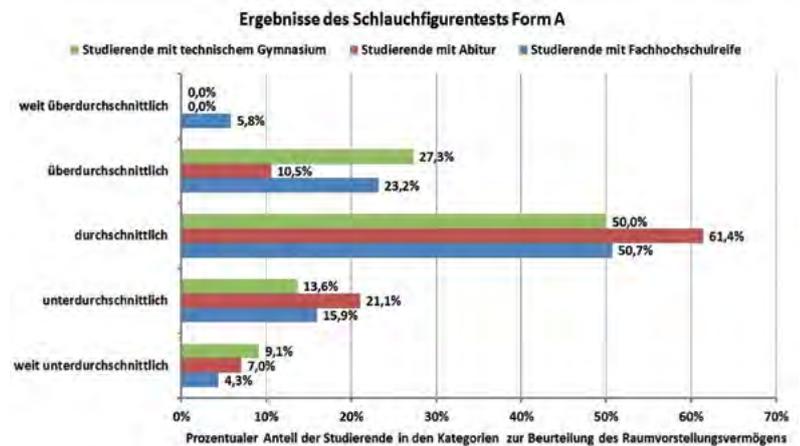


Abb. 2:
Darstellung der Ergebnisse je Leistungsbereich hinsichtlich des erfassten RVV von den Probanden abhängig vom schulischen Werdegang - oben: mit Schlauchfiguren der Form A, unten: Form B

INBUS-Figurentest

Zur Prüfung des räumlichen Vorstellens sind nach Autorenmeinung in der Psychologie bislang noch keine befriedigenden Verfahren für den Einsatz im Bereich der Konstruktionswissenschaft entwickelt worden. Der Schlauchfigurentest kann wie bei vielen anderen Tests nicht nur durch räumliches Vorstellungsvermögen gelöst werden, sondern auch durch rein logisches Vorgehen. Dieser Test erscheint nicht charakteristisch für die Konstruktionstätigkeit. Ein Test für die Konstrukteure muss klare, normierte Anforderungsprofile für bestimmte Standardkonstruktionen, die man vergleicht, aufweisen. Die gesammelte Erfahrung mit Schlauchfiguren gab den Anlass zur Entwicklung eines neuen Testverfahrens zur Schulung der RV-Fähigkeit, siehe Bild 3. Die Idee des Tests ist relativ sehr einfach. Es handelt sich um den 3D-CAD-Zusammenbau von L-Figuren. Diese sind stärker an die Fragestellung Konstruktion angepasst. Der 3D-L-Figurentest lässt sich auf andere technische Studiengänge und Ausbildungsformen übertragen. Eine detaillierte Evaluation dieses Tests soll das Ziel weiterführender Untersuchungen sein.

Schlussfolgerungen

Die Analyse der Ergebnisse des Kompetenzfragebogens [5] zeigt, dass die Studierenden glauben, generell über eine durchschnittliche heuristische Kompetenz zu verfügen. Nach Meinung des Autors ist dieses Testverfahren jedoch nicht aussagekräftig genug, obwohl es häufig in empirischen Untersuchungen im Maschinenbau Verwendung findet.

RV-Leistungen spielen eine wichtige Rolle im Bereich technischer Aufgaben. Personen können sich in diesem Merkmal stark unterscheiden, sodass ein mangelndes RVV zu Schwierigkeiten beim Bearbeiten konstruktiver Aufgaben führen könnte.

Gesicherte Aussagen über die Wirksamkeiten und die Vorteile eines guten RVVs hinsichtlich des Erfolgs in der Konstruktionsausbildung und der konstruktiven Leistung sind bislang kaum möglich, obwohl sie in individuellen Erfahrungsberichten immer wieder behauptet werden.

Der Autor schließt sich der Aussage von Franke [6] an, dass Fragestellungen an Studierenden zur Beurteilung der Montier- oder Demontierbarkeit eines Bauteils in einem technischen Teilsystem oder zur Eignung einer Teilgeometrie für ein bestimmtes Fertigungsverfahren für die Erfassung der konstruktiven Raumverarbeitung wesentlich besser geeignet

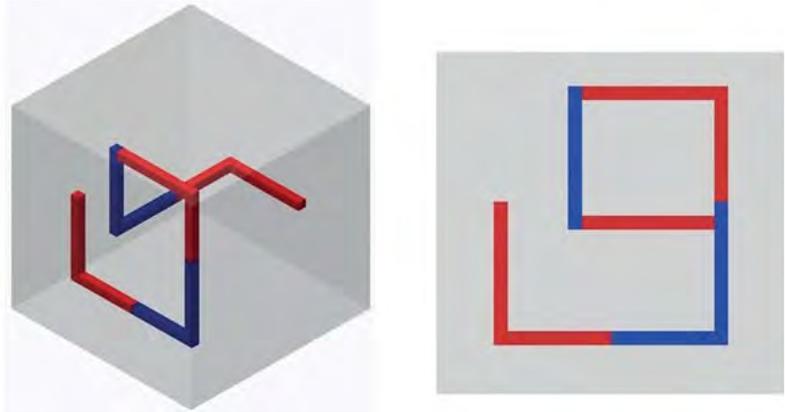


Abb. 3:
INBUS-Figuren (eigene Darstellung)

sind als die Anwendung vorhandener, für die Konstruktion ungeeigneter Testinstrumente.

Es ist bekannt, dass die Korrelation zwischen Testverfahren und wirklicher Konstruktionsleistung sehr gering ist. Franke [6] hält es für sehr gut möglich, dass es bei der RV-Fähigkeit erhebliche individuelle Streuungen geben könnte. Es gibt Konstrukteure, die seit ihrer frühen Jugend Neigungen zum bildlichen Darstellen und zu künstlerischen Tätigkeiten haben. Andererseits gibt es auch gute Konstrukteure ohne diese Neigung, die mit ganz anderen Strategien, z.B. durch Beherrschung der analytischen Geometrie, mit räumlichen Gegebenheiten und deren Manipulation umgehen können.

Die Ausbildung der Studierenden muss sich wieder stärker auf grundlegende Sachverhalte und Zusammenhänge fokussieren. An dieser Stelle erscheint dem Autor die Wiedereinführung der Vorlesung „Darstellende Geometrie“ für die Förderung des RVVs sinnvoll. Bereits im Jahr 1895 betonte Riedler [7] die hohe Bedeutung dieser Veranstaltung für diesen Zweck.

Weiterhin lässt sich empfehlen, die bisherige Anzahl der Semesterwochenstunden in der Vorlesung „Technisches Zeichnen“ zu erhöhen, damit praktische Übungen zum RVV verstärkt trainiert werden können und sich bei den Studierenden Sicherheit einstellt. Somit muss es Aufgabe der Lehre sein, wieder verstärkt die manuelle Darstellung mit Papier und Bleistift in die Ausbildung einzubinden.

Referenzen/References:

- [1] Rutz, A.: Konstruieren als gedanklicher Prozess. Dissertation, TU München, 1985
- [2] Von der Weth, R.; Eisentraut: Er hatte sein Ziel klar vor Augen – Raumvorstellung und individuelles Vorgehen beim Konstruieren. In: Ehrlenspiel, K., Ambrosy, S. & Günther, J. (Hrsg.) Werkstattgespräch „Bild u. Begriff I“. München: Technische Universität München. S. 85-107. 1994
- [3] Günther, J.: Individuelle Einflüsse auf den Konstruktionsprozess. Eine empirische Untersuchung unter besonderer Berücksichtigung von Konstrukteuren aus der Praxis. Diss. TU München, 1998
- [4] Stumpf, H.; Fay, E.: Schlauchfiguren. Ein Test zur Beurteilung des räumlichen Vorstellungsvermögens. Göttingen u. a.: Hogrefe 1983
- [5] Stäudel, T.: Der Kompetenzfragebogen. In Diagnostica 34 (1988) 2, S. 136-148
- [6] Franke, H.-J.: Bilder und Begriffe beim konstruktiven Denken – Diskussion und Ergebnisse eines Workshops. VDI-Berichte, Bd. 1169, S. 11-26. Düsseldorf: VDI, 1995
- [7] Riedler, A.: Zur Frage der Ingenieur-Erziehung (Berlin 1895), 19

AUTOR



Prof. Dr.-Ing. Ali Daryusi
Leiter des CAD/CAE-Labors
www.hs-offenburg.de/cax/ali.daryusi@hs-offenburg.de

Sweaty – der humanoide Fußballroboter & Vizeweltmeister „Adult Size“

*Prof. Dipl.-Des. Sabine Hirtes, Prof. Dr. rer. nat. Klaus Dorer,
Prof. Dr.-Ing. Ulrich Hochberg, Prof. Dr. rer. nat. Michael Wülker*

Humanoide Roboter (d. h. menschenähnliche Roboter mit zwei Beinen) sollen in naher Zukunft Menschen in ihrer Umgebung unterstützen können. Auch sind sie möglicherweise besser geeignet, sich in unbekannter und komplexer Umgebung zu bewegen als Roboter auf Rädern. Die Entwicklung solcher Maschinen ist noch in den Anfängen. Zahlreiche Detailprobleme sind noch zu lösen.

Wissenschaftler mehrerer Fakultäten der Hochschule Offenburg entwickeln gemeinsam mit Studierenden den humanoiden Roboter „Sweaty“. Der Roboter soll seinen Vizeweltmeistertitel in der Fußballweltmeisterschaft der Roboter in der „Adult Size“-Klasse im Juli 2017 in Japan verteidigen. Das Besondere an den Robotern des RoboCup ist, dass sie sich vollständig autonom bewegen müssen. Eine Fernsteuerung oder eine Energieversorgung von außerhalb ist unzulässig. Auch aktive Sensoren wie beispielsweise LIDAR oder Ultraschallsensoren sind nicht erlaubt. Selbst Sicherungsseile, wie sie häufig bei Maschinen zur Ganguntersuchung verwendet werden, sind nicht erlaubt. Alle notwendigen Berechnungen müssen auf Rechnern, die im Roboter eingebaut sind, durchgeführt werden. Diese Anforderungen schränken den Kreis der Wettbewerber im RoboCup stark ein. Für die kommende Weltmeisterschaft in Japan sind in der Königsklasse, der „Adult Size“-Klasse, sieben Roboter qualifiziert, die bei den Spielen einzeln gegeneinander antreten werden.

Besonders hervorzuheben ist, dass an der Hochschule Offenburg zum Bau von Sweaty nicht nur bekannte Technologien zusammengeführt, sondern auch neue Technologien entwickelt werden. In den folgenden Kurzbeiträgen wird ein kleiner Auszug dieser Arbeiten vorgestellt.

Abb. 1:
„Sweaty“: Größe 172 cm, Gewicht 25 kg, 32 Freiheitsgrade



Um die auftretenden Kräfte und Momente in der Sensorgeometrie zu erfassen, werden je Balken vier Dehnungsmessstreifen angebracht. Der Sensor ist insgesamt mit 16 Dehnungsmessstreifen ausgestattet, die zu acht Halbbrücken verschaltet sind. Somit ist es möglich, die Kräfte und Momente in alle Raumrichtungen zu erfassen.

Die Auswertung der Widerstandsänderung der Dehnungsmessstreifen erfolgt bei dem neuen Sensor nicht über Spannungsänderungen, wie es bei der wheatstonschen Brücke üblich ist, sondern über die Messung von Be- und Entladezeiten von Kondensatoren. Dies ermöglicht es, eine hinreichend kleine Platine zu entwerfen, mit der die Daten der Dehnungsmessstreifen erfasst und über die CAN-Schnittstelle an den Hauptrechner zu weiteren Berechnungen weitergeleitet werden.

Für die Kalibrierung des Sensors wurde ein Testaufbau mit einem Referenzsensor der Firma ATI Industrial Automation entwickelt. Die acht Signale der zu Halbbrücken geschalteten 16 DMS werden über ein Matlab-Programm mit den dazugehörigen Werten des ATI-Sensors verarbeitet, um eine 6 x 8-Kalibrierungsmatrix zu erhalten. Die Kalibrierung erfolgte nach der Kleinsten-Fehlerquadrat-Methode [3], wofür eine Vielzahl an Messungen mit dem Teststand durchgeführt wurden.

Die durch die Kalibrierung erhaltene 6x8-Matrix liefert ausreichend genaue Werte. Durch weitere Kalibrierungen sollen die Fehler auf 1 N bzw. 0,1 Nm weiter verkleinert werden.

Mithilfe der so gewonnenen Daten kann der Gang von Sweaty stabilisiert werden.

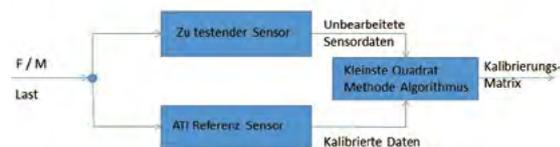


Abb. 2:
Arbeitsprinzip des Kalibrierungsaufbaus

Referenzen/References:

- [1] Scheinman, V.D.: "Design of a computer controlled manipulator", Stanford University ,(1969)
- [2] C. Yuan, L.-P. Luo, Q. Yuan, J. Wu, R.-J. Yan, H. Kim, K.-S. Shin and C.-S. Han: " Development and evaluation of a compact 6-axis force/ moment sensor with a serial structure for the humanoid robot foot", Measurement, vol. 70, pp. 110 – 122, (2015)
- [3] Braun D., Wörn H.: " Techniques for Robotic Force Sensor Calibration", Computer Science and Information Technologies CSIT'2011, (2011)

AUTOREN



Lucas Schickl B. Eng.
Student M+V
lschick1@stud.hs-offenburg.de.



Yuri D'Antilio M. Sc.
Ingenieur
dantilio.yuri@gmail.com



Prof. Dr.-Ing. Ulrich Hochberg
Mess- und Regelungstechnik,
Fakultät M+V
ulrich.hochberg@hs-offenburg.de

$$M_{\text{Knie}} = L \cos\left(\frac{\varphi}{2}\right) m g \quad (1)$$

Der Vergleich des Drehmomentenverlaufs und des Winkelgeschwindigkeitsverlaufs zeigen, dass die Verläufe gegenläufig sind (Abb. 2). Bei durchgestrecktem Knie werden die maximale Winkelgeschwindigkeit und das geringste Drehmoment benötigt und umgekehrt.

Es wurden die ideale Position des Motors und Länge des Hebels ermittelt, bei der in jeder Kniegelenkposition das nötige Drehmoment und die nötige Winkelgeschwindigkeit verfügbar sind. Dabei müssen die Bedingungen (2) und (3) gelten, um stets die geforderte Winkelgeschwindigkeit bzw. das Drehmoment zu gewährleisten:

$$\omega(l_{\text{max}}) \geq \omega_{\text{max}} \text{ und } M(l_{\text{max}}) \geq M_{\text{max}} \quad (2)$$

$$\omega(l_{\text{min}}) \geq \omega_{\text{max}} \text{ und } M(l_{\text{min}}) \geq M_{\text{max}} \quad (3)$$

Hierbei ist ω_{max} die maximale Winkelgeschwindigkeit im Knie, l_{min} bzw. l_{max} die minimale bzw. maximale effektive Hebelarmlänge (Abb. 1) und M_{max} das maximal benötigte Drehmoment im Knie. Als Resultat entstand ein Kniegelenk mit variabler Übersetzung (Abb. 1). Die variable Übersetzung kommt dadurch zustande, dass der effektive Hebelarm zwischen Antrieb und Kniegelenk sich bei durchgestrecktem Knie verkürzt, folglich das Drehmoment abnimmt und die Winkelgeschwindigkeit steigt. Bei angewinkeltem Knie verlängert sich der effektive Hebelarm, folglich steigt das Drehmoment und die Winkelgeschwindigkeit nimmt ab.

Der Motor im Kniegelenk muss drehbar gelagert sein (Abb. 3), um aus der linearen Bewegung der Spindel eine Rotationsbewegung zu erzeugen. Die maximale Kraft des Antriebs von 2470 N kann mit der gewählten Anordnung und Verdunstungskühlung 1,7 s lang erreicht werden. Das variable Übersetzungsverhältnis zwischen Motor und Kniegelenk reicht von 1/42 bis 1/452, je nach Position des Kniegelenks.

Die Positioniergenauigkeit der Spindelmutter beträgt 0,0437 mm. Daraus ergibt sich eine Positioniergenauigkeit des Kniegelenks von 0,072°. Der Spindeltrieb ermöglicht eine Geschwindigkeit von bis zu 0,1 m/s, ausreichend in Verbindung mit der variablen Übersetzung der Kniekinematik für die bei einem menschlichen Gang benötigte Bewegung. Je nach Kniepositionen können so Drehmomente bis zu 60 Nm und Winkelgeschwindigkeiten von bis zu 2,74 rad/s erreicht werden.

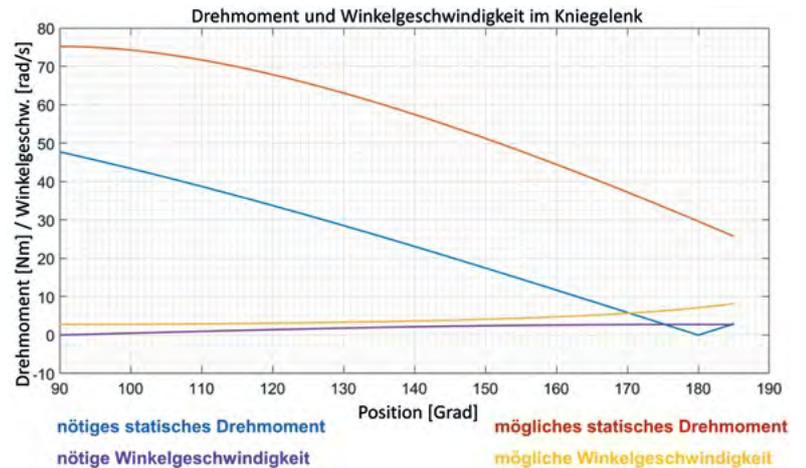


Abb. 2: Vergleich Drehmomentenverlauf und Winkelgeschwindigkeitsverlauf

Abb. 3: Prototyp des Kniegelenks mit offenem Gehäuse



AUTOREN



André Friedrich B. Eng.
Student M+V
afriedri@stud.hs-offenburg.de



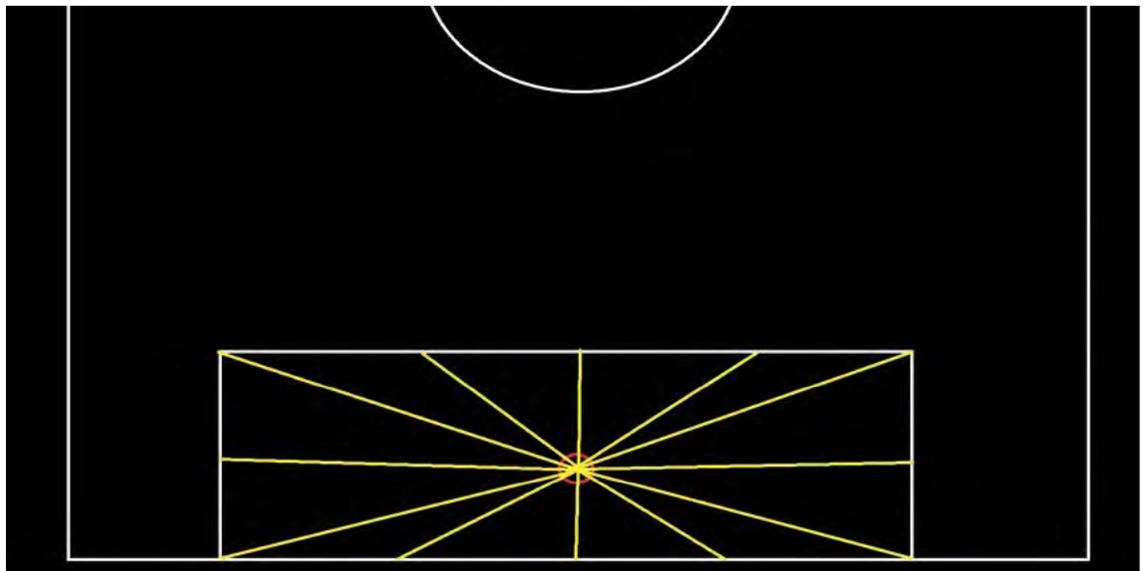
Prof. Dr.-Ing. Ulrich Hochberg
Mess- und Regelungstechnik,
Fakultät M+V
ulrich.hochberg@hs-offenburg.de

Anfänglich bestand das Problem, dass das Gyroskop im Lauf der Zeit anfang zu driften und somit vor allem die Z-Rotation des Roboters nicht mehr mit der tatsächlichen Rotation übereinstimmte. Um dem entgegenzuwirken wurde ein Sonderverfahren eingeführt, das diese Abweichung korrigiert. Hier wird für den Fall, dass der Roboter beide Torpfosten erkennt, eine Linie zwischen den beiden erkannten Positionen des Tors sowie zwischen den tatsächlichen Positionen erzeugt. Der Schnittwinkel zeigt die Abweichung der Z-Rotation. Dieser wird anschließend auf die gemessene Rotation des Gyroskops angewendet und der Lokalisierungszyklus wird mit diesem korrigierten Wert wiederholt. Dadurch werden sowohl die Ergebnisse des Matchings als auch die endgültige Lokalisierung genauer.

Ein ähnliches Verfahren, das ebenfalls auf die Verwendung von visuellen Informationen beruht und im RoboCup eingesetzt wird, misst die Abstände vom Roboter zum ersten weißen Pixel [2]. Dabei wird in Schritten von 1 ° nach einem Pixel der Spielfeldmarkierung gesucht und der Richtungsvektor sowie dessen Länge bestimmt. Das Ergebnis ist in Abb. 3 gezeigt.

Anschließend werden diese Ergebnisse mit einem gespeicherten Spielfeldmodell verglichen, um die Position auf dem Feld zu bestimmen, wo die erkannten Pixel mit dem Modell übereinstimmen. Um die Drehung des Roboters bei der Übereinstimmung zu berücksichtigen, liefert ein Gyroskop die Rotationsdaten des Roboters.

Abb. 3:
Lokalisierung durch
Pattern-Matching,
Vergleich zu [2]



Referenzen/References:

- [1] Rico Schillings: "Lokalisierung eines humanoiden Roboters anhand visueller Informationen", Offenburg, 03.04.2017
- [2] Shu-Yin Chiang, Xingzhi Guo and Hsien-Wen Hu (2014): Real Time Self-Localization of Omni-Vision Robot by pattern Match System, Taiwan

AUTOREN



Rico Schillings
Student E+I
rschilli@stud.hs-offenburg.de



Prof. Dr. rer. nat. Klaus Dorer
Leiter Labor Autonome Systeme
Fakultät E+I
klaus.dorer@hs-offenburg.de



Prof. Dr. rer. nat. Michael Wülker
Mechatronik und Robotik
Fakultät M+V
wuelker@hs-offenburg.de



Abb. 4: Iron Man



Abb. 5: Sonny, iRobot

Wenn man an Roboter denkt, hat man oft die Bilder aus Filmen im Kopf (vgl. Abb. 4 und Abb. 5). Sich komplett davon zu lösen, ist nicht möglich, denn der Mensch hat schon eine gewisse Vorstellung und Assoziationen zu Gesichtern von Robotern. Die Design-Entwicklung des Gesichts von Sweaty kann am ehesten vom Iron-Man-Stil zu Sonny aus iRobot beschrieben werden. Viele Roboter in Filmen haben einen stark militärisch geprägten Hintergrund und sind sehr kantig.



Abb 6: Erste 3D-Entwürfe

Sweaty sollte eher ein liebevolles und sympathisches Gesicht bekommen, damit er nicht bedrohlich wirkt. Es sollte allerdings auch nicht zu realistisch werden, denn der Mensch fühlt sich bei zu menschenähnlichen Gesichtern unwohl. Dieses Phänomen tritt sowohl in der Robotik als auch in der 3D-Animation auf und wird als Uncanny Valley [3] bezeichnet. Daher wurde entschieden, die Form eines menschlichen Kindes bzw. Babys als Ausgangsform zu nehmen und dieses zu abstrahieren.

Das neue Gesicht hat kaum Kanten und besteht ausschließlich aus schönen Rundungen (Abb. 7). Die Proportionen sind so verteilt, dass die Augen größer sind als sonst. Damit wird das sogenannte Kindchenschema intensiver und der Charakter wird als süß und unschuldig empfunden [4]. Die Form des Gesichts ist eher schlicht. Um das Ganze aufzuwerten und Sweaty einen individuellen Charakter zu geben, wurde das Logo als Leuchtelement auf der Stirn eingebaut. Dieses kann mit verschiedenen Farben unterschiedliche Emotionszustände anzeigen,

beispielsweise rot oder grün, was tendenziell als wütend oder zufrieden empfunden wird. Ebenso werden die Kameraränder mit unterschiedlichen Farben aufgehellt, schon eine geringe Farbänderung lässt das Gesicht lebendig erscheinen.

Abb. 7:
Endgültiges Design



Das Gesicht wurde mit dem 3D-Drucker Ultimaker 3 der Hochschule Offenburg gedruckt. Als Grundmaterial wurde PLA (Polylactic Acid) verwendet, die notwendigen Stützstrukturen wurden aus einem wasserlöslichen Polyvinylalkohol gedruckt.

Das neue Gesicht von Sweaty ist stabiler und leichter als die ursprünglich vorgesehene Halterung für Kameras, Sensoren und Lautsprecher. Darüber hinaus wirkt es auf viele Personen attraktiver als ein rechtwinkliges Gestell. Als Nächstes soll untersucht werden, ob das Gesicht auch zur intuitiven Übermittlung von Informationen durch unterschiedlich farbige Beleuchtung des integrierten Logos oder der Kameraränder dienen kann.

AUTOREN



Timo Stampa
Student M+I
tstamp@stud.hs-offenburg.de



Christoph Späth B. Eng.
christophspaeth@web.de



Prof. Dipl.-Des. Sabine Hirtes
Professur für Computeranimation
und Vfx
Fakultät M+I
sabine.hirtes@hs-offenburg.de

Zusammenfassung und Ausblick

Die Ergebnisse sowohl der Validierung als auch der Fallstudie Gleitlager zeigen deutlich, dass die SPH-Methode mit geeigneten numerischen Schemata und korrekten Einstellungen in der Lage ist, qualitativ und auch quantitativ ausgezeichnete Simulationsergebnisse zu erzielen.

Die untersuchten Testfälle zeigen jedoch auch, dass die SPH-Methode zwar in der Lage ist, die Physik einer schergetriebenen Strömung korrekt darzustellen, jedoch ist sie hinsichtlich Modellierung und Rechenaufwand im Vergleich zu den klassischen netzbasierenden CFD-Verfahren kaum im Vorteil. Einer Netzgenerierung auf der einen Seite steht die Modellierung von Partikeln auf der anderen Seite gegenüber. Aufgrund der grundsätzlich transienten Formulierung der SPH-Methode liegt in jedem Fall die zeitliche Entwicklung der Lösung – und damit des Strömungsvorgangs – ausgehend vom Ausgangszustand bis zum Endzustand vor, wobei die Simulationsdauer und der Speicherplatzbedarf entsprechend steigen. Für rein stationäre Fragestellungen bedeutet diese Vorgehensweise hingegen einen nicht unerheblichen Mehraufwand. Demnach scheint die SPH-Methode für die Lösung stationärer Einphasenströmungen ohne freie Oberfläche den konventionellen gitterbasierten FVM-Verfahren der Kontinuumsmechanik in den Punkten Genauigkeit und Rechenzeit zunächst unterlegen.

Wenngleich das SPH-Verfahren im vorliegenden Anwendungsfall seine Stärke nicht voll ausspielen konnte, ist es eine vielversprechende Ergänzung zu den herkömmlichen gitterbasierenden CFD-Verfahren. Die Stärken des SPH-Verfahren liegen eindeutig in der Modellierung komplexer Strömungsvorgänge, z. B. Mehrphasenströmungen, Modellierung mitbewegter Objekte, Modellierung freier Oberflächen, transienter Vorgänge und verspricht so ein großes Potenzial für die Anwendungen komplexer Fragestellungen im Maschinenbau. Nach dieser ersten Berührung mit der SPH-Methode aus dem für den Maschinenbau gänzlich artfremden Anwendungsbereich der Astrophysik wird unser Fokus für kommende Anwendungen darauf liegen, die Möglichkeiten und Stärken der Methode noch deutlicher zu fordern und auszuschöpfen.

Referenzen/References:

- [1] R. A. Gingold und J. J. Monaghan, „Smoothed particle hydrodynamics: theory and application to non-spherical stars“, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Bd. 181, Nr. 3, S. 375–389, Dez. 1977
- [2] M. B. Liu und G. R. Liu, „Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH): an Overview and Recent Developments“, *Archives of Computational Methods in Engineering*, Bd. 17, Nr. 1, S. 25–76, März 2010
- [3] J. J. Monaghan, „Simulating Free Surface Flows with SPH“, *Journal of Computational Physics*, Bd. 110, Nr. 2, S. 399–406, Feb. 1994
- [4] J. J. Monaghan, „Smoothed particle hydrodynamics“, *Reports on Progress in Physics*, Bd. 68, Nr. 8, S. 1703–1759, Aug. 2005
- [5] J. J. Monaghan, „Smoothed Particle Hydrodynamics and Its Diverse Applications“, *Annual Review of Fluid Mechanics*, Bd. 44, Nr. 1, S. 323–346, Jan. 2012
- [6] J. J. Monaghan, „Smoothed particle hydrodynamics“, *Annual review of astronomy and astrophysics*, Bd. 30, Nr. 1, S. 543–574, 1992.
- [7] J. J. Monaghan, „An introduction to SPH“, *Computer physics communications*, Bd. 48, Nr. 1, S. 89–96, 1988
- [8] Erturk, E., „Nature of Driven Cavity Flow at High-Re and Benchmark Solutions on Fine Grid Mesh“, Submitted to *Int. J. Numer. Methods Fluids*, 2004
- [9] Ghia U., Ghia K. N., und Shin C. T., „High-Re solutions for incompressible flow using the Navier-Stokes equations and a multigrid method“, *Journal of Computational Physics*, 48(3), 387–411, 1982

AUTOREN



Prof. Dr.-Ing. Jörg Ettrich
Thermodynamik, Strömungslehre,
numerische Strömungsmechanik,
Maschinenlabor
joerg.ettrich@hs-offenburg.de



Fritz Kornmeier
Absolvent des Studiengang MME
Wintersemester 2016/17



Prof. Dr.-Ing. Christian Wetzel
Konstruktionslehre, CAD/CAE,
Technische Mechanik und
Technische Akustik
christian.wetzel@hs-offenburg.de



Automotive Testing Equipment
Sensorik für Baumaschinen & Tunnelling
Neigungs-, Kreisel-, Laser-Messtechnik
Industrielle Bildverarbeitung

Studenten sind herzlich willkommen

GeneSys Elektronik GmbH | In der Spöck 10
 77656 Offenburg | T 0781 969279-0
 mail@genesys-offenburg.de | www.genesys-offenburg.de

Stark zusammen
mit bundesweit
12 Verlagen der
Unternehmens-
familie!

Ihr Partner für
verkaufstarke
Marketinglösungen
vor Ort.

Ihr Erfolg.

Für
jeden Bedarf
das passende
Produkt.

Kramer
Verlags-GmbH & Co. KG
Zähringerstraße 6
77652 Offenburg
Telefon 0781 207-0
www.kramerverlag.de

Für mehr
Kundenkontakte
und steigende
Verkaufszahlen!



Wir helfen verkaufen.

www.sellwerk.de

Eine Marke Ihres



KUNSTSTOFFWERK LAHR

member of **BERNAUER GROUP**

KWL – Ihr kompetenter Partner für flexible Kunststoffverpackungen.



Kunststoffwerk Lahr GmbH · Tullastr. 5 · 77933 Lahr · www.kunststoffwerk-lahr.de
 Telefon +49 7821 9475 - 0 · Fax +49 7821 9475 - 50 · E-Mail info@tp-kwl.com



Neubau / Umbau /
Modernisierung

- schlüsselfertig
- zuverlässig und preisgünstig

Bau-Cooperation
 Beraten und Bauen GmbH
 Badstraße 24a, 77652 Offenburg
 (Im STZ bei der Hochschule)
 Telefon 0781 / 91 91 860
 Telefax 0781 / 91 91 870
www.bau-cooperation.com

www.bau-cooperation.com
 Gewerbe und Industriebau
**Wir schaffen
 für Innovationen.**



Wir machen Ihnen Platz.



ZEITERSPARNIS
70%
... UND MEHR!

DAS ORIGINAL
iMachining - exklusiv nur bei SolidCAM



SolidCAM
The Leaders in Integrated CAM

Die Revolution in
der CNC-Fertigung



**DREHEN &
DREHFRÄSEN**



Mit nahtloser Integration in
SOLIDWORKS und Autodesk Inventor

SolidCAM GmbH | Gewerbepark H.A.U. 36 | D-78713 Schramberg | Fon +49 7422 2494-0 | info@solidcam.de

www.solidcam.de

Erfolgreiche Unternehmen, beste Arbeitsbedingungen, hohe Lebensqualität – all das bietet die Region Nordschwarzwald.

Damit Sie bald Ihren Traumjob hier finden:

JOBPORTAL
www.jobs-im-nordschwarzwald.de

**Wirtschaftsförderung Zukunftsregion
Nordschwarzwald GmbH**

Westliche Karl-Friedrich-Straße 29 – 31
75172 Pforzheim

Tel. +49 7231 15 43 69-0
info@nordschwarzwald.de



REGION NORDSCHWARZWALD



Clever zum Erfolg
Leben und Arbeiten
im Nordschwarzwald



**Gestalten Sie mit uns die
Technologie von morgen!**

Ob als Student oder Absolvent - hier warten spannende Aufgaben auf Sie!

- Praktika
- Abschlussarbeiten
- Werkstudententätigkeiten
- Jobs für Berufseinsteiger

www.bct-technology.com

MEDIEN UND INFORMATIONSWESSEN

Interdisziplinarität und inhaltliche Vielfalt sind die prägenden Elemente in Lehre und Forschung der Fakultät Medien und Informationswesen. Die gemeinsame Klammer über alle Arbeitsgebiete kann mit dem Begriff Medien beschrieben werden – Medien aller Art werden konzipiert, produziert, implementiert oder analysiert.

Der Forschungsschwerpunkt mit den meisten Drittmitteln war auch im Jahr 2016 wiederum die IT-Sicherheit. So laufen weiterhin zwei Projekte im Umfeld der Cloud Security, und ein drittes, in dem ein Curriculum für ein Online-Studium IT-Security entwickelt wird.

Neben dem omnipräsenten Lehren und Lernen sind User Interfaces bzw. die User Experience typische Forschungsthemen der Fakultät, die aufgrund ihrer Interdisziplinarität von vielen Kolleginnen und Kollegen aus unterschiedlichen Blickwinkeln bearbeitet werden. In diesem Umfeld startete 2016 mit KoBeLu (Kontextbewusste LernUmgebung für die Aus- und Weiterbildung) ein neues Drittmittelprojekt mit

vielen Partnern, das die Entwicklung einer praxisorientierten und kostengünstigen Lern- und Anleitungsumgebung zum Gegenstand hat, in der individuell angepasste Informationen, z. B. zu Elektronikbauteilen, sobald man sie berührt, direkt in den Arbeitsbereich projiziert werden.

Mediales Gestalten und die Präsentation der Ergebnisse für die Öffentlichkeit rückt immer mehr in den Fokus. So zogen die Shorts, das etablierte Kurzspielfilmfestival der Fakultät, als trinationales Event über vier Tage hinweg ein großes Publikum in ihren Bann. In Freiburg-Merzhausen fand im Dezember eine viel beachtete Finissage statt, in der neben einigen Kurzfilmen der Fakultät eine Performance aufgeführt wurde, die Klang, Bewegung und digitalen Medien zu einem künstlerischen Experimentalsystem verschmelzen ließ.

Auszüge der Forschungsarbeiten in M+I – ohne Anspruch auf Vollständigkeit – werden in den folgenden Beiträgen vorgestellt.

Dekan Prof. Dr. rer. pol. Volker Sängler



Solche Fallstudien und Studioprofile sind triadisches Gestalten, Forschen und Vermitteln. Sie werden damit Teil des Transfers von der klassischen A/R/Tographie hin zu einer künftigen A/R/Tophonie, die ihr Hörfeld als Klangkunst immer wieder neu zusammenfügt. Auch an unserer Hochschule tragen wir in Schritten dazu bei, mit Methoden und Dialogen, zwischen den Gebieten, nicht außerhalb der Reihe.

2013 gab es dazu einen ersten, 2016 bereits einen kollektiven Vortrag in der „Forschung auf dem Campus-Reihe“ des IAF zur neuen (Inter-) Disziplin „Artistic Research“. Diese entfaltet sich unter vielen Labels und Studien, aus den USA und Kanada über Europa bis nach AustralAsia. Bei uns hat „practice-based-research“ das Bauhaus Weimar erreicht sowie Kunsthochschulen in Skandinavien, der Schweiz und Österreich. Gestalter finden hier ihre ganz eigene Form der Promotion. Das künstlerische Werk steht im Zentrum und wird kultur- und medienwissenschaftlich reflektiert. Aber auch umgekehrt reicht die Projektion künstlerischer Erfahrung in die Wissenschaft und erweitert deren Fragen zu offenen Denkweisen.^{III}

„Angewandte Forschung“ in Hochschulen meint ja eher, Probleme anderer als sozio-technische Innovation und Struktur für die konkrete Anwendung zu lösen. Praxisnahe Medienwissenschaft aber wird in Bild, Musik, Kultur und Kunst auch durch eigenwillige Formen des Denkens und Forschens geprägt bis zu Methoden der qualitativen Sozialwissenschaft. Eine für uns besondere Rolle verkörpert die angewandte und auch „anwendbare“ Ästhetik und Medienwissenschaft nach Gundolf Freyermuth, von der ifs, der „internationalen film-schule köln“.^{IV}

Ganz am Anfang und Ende aber steht vor allem Kreativität, sowohl die spezielle der künstlerischen Produzenten wie auch bei der Rezeption von Kunst die der offenen Rezipienten, die in ihrem Leben kreativ und produktiv sind. Zum Ausklang folgt hier die Zusammenfassung eines sehr umfassenden Textes zu Kreativität in Kunst und Leben:

Am Anfang steht das Beispiel vom Kolleg Pro Art der LMU. Johanna Eder, Kunstpädagogin, Kunstwissenschaftlerin, Künstlerin, (auch Artografin, ohne die Triade zu nennen), forschte über den vom Tonstudio besessenen Pianisten Glenn Gould und seine Hörspiele. Klänge, Musik und Stimmen werden wie in einer medialen Kunst der Fuge zum Kontrapunkt verwoben. Klavier, Studio, Originalton und Ra-

dioKunst werden zu transmedialer Kunst und finden dichten Widerhall in oft langen Passagen und vielen Portraits zur „Kreativität und Kreativitätsbildung“. Mit dem Bild des „Homo Creans“ wird Denken und Handeln polyästhetisch vernetzt; die Autorin praktiziert dies selbst als Akteurin in eigener Mission, aber auch im Forschen und Lehren für andere. Johanna Eder vermittelt ihre Erkenntnis auf parallelen Spuren, im anspruchsvollen Forschungstext und der tiefen Fundstätte von Literatur, Ansichten und Werkformen; als visuelle Sequenz eigener Diagramme und Künstler-Interviews.

Deren Ideen prägen den Kern einer tief und selbst analysierten Reihe Freischaffender, von Cage zu regionalen KollegInnen. Plastisch schreibt sie über Duchamps und Merce Cunningham, vertieft ihr Verständnis von Glenn Gould und bringt uns Beuys nahe. Mit viel Erfahrung porträtiert sie die Ethnografie improvisierender Musiker in München oder nutzt Klang-Raum-Analyse als Erkundung mit allen Sinnen. Musiker und Künstler wie Robert Lipok werden in ihrer digitalen Ästhetik portraitiert; Claire Filmon mit der Tanzkunst als analoge Komposition herausgearbeitet.

Ihr Buch begleitet uns auf parallelen Bahnen und ermutigt, neue Wege zu erproben, um die Qualität des Homo Creans als „Anthropologie des Schöpferischen selbst zu erfahren, zu praktizieren und immer auch zu unterrichten.“

Referenzen/References:

- I Badura Jens (Hg.): Künstlerische Forschung. Diaphanes, Zürich 2015
- II Ottersbach, Beatrice; Schadt, Thomas: Filmlehren. 2013
- III Eder, Gundula Johanna: Homo creans: Kreativität und Kreativitätsbildung im Kontext.
- IV Transcript Verlag Bielefeld 2016

AUTOR



Prof. Dr. Hans-Ulrich Werner
Audiowerkstatt,
Künstlerisches Forschen,
Medien/Hochschuldidaktik
hans-ulrich.werner@hs-offenburg.de

hang ebenfalls keinem Extrem zugeordnet werden. Im Hinblick auf die Preisgestaltung erläutern einige der Befragten, dass sie die Waldhaus-Bierspezialitäten nicht für günstig halten. Gleichzeitig weisen diese Testpersonen aber auch darauf hin, dass die Produkte ihrer Meinung nach den geforderten Preis wert sind. Entsprechend nehmen sie häufig eine begriffliche Einordnung in der Mitte vor.

Die weiterführenden Forschungsergebnisse stellen zudem heraus, dass der Erstkontakt zur Marke stark von persönlichen Beziehungen und Empfehlungen beeinflusst wird. Darüber hinaus werden die Waldhaus-Bierspezialitäten im Vergleich zur Konkurrenz vor allem aufgrund des besonderen Geschmacks und der Regionalität des Unternehmens bevorzugt. In diesem Zusammenhang sind die Freude am Genuss von natürlichen Produkten und ein Gefühl der heimatlichen Verbundenheit wichtige Gesichtspunkte. Zur hohen Identifikation mit der Marke tragen aber auch die Wertvorstellungen bei, die mit der Privatbrauerei Waldhaus verbunden werden.

Handlungsempfehlungen

Unter Berücksichtigung der Befragungsergebnisse wird empfohlen, die persönliche Bedürfnis-, Gefühls- und Lebenswelt der Zielgruppe durch die visuelle Motivgestaltung in der werblichen Kommunikation intensiver anzusprechen. Auf diese Weise kann die positive Identifikation mit der Marke nachhaltig gefördert werden. Gleichzeitig erscheint bei der Werbemittelgestaltung eine inhaltliche Reduktion der dargestellten Informationen lohnenswert, sodass der begründete Kundennutzen im Fokus steht. Hierzu sollte sich die werbliche Kommunikation auf ein bis zwei Produktversprechen konzentrieren. Dementsprechend ist die zentrale Werbebotschaft der Marke Waldhaus inhaltlich zu überarbeiten. Diese Botschaft sollte sich in Form von einem einzigen und klar erkennbaren Slogan ausdrücken. Die Anmutung der Werbemittel ist ebenfalls einheitlich umzusetzen. In diesem Zusammenhang sollte stets eine klare Symbolik gewählt werden, die die Region Schwarzwald in der Motivgestaltung abbildet. Im Sinne der integrierten Kommunikation wird diesbezüglich empfohlen, die Marke Waldhaus über alle Kommunikationskanäle hinweg konsistent zu präsentieren. In diesem Kontext sind eine Intensivierung der regionalen Printwerbung und die Produktion von Radiowerbung als wichtige Bausteine im Media-Mix anzusehen.

Außerdem wird vorgeschlagen, die weibliche Zielgruppe der Biergenießerinnen sowohl

bildlich und als auch sprachlich deutlicher anzusprechen. In diesem Kontext werden Werbegesichter mit einem klaren Bezug zur familiär geführten Privatbrauerei Waldhaus als besonders glaubwürdige Markenbotschafter und Markenbotschafterinnen wahrgenommen. Die gute Mitarbeiterpolitik ist in diesem Zusammenhang ein wichtiges Alleinstellungsmerkmal, das in den Mittelpunkt gerückt werden sollte. Dabei könnte Dieter Schmid als Brauerei-Chef zeitweise in den Hintergrund treten, sodass die Mitarbeitenden als Werbegesichter im Vordergrund stehen.

Neben der zielgruppengerechten Anpassung der Werbemaßnahmen wird im Hinblick auf die weiterführende Kommunikationspolitik empfohlen, die lokale Presse- und Öffentlichkeitsarbeit, das Sponsoring und das Eventmarketing in der badischen Region zu verstärken. Darüber hinaus können Maßnahmen zur Verkaufsförderung am Point-of-Sale zur unmittelbaren Steigerung der Markenbekanntheit beitragen.

Im Zusammenhang mit der Produktpolitik ist die Aluminiumfolie am Flaschenhals der Waldhaus-Bierspezialitäten als zentraler Kritikpunkt anzusehen. Eine Veränderung des Materials entspricht hierbei den Kundenwünschen. Darüber hinaus wird vertriebspolitisch eine höhere und umfangreichere Verfügbarkeit der Waldhaus-Bierspezialitäten im badischen Raum gewünscht.

Auf der Grundlage dieser Forschungsergebnisse können zukünftige Fragestellungen im Hinblick auf eine ganzheitliche Marketingkommunikation der Privatbrauerei Waldhaus durch gezielte Folgeuntersuchungen beantwortet werden. Näheren Aufschluss im Hinblick auf die gewünschte Wirksamkeit der Werbemittel können beispielsweise qualitative Untersuchungen unter Einsatz von Eyetracking geben.

AUTORINNEN



Prof. Dr. rer. pol. Ute Rohbock
Fakultät M+I, Prodekanin M+I,
Studiendekanin M+I,
Leiterin Labor Medienforschung
ute.rohbock@hs-offenburg.de



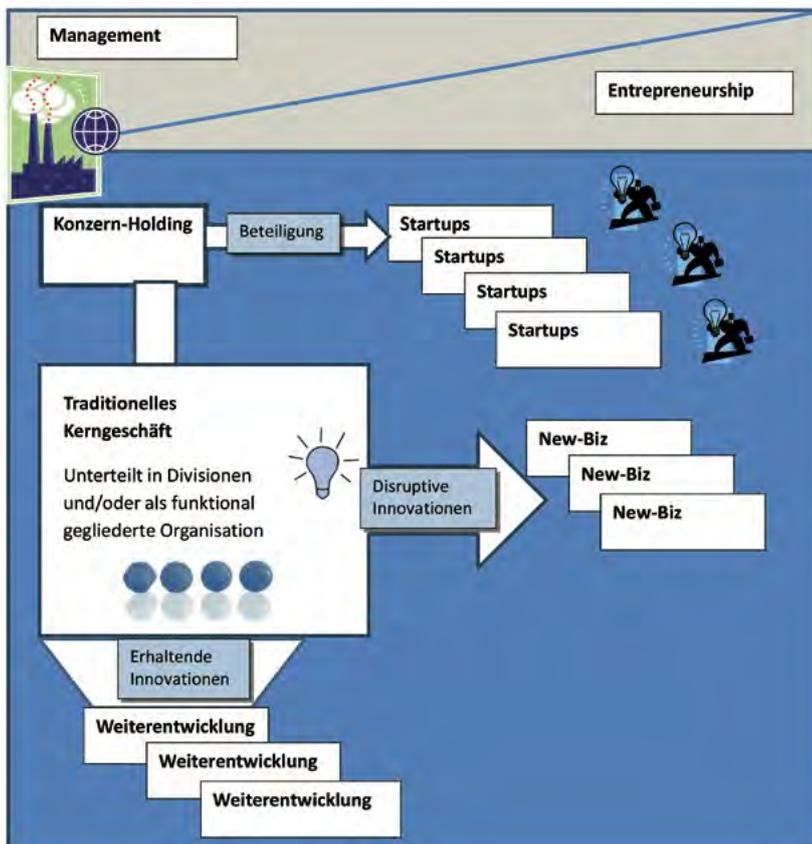
Franziska Speck M. Sc.
Akademische Mitarbeiterin
im Labor Medienforschung
der Fakultät M+I
franziska.speck@hs-offenburg.de

- Welche variablen Kosten entstehen und von welcher Größe sind die Kosten abhängig?
- Welche Erlösquellen sind realistisch?
- Wie sieht der ideale Kundenlebenszyklus (Customer Lifetime Value) aus?
- Welche Margen sind im Wettbewerb zu anderen Lösungen realistisch?
- Wie kann das Geschäftsmodell skaliert werden?
- Welche Voraussetzungen muss ich in meinem Unternehmen erfüllen und welche Vorbereitungen muss ich treffen, um das Modell skalieren zu können?

Anpassung von Strukturen, Prozessen und Kultur

Für alle, die nach dem Check der Geschäftsmodelle und der Branchenentwicklungen Handlungsbedarf erkennen, ist es entscheidend, die richtige Organisationsform zu wählen. Dass es sinnvoll sein kann, neue Projekte, Produkte und Märkte zunächst in eigenen Teams zu betreiben, ist eine Erkenntnis, die nicht neu ist, sondern die man für den digitalen Wandel nur konsequent anwenden muss.

Abb. 3: Unterschiedliche Integrationsformen digitaler Geschäftsfelder (Quelle: [1], S. 102)



Die Führung unterschiedlicher Generationen von Mitarbeitenden mit unterschiedlichen digitalen Kompetenzen

Parallel dazu geht es auch um die Veränderung der Arbeitsprozesse und Methoden. Unter dem Stichwort „agile Methoden“ gibt es inzwischen ein ganzes Set an Arbeitsweisen, mit denen man schneller ans Ziel gelangt, und die Dynamik der Teams, die den Erfolg wollen, auch zielgerichtet nutzen kann. Viele Unternehmen nutzen die Chance, dabei auch die Führungskultur zu verändern und sich somit auch als Arbeitgeber neu zu positionieren. Denn wenn es darum geht, jüngere Kolleginnen und Kollegen zu integrieren und zu motivieren, dann muss man sich darüber im Klaren sein, dass für viele ziel- und leistungsorientierte Angehörigen der sogenannten „Generation Y“ (Jahrgänge 1981–1995) die erfolgreiche Arbeit als solches einen hohen Stellenwert einnimmt. Die Loyalität gehört häufig dem Projekt und dem Team und nicht einer übergeordneten Bindung an das abstrakte Unternehmen.



Abb. 4: Nerds und Techies – Führung von besonderen Talenten ([1], S. 199)

Erfolgreiche Unternehmen schaffen dabei die Balance zwischen der Notwendigkeit, die digitalen Geschäftsfelder zu forcieren und damit die notwendige Dynamik und Wandlungsfähigkeit zu erzeugen und gleichzeitig die bisherigen Kompetenzen und Erfahrungen des Unternehmens und der Mitarbeitenden zu nutzen und weiterzuentwickeln.

AUTOR



Prof. Dr. phil. Thomas Breyer-Mayländer
 Professor für Medienmanagement,
 Lehrgebiete: u.a. Führung & Strategie,
 breyer-maylaender@hs-offenburg.de

Avatartanz – Kooperation mit dem Stadttheater Freiburg

Prof. Dipl.-Ing. Daniel Fetzner, Ephraim Wegner

Avatartanz ist ein genreübergreifendes Projekt an der Schnittstelle von Tanz, bildender Kunst, digitaler und somatischer Forschung. An der Kooperation zwischen dem Stadttheater Freiburg und der Hochschule Offenburg nahmen über 100 Kinder aus dem sozialen Brennpunkt Freiburg/Haslach teil. Die jungen Teilnehmer im Alter zwischen 6 und 14 Jahren hatten die Möglichkeit, eine Bewegungspartitur zu entwickeln, diese öffentlich aufzuführen und über eine Echtzeit-Visualisierung der Bewegungsdaten ihren eigenen Avatar plastisch zu erleben.

Avatartanz is a cross-genre project at the crossing of interactive media, dance and somatic research. More than 100 children from the social focus of Freiburg/Haslach participated in the cooperation between Hochschule Offenburg and the Stadttheater Freiburg. The young participants in the ages between 6 and 14 had the opportunity to develop a choreographic score and to experience their own avatar by means of a real-time visualization and sonification of the generated motion data during the performance.



Die meisten der teilnehmenden Kinder verfügten bereits über ein tänzerisches Vorwissen über das BMBF-geförderte Tanzprojekt »Learning by moving« unter Leitung des Choreografen Graham Smith am Stadttheater Freiburg.

Aufgabe der studentischen Projektgruppe¹ der Hochschule Offenburg bei dem Folgeprojekt »Avatartanz« war die Dokumentation des

Arbeitsprozesses sowie die Entwicklung einer interaktiven Echtzeit-Visualisierung. In Zusammenarbeit mit dem Biologen und Informatiker Dr. Daniel Bisig von der Züricher Hochschule der Künste (ZhdK) entwickelte Ephraim Wegner gemeinsam mit den Offenburger Studierenden eine Software, die die Bewegungen und choreografischen Miniaturen der Kinder in Bild und Ton übersetzt.

Hierzu wurde der Bühnenraum mit einem Kinect-Sensor² und openCV³ erfasst. Als bildgebendes Verfahren diente eine Schwarm-Simulation, für die Klangerzeugung kam ein Granularsynthese-Verfahren zum Einsatz.

Verschiedene Positionsfelder im Raum waren mit festgelegten Funktionen der Software verknüpft. Darüber hinaus wurde der Raumklang aufgezeichnet und digital sonifiziert. Für die Simulation der Schwärme kamen sogenannte Boids⁴ zum Einsatz. Diese folgen einem einfachen Regelwerk, mit dem ein emergentes Erscheinungsbild erzeugt werden kann. Die Grundregeln – Separation, Angleichung und Zusammenhalt – können durch weitere Regeln, wie die Zielsuche oder das Ausweichen, ergänzt werden. So ergaben sich mannigfaltige Möglichkeiten der Visualisierung, die der Körperkontur mal folgt, sich mal von ihr entfernt, Bewegungsverläufe nachzeichnet, weiterführt oder ergänzt.

Die Sonifizierung des Klangs erfolgte mit der Granularsynthese – das Ursprungsmaterial wird in variablen Geschwindigkeiten an der jeweiligen Abspielposition in einzelne Fragmente zerlegt.

In der Mitte des Raums wiederholten sich kontinuierliche Klangfragmente einer statischen Abspielposition. Die Strecke zwischen der Mitte des Raums und den äußeren Grenzen veränderten das Abspieltempo sukzessiv zu- oder abnehmend.

Ähnlich wurde mit der Größe der erfassten Person bzw. der tänzerischen Geste verfahren. Je größer die Geste, desto mehr Klangfragmente wurden pro Zeiteinheit ausgelöst. Eine hohe Dichte führt dazu, dass die einzelnen Fragmente als kontinuierlich scheinender Klang wahrgenommen werden. Kleinere Figuren hingegen waren an weniger einzelne Klangfragmente gekoppelt und an eine entsprechend geringere Dichte. Rhythmische Strukturen sind die Folge. Liegend konnte der Klang gestoppt werden.

Referenzen/References:

1 Alexander Schröder, Anna Katharina Maier, Benjamin Kempter, Felix Klett, Kolja Hübschmann, Kim Laura Schulz, Laura Mandana Massumi, Manuel Gerlach, Marcus Hafner sowie Marco Schmid

2 Kinect ist eine Hardware zur Steuerung der Videospielekonsole Xbox 360 von Microsoft. Spieler können damit durch Körperbewegungen die Software bedienen.

3 OpenCV ist eine freie Programmbibliothek mit Algorithmen für die Bildverarbeitung und maschinelles Sehen.

4 Boids ist die Bezeichnung für bestimmte interagierende Objekte in einer Computersimulation. Die Bezeichnung stammt von einem bahnbrechenden Künstliches-Leben-Programm, das 1986 von Craig Reynolds entwickelt wurde, um das Schwarmverhalten von Vögeln zu simulieren. Er bezeichnete die simulierten Objekte als Boids.



Der so geschaffene audiovisuelle Apparat sollte den jungen Tänzern ein Experimentierfeld zur Verfügung stellen, in dem die tänzerische Geste gleichzeitig um eine musikalische Geste und über die Projektion um eine zusätzliche Körperlichkeit, gewissermaßen eine zweite Präsenz im Raum erweitert wurde. Um hier ausführlich mit den verschiedenen Ebenen zwischen Körper, Klang und Metakörper zu spielen und diese auszuloten, hatten die Kinder im Rahmen dieser Projektarbeit leider nicht ausreichend Zeit. Es wäre wünschenswert, in einem solchen Versuchsaufbau über einen längeren Zeitraum eine kontinuierliche Entfaltung der Möglichkeiten mit verschiedenen Gruppen durchzuführen. Interessant wäre darüber hinaus eine Bühnensituation, in der der Tänzer hinter die Projektion zurücktritt und für das Publikum nicht mehr sichtbar ist.

Avatartanz orientierte sich an der Utopie eines zuschreibungsfreien menschlichen Körpers. Trotz der genannten Kritik eröffnete das Projekt allen Kindern ein Experimentierfeld, in dem sie sich und ihre Choreografien unabhängig ihres Geschlechts, ihrer Herkunft und ihrer konkreten leiblichen Physis wahrnehmen und spiegeln konnten. Die Videodokumentation ist unter <https://youtu.be/mNEB-8JKPLI> im Netz zugänglich und kann dort kommentiert werden.

AUTOREN



Prof. Dipl.-Ing. Daniel Fetzner
Leiter des Labors für Medienökologie
an der Hochschule Offenburg
daniel.fetzner@hs-offenburg.de



Ephraim Wegner
Diplom der KMH Köln, Künstlerischer
Mitarbeiter im Labor für Medienökologie
an der Hochschule Offenburg
ephraim.wegner@hs-offenburg.de

und Handlungsweisen im Umgang mit der Komplexität der Dinge im Zeitalter des Anthropozän und von dessen Nähr- und Umsetzungsmedien ermöglichen. Die Projektzeitung, vor allem aber die interaktive Webdokumentation falten dabei im Wortsinn Bezüge, Materialien und Ideen. Es sollen Prozesse des »Beobachtens zweiter Ordnung« sowie sinnlich-körperliche »Gegenwarts- oder Evidenzmomente« angestoßen werden. Sie entstehen rhizomatisch mehrdimensional unter Nutzung diagrammatischer, transmedialer und verkörpernder Verfahren, die unterschiedliche Medien und Zeitebenen verkoppeln, wie es auch für die Funktion des Gedächtnisses oder des Gehirns gezeigt worden ist.

Die Suchbewegungen eines möglichen Nutzers der interaktiven Webplattform des Projekts sind in jedem Fall wesentlicher Bestandteil von deren Gebrauch: seine Interessen, seine inhaltlichen und/oder ästhetischen Präferenzen, seine Neugier, aber auch seine »pathischen« Anteile oder Kompetenzen – d. h. seine Verbundenheit mit speziellen affektiven Kontexten, die ihn bewusst oder unbewusst beeinflussen. Bestandteil der interaktiven Dokumentation ist beispielsweise eine Sequenz, die den Philosophen Graham Harman inmitten der Müllstadt in Kairo zeigt. Eingebettet in Lärm, Hitze und Gestank erklärt der ehemalige Sportreporter seine »objektorientierte Ontologie« (OOO). Die radikale Situierung wurde mit 360° Video dokumentiert. Alternativ kann die panoramische Sequenz mit einem Head Mounted Display (HMD) erfahren werden.

Das 30-minütige Setting wurde in Form einer Ausstellung in Genf mit zwei Workshops und einer Diskussionsrunde mit dem Biosemiotiker Kalevi Kull von der University of Tartu/Estonia ausgewertet. Folgendes wurde diskutiert: Wie gestalten sich die medienökologischen Zugänge zu der Szene – immersiv über das HMD und installativ über die Rauminstallation mit 360° Video und Sound? Wie können biokybernetische Modelle (v. Uexküll) die artifizielle Materialität der Situation besser verstehbar machen? Und schließlich: wie verbindet sich diese interaktive Erfahrung mit der Plastizität unseres Erlebens? Der Sozialanthropologe Tim Ingold spricht in diesem Zusammenhang von einer Logik polyphoner Bezugnahmen und lebendiger Korrespondenz, von einem »Leben der Linsen«. Materialien und künstlerische Prozesse, unser Denken erweiternde philosophische Gedanken, aber auch die vielschichtige Entitäten der Ausstellung/Installation und deren interaktiver Webplattform kommunizieren nicht nur über Sprache. Man muss sich dort vielmehr immer auch mit einer Fülle von Elementen di-

rekt, ganz praktisch beschäftigen, sich sozusagen am Berühren, Hören und Forschen beteiligen. Ingold spricht in diesem Zusammenhang auch vom Aufbau eines »Meshwork« statt von einem »Network« und von Logiken gemeinsamen »Besessen-Seins« statt von Logiken der Distanzierung und Objektivierung.

Vorträge und Ausstellungen von WASTELAND

WASTELAND ist ein Projekt von Daniel Fetzner und Martin Dornberg in Zusammenarbeit mit der Forschungsgruppe mbody, der Hochschule Offenburg, dem Kommunalen Kino Freiburg, der Müllverbrennungsanlage Eschbach, der Universität Freiburg, der German University in Kairo und dem Goethe Institut Kairo. Das Projekt wird im Januar 2018 mit einem interdisziplinären Symposium mit Vertretern aus Kunst, Philosophie und Wirtschaft in der Müllstadt in Kairo seinen Abschluss finden.

Dezember 2015

Vortrag »Parasitäre Medienökologien«
Critical Media Lab (IXDM), Basel/Schweiz

März 2016

Vortrag »Parasitic Media Assemblages« auf der i-doc Konferenz für interaktive Webdokumentationen – University Bristol/UK

Juni 2016

Ausstellung, Diskussionen, Filmvorführungen
»48h WASTELAND« – Kommunales Kino Freiburg
September 2016

Vortrag und Workshop – Utopiana, Genf/Schweiz

Februar 2017

Vortrag über interaktive Dokumentationspraktiken am Beispiel von WASTELAND

Joint Research Centre (JRC) der EU, Ispra/Italien

Februar/März 2017

Installation und Workshop im Rahmen der Ausstellung »Biotope(s) – La semiosphère du Commun« am Museum für Gegenwartskunst (BAC), Genf

April 2017

Vortrag auf der Jahrestagung der Society of Artistic Research (SAR) – University of the Arts, Helsinki/Finnland
August 2017

Workshop und Paneldiskussion

International Conference Visual Evidence, Cine Documental – University of Tres de Ferrero UNTREF, Buenos Aires/Argentinien

Oktober 2017

Panel »Interaktive Webdokumentationen«

Jahrestagung der Gesellschaft für Medienwissenschaften (GfM) – Universität Erlangen

January 2018

Abschlusskonferenz und Workshop »Matter in the wrong Place« – German University in Cairo/Ägypten



AUTOREN



Prof. Dipl.-Ing.
Daniel Fetzner
Leiter des Labors
für Medien-
ökologie an der
Hochschule
Offenburg
daniel.fetzner@
hs-offenburg.de



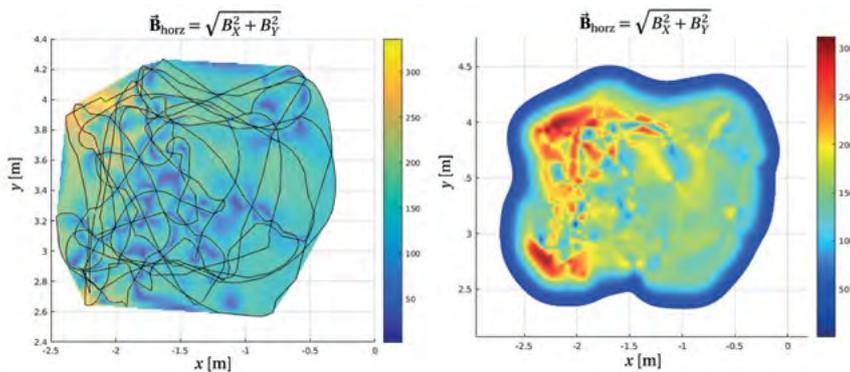
Dr. Dr. Martin
Dornberg
Institut für
Philosophie
der Universität
Freiburg

zur Festlegung der Glattheit enthält [6]. Die Berechnung erfolgte offline im Batch-Verfahren, d.h. für den gesamten Datensatz nach der Aufzeichnung der Messwerte. Eingangsdaten sind die Magnetometermessungen \vec{B} zusammen mit der Position, Orientierung und der Kovarianzmatrix, die durch den SLAM-Algorithmus bestimmt wurden.

Ergebnisse

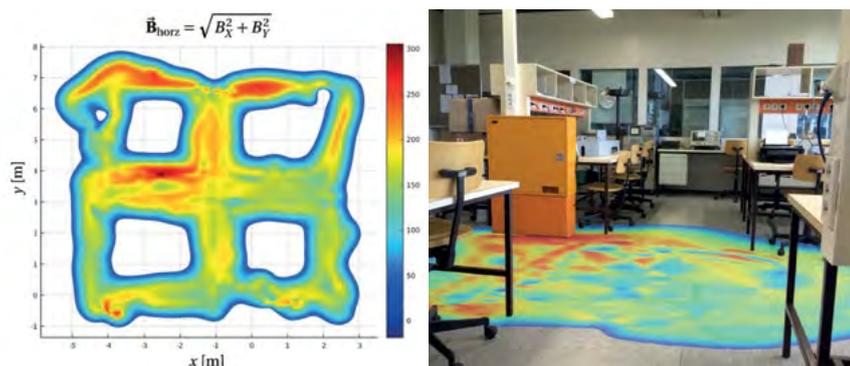
In einer ersten Untersuchung wurde die Eignung der Gaußprozesse für die Interpolation der Messdaten betrachtet. Zum Vergleich wurde eine klassische zweidimensionale lineare Interpolation herangezogen. Obwohl letztere nicht die Möglichkeit der Kovarianzangabe und -schätzung bietet, ist die Berechnungszeit um mehrere Größenordnungen geringer. Allerdings wird schnell deutlich, welches qualitative Vorteil durch die Interpolation und Prädiktion mit GP erreicht werden kann. Abbildung 5 zeigt die lineare Interpolation auf der linken Seite auf Basis der befahrenen Trajektorie, die in Schwarz dargestellt ist. Das Resultat des GP für den gleichen Datensatz ist auf der rechten Seite dargestellt.

Abb. 5: Vergleich der GPR (rechts) mit einfacher Interpolation (links): Magnetfeldkarte der horizontalen Flussdichte



Für die Arbeit wurden Magnetfeldkarten auf Basis mehrerer Messfahrten in verschiedenen Bereichen der Hochschule aufgezeichnet. Abbildung 6 zeigt exemplarisch die qualitativen Ergebnisse für einen kleinen Bereich des Labors für Mess- und Sensortechnik an der Hochschule Offenburg.

Abb. 6: Exemplarische Magnetfeldkarte (horizontale Flussdichte) des Labors für Mess- und Sensortechnik



Die linke Seite zeigt die Interpolation der Messwerte, auf der rechten Seite ist ein Bereich der Karte dem Labor fotografisch überlagert. Hier zeigt sich qualitativ, dass metallische Strukturen gut abgebildet werden und als Merkmale für die Lokalisierung genutzt werden können. Die Karte ist metrisch korrekt und kann auf einfache Weise dem verwendeten Lokalisierungsalgorithmus zur Verbesserung der Positioniergenauigkeit zugeführt werden.

Zusammenfassung

Die Untersuchung zeigt, dass die Gaußprozess-Regression grundlegend geeignet ist, um aus einzelnen Messungen eine vollständige und nutzbare Karte kontinuierlicher Merkmale zu erzeugen. Die erstellten Karten weisen einen guten Detaillierungsgrad auf und zeigen beispielsweise Schaltschränke oder Heizkörper. Die Vorteile gegenüber weniger aufwendigen Verfahren liegen in der einfachen Einbindung neuer Messungen, der Verfügbarkeit eines Qualitätsmaßes in Form einer Kovarianzmatrix und darauf basierend der natürlichen Integration in stochastische Lokalisierungsverfahren. Die Modellierung erlaubt zudem das Einbringen von Randbedingungen und Modellwissen. Dies alles geht allerdings zu Lasten einer schnellen Berechnung.

Die Karten wurden mit einer Auflösung von fünf cm erstellt, das Potenzial für eine Positioniergenauigkeit liegt im Rahmen einiger Dezimeter bis Meter, was für die kontinuierliche Verbesserung und Driftkorrektur inertialer Sensoren bereits ausreicht.

AUTOREN



Prof. Dr.-Ing. Stefan Hensel
Laborleiter Mess- und Sensortechnik,
Mess- und Sensortechnik,
Bildverarbeitung, Robotik, Mechatronik
stefan.hensel@hs-offenburg.de



Tino Schwilk M. Sc.
Laborarbeit Angewandte Forschung

Aktuelle Projekte an der Hochschule Offenburg

Derzeit werden in dem oben geschilderten Zusammenhang in der Medizintechnik folgende Fragestellungen untersucht:

1. Welche Erkenntnisse lassen sich aus der o. a. Götzprothese für die heutige Medizintechnik ableiten?
2. Wie kann man Gedanken mit NIRS und EEG abgreifen, um eine Roboterhand zu bewegen?
3. Können – bezogen auf Brain-Machine-Interfaces – nichtinvasive Methoden zur Ableitung von Gehirnsignalen invasive Methoden ersetzen?
4. Inwiefern beeinflussen sensomotorische Deafferenzierung und neuronale Plastizität nach Amputation bzw. Querschnittslähmung die Programmierung künstlicher neuronaler Netze für die Steuerung von Robotern?
5. Wie lassen sich dem betroffenen Menschen sensorische Signale des Roboters (z. B. der Druck beim Greifen, das Fühlen der Hand) vermitteln (sensomotorische Rückkopplung)?
6. Wie kann man durch visuelles Feedback mit Mitteln der erweiterten Realität (augmented reality) humane Haptik verbessern bzw. ersetzen sowie die Mensch-Maschine-Interaktion sicherer und verlässlicher gestalten?

Dank

Wir danken Frau Lutz-Vogt vom IAF für die Anfertigung der Abbildungen 2 und 3.

AUTOREN



Prof. Dr. med. Andreas Otte
Medizintechnik, Fakultät Elektrotechnik
und Informationstechnik
andreas.otte@hs-offenburg.de



Prof. Dr.-Ing. Harald Hoppe
Medizintechnik, Fakultät Elektrotechnik
und Informationstechnik
harald.hoppe@hs-offenburg.de

Referenzen/References:

1. Ohnemus, D., Otte, A.: Medizinhistorische Fundstücke aus der (Neuro-) Prothetik: eine Online-Analyse. [Medical-historical findings of (neuro-) prosthetics: an online survey]. Arch Kriminol 2014; 234(5+6):201-208.
2. Otte A. The "neural bypass": New hope for spinal cord injury patients. Spine Research 2016; 2(2):18
3. Flesher, S.N. et al.: Intracortical microstimulation of human somatosensory cortex. Sci Transl Med 2016; 8(361):361ra141
4. Bouton, C.E. et al.: Restoring cortical control of functional movement in a human with quadriplegia. Nature 2016; 533(7602): 247-50

OTW 4194 (Medtronic) in das Herzrhythmusmodell (Schalk, Offenburg [1]) integriert. Die Simulation einer AV-Knoten-Ablation bei CRT erfolgte mit RA-, RV- und LV-Elektroden und integriertem Ablationskatheter AICath LT G FullCircle (Biotronik)(Abb.2).

Ergebnisse

Die RV- und LV-Stimulation erfolgten zeitgleich bei einer Amplitude von 3 V an der LV-Elektrode und 1,5 V an der RV-Elektrode mit einer Impulsbreite von jeweils 0,5 ms. Die von der BV-Stimulationen erzeugten Fernpotentiale konnten von der RA-Elektrode wahrgenommen werden. Das Fernpotential an der RA -Elektroden Spitze betrug 32,86 mV. In 1 mm Abstand von der RA-Elektroden Spitze ergab sich ein Fernpotential von 185,97 mV (Abb. 3).

Die AV-Knoten Ablation wurde mit einer anliegenden Leistung von 5 W bei 420 kHz an der distalen 8 mm Ablationselektrode simuliert. Die Temperatur an der Katheterspitze betrug nach 5 s Ablationsdauer 103,87 °C, in 1 mm Abstand von der Katheterspitze im Myokard 44,17 °C und in 2 mm Abstand 37,61 °C. Nach 10 s betrug die Temperatur an den drei zuvor beschriebenen Messpunkten 107,33 °C, 50,87 °C, 40,05 °C und nach 15 s 118,42 °C, 55,75 °C und 42,13 °C. In Abbildung 4 ist die Temperaturentwicklung im Gewebe nach 1 s, 5 s und 15 s grafisch dargestellt und der Temperaturverlauf über die Gesamtablationsdauer von 30s an den vier Messpunkten wiedergegeben.

Schlussfolgerungen

Virtuelle Herz- und Elektrodenmodelle sowie die Simulationen von E-Feldern und Temperaturverläufen ermöglichen die statische und dynamische Simulation von vorhofsynchroner BV-Stimulation und HF-Ablation bei AF. Die 3D-Simulation von E-Feld und Temperaturverlauf können möglicherweise zur Optimierung der CRT- und AF-Ablation genutzt werden

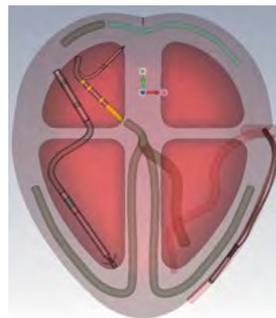


Abb. 2: CRT-Elektrodenanlage der Select Secure 3830, Capsure VDD-2 5038, Attain OTW 4194 und dem Ablationskatheter AICath LT G FullCircle im Herzmodell als Frontalansicht

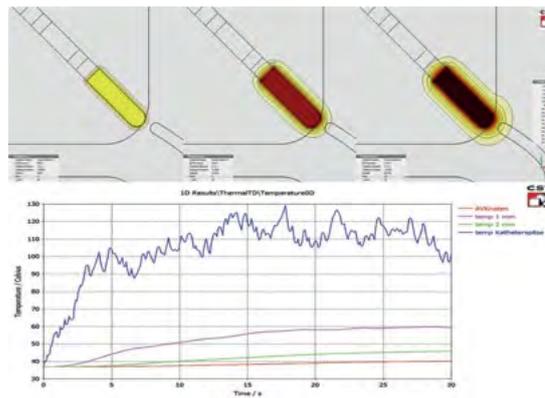


Abb. 3: v.o.n.u.: 2D-Ansicht der Potentialfeldausbreitung bei biventrikulärer Stimulation und Schnittebene auf Höhe der rechtsventrikulären Elektrode. Spannungsmessung während BV-Stimulation an verschiedenen Messpunkten entlang der rechtsatrialen Elektrodenachse

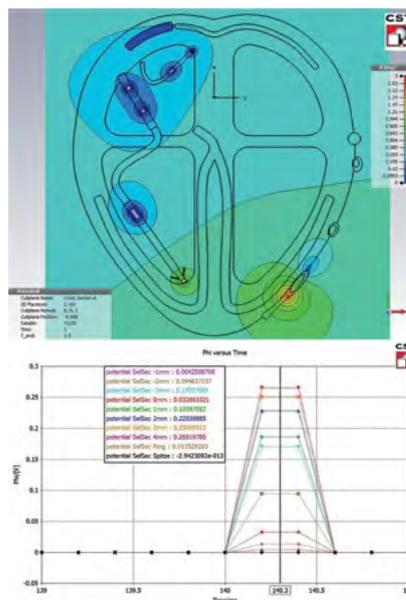


Abb. 4: v.o.n.u.: Ausbreitung der Temperatur zum Zeitpunkt T = 1 s, 5 s und 15 s nach Ablationsbeginn. Temperaturverlauf, gemessen über 30 s an vier verschiedenen Messpunkten in 1 mm Abständen, ausgehend von der Katheterspitze

Referenzen/References:
[1] M. Schalk (2016). Rhythmologisches Herzmodell und Simulation mit CST, Offenburg

AUTOREN



Martin Krämer M. Sc.
Absolvent Medizintechnik Fakultät E+I
kraemer-martin@gmx.net



Prof. Dr.-Ing. Lothar Schüssele
Wissenschaftlicher Leiter der Labore
Hochfrequenztechnik und EMV,
Mitglied IAF, Geschäftsführer des
Kuratoriums der Hochschule
l.schuessele@hs-offenburg.de

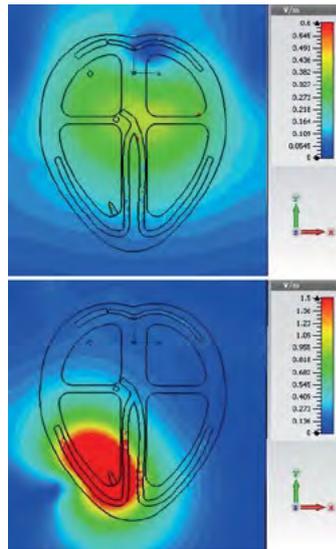


Dipl.-Ing. (FH) Reinhard Echle M. Eng.,
Akad. Mitarbeiter Fakultät E+I, Laborleiter
Hochfrequenztechnik und EMV, Laborleiter
Mobile Kommunikation und Wellen
reinhard.echle@hs-offenburg.de



Prof. Dr.-Ing. med. habil. Matthias Heinke
Praktikantenamtsleiter Medizintechnik und
Leiter Labor Kardiovaskuläre Gerätetechnik
und Rhythmologie
matthias.heinke@hs-offenburg.de

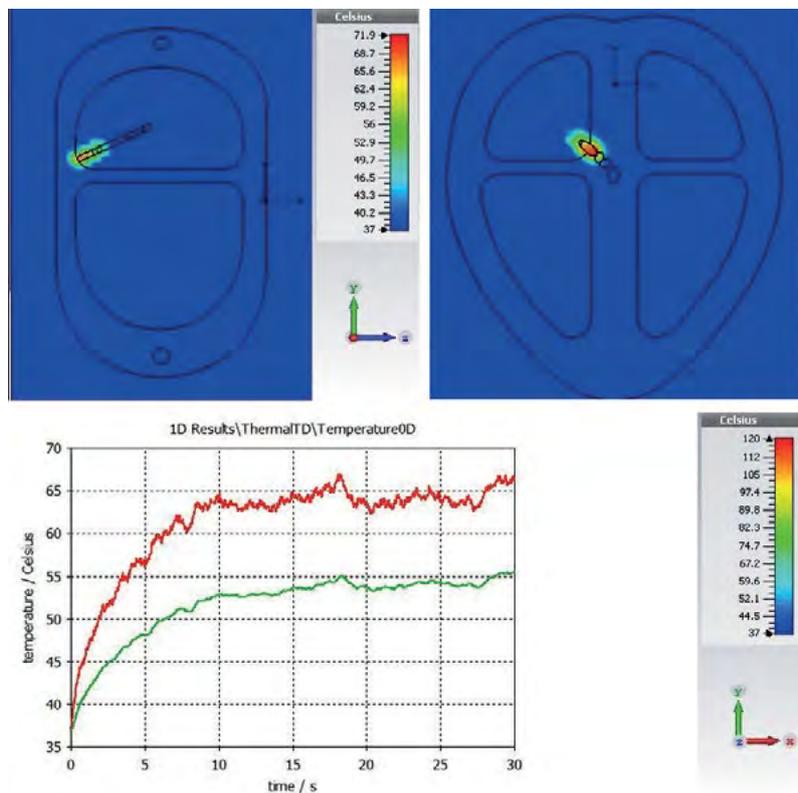
Abb. 4:
v.o.n.u. Darstellung einer simulierten transoesophagealen Vorhofstimulation durch den Oesophaguskatheter, Darstellung einer simulierten vorhofgesteuerten Ventrikelstimulation



Schlussfolgerungen

Das erstellte Herzrhythmusmodell mit integrierten multipolaren Elektrodenkathetern ermöglicht die elektrische Feldsimulation von EPU und die thermale Simulation von HF Ablationen im Rahmen der Diagnostik und Therapie von bradykarden und tachykarden Herzrhythmusstörungen. Die Simulationen von Braykardien, Tachykardien, Elektrostimulation, Elektrokardiographie und HF-Ablation können potentiell die Diagnostik und Therapie von Herzrhythmusstörungen, klinischen Studien sowie Lehre und Forschung unterstützen.

Abb. 5:
v.l.n.r.: Darstellung einer simulierten Isthmus-Ablation bei rechtsatrialem Vorhofflattern, Darstellung einer simulierten Fast-Pathway-AV-Knoten-Modulation bei AV-Knoten-Reentrytachykardie (AVNRT), grafisch dargestellter Temperaturverlauf an der Katheterspitze (rot) und in 1mm Gewebetiefe (grün) bei der simulierten Isthmus-Ablation bei rechtsatrialem Vorhofflattern



AUTOREN	
	<p>Marco Schalk M. Sc., Absolvent Medizintechnik Fakultät E+I marcoschalk@hotmail.com</p>
	<p>Prof. Dr.-Ing. Lothar Schüssele Wissenschaftlicher Leiter der Labore Hochfrequenztechnik und EMV, Mitglied IAF, Geschäftsführer des Kuratoriums der Hochschule l.schuessele@hs-offenburg.de</p>
	<p>Dipl.-Ing. (FH) Reinhard Echle M. Eng., Akad. Mitarbeiter Fakultät E+I, Laborleiter Hochfrequenztechnik und EMV, Laborleiter Mobile Kommunikation und Wellen reinhard.echle@hs-offenburg.de</p>
	<p>Prof. Dr.-Ing. med. habil. Matthias Heinke Praktikantenamtsleiter Medizintechnik und Leiter Labor Kardiovaskuläre Gerätetechnik und Rhythmologie matthias.heinke@hs-offenburg.de</p>

To specify the number of clusters the heuristic formula in [3] has been used:

$$n_c = \max(2, \frac{n}{10})$$

This was used to make number of clusters depend on the number of observations in the dataset and also to ensure that outliers are isolated in small clusters. The dataset used in the project is a synthetically generated set of observations for the metal work pieces (800 mm x 100 mm) of a car panel. About 25,000 datasets have been generated to be analyzed. Records in the dataset represent defects that occur during the bending of the work piece in the production line. Each dataset contains n observations and k variables and its structure is described below.

ID	X	Y	D	C
represents the n^{th} work piece (0 -24999)	horizontal axis of the work piece in mm (0-799)	horizontal axis of the work piece in mm (0-799)	depth of the defects in μm (micrometers)	category (types) of defects

Tab. 1:
Data structure of Metal Work Piece Data

The variables of interest for the clustering analysis are the locations of the defect (i.e. X and Y variables) and the depth of the defect (D). Since the variables X, Y and D were measured with different units, they had to be standardized (scaled) in order to make them comparable. Variables ID and C are of no influence to the formation of clusters, hence they are avoided as inputs to the clustering technique.

In order to assess whether or not the datasets had meaningful clusters, a statistical clustering tendency method named Hopkins statistic was applied. Hopkins statistic measures the feasibility of clustering by testing the spatial randomness of data. The result value of a Hopkins statistic is a probability which indicates whether the given data (D) has non-random structure or is uniformly distributed. The mean of the nearest neighbor distance in a simulated dataset (random D) divided by the sum of the mean nearest neighbor distances in the real (D) and across the simulated dataset give the Hopkins statistical probability (H). If the value of H is less than 0.5, then it is concluded that the dataset D has meaningful clusters. [2]

$$H = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{\sum_{i=1}^n x_i + \sum_{i=1}^n y_i} \begin{cases} x_i: \text{mean nearest neighbor of real } D \\ y_i: \text{mean nearest neighbor of random } D \end{cases}$$

The key idea behind the outlier detection methodology was to use the size of the resulting initial clusters as indicators of the presence of outliers. The outliers in this case would be the clusters with number of elements less than the threshold (τ) parameter. τ was fixed to 50 and can be replaced based on any performance criteria a production manager sees fit. In Figure 1 the original data and the results obtained through out the process of clustering and removing outliers is portrayed for a sample dataset (dataset 13800). The sample data set contains 1351 observations and 5 variables; results to 135 initial clusters as shown in Figure 1b. One final cluster is available with number of elements greater than τ . The remaining 134 clusters are removed as outliers and these were defects that were further away from the border of the work piece. After clustering and removing outliers the further interest in analysis was to see the available defect depth ranges within each cluster. Figure 1d shows histogram of depth ranges classified as 0-9, 10-19 and > 20 for the available final clusters. For dataset 13800 it shows that the work piece has defects with depth > 20 μm within its final cluster. This result can be used as an indicator that this work piece will not make it as a car body part and also as an indicator for an overdue change or sharpening of the blade used in production.

A time series of how defects with high depths are growing across the manufacturing process and also the growth of outliers across all datasets with a step size of 1000 files are illustrated in Figure 1 e & f on page 68.

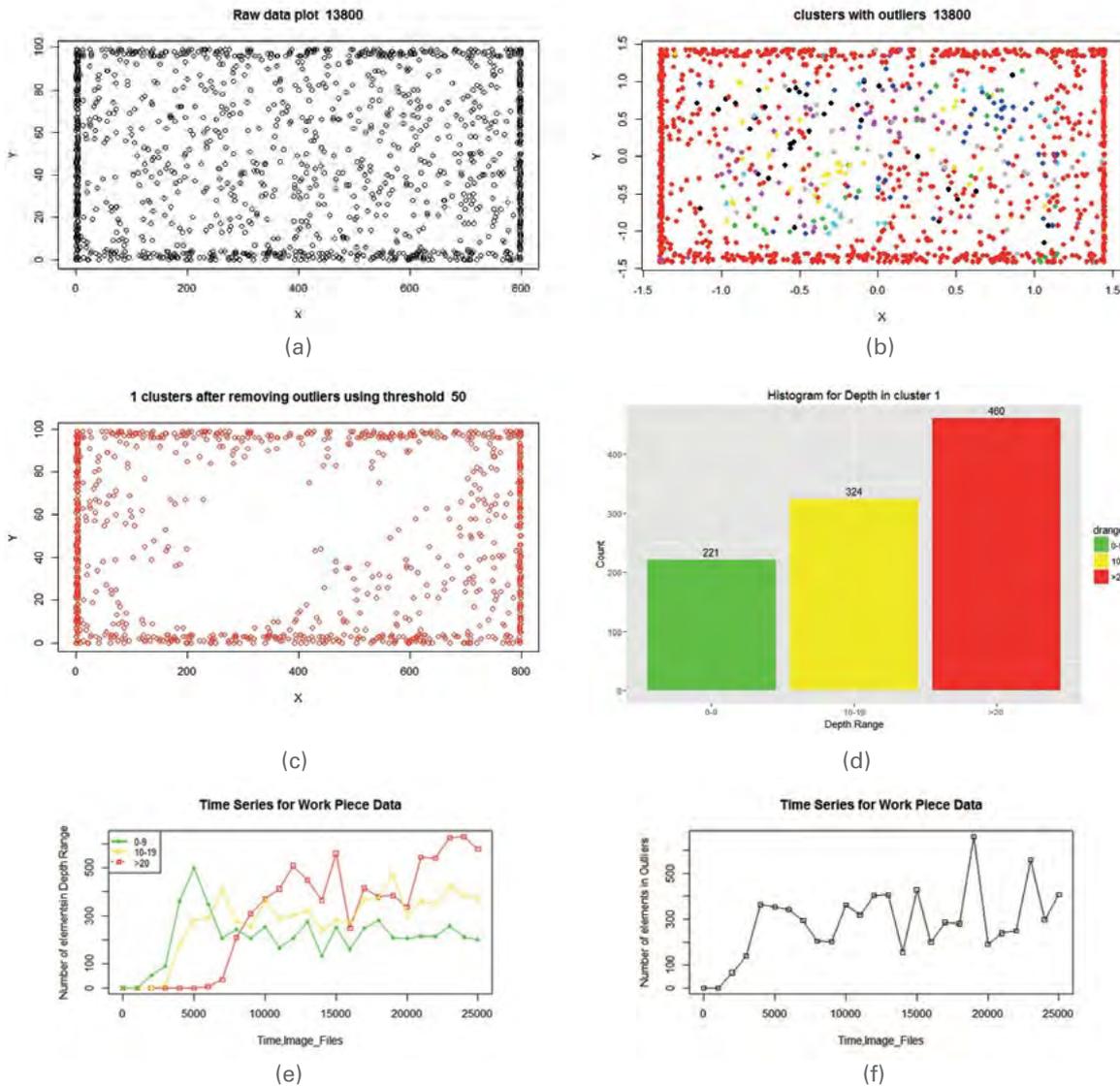


Figure 1 e-f: Results of clustering, removing outliers, and time series

AUTOREN



Ruth Tesfaye Zibello M. Sc.
Akademische Mitarbeiterin, Fakultät
Elektrotechnik und Informationstechnik
ruth.zibello@hs-offenburg.de



Prof. Dr. rer. nat. Stephan Trahasch
Fakultät E+I, Forschungsgr. Analytics und
Data Science, Lehrgebiete: Data Mining,
Big Data Analytics, IT-Security,
stephan.trahasch@hs-offenburg.de
http://analytics.hs-offenburg.de



Prof. Dr. rer. nat. Tobias Lauer
Fakultät E+I, Forschungsgruppe Analytics
und Data Science,
Lehrgebiete: Parallele Programmierung,
Betriebssysteme
tobias.lauer@hs-offenburg.de

Referenzen/References:

- [1] M. J. Zaki and W. J. Meira, Data Mining and Analysis: Fundamental Concepts and Algorithms, Cambridge University Press, 2014.
- [2] A. Kassambra, „STHDA: Statistical Tools For High-Throughput Data Analysis“, [Online]. Available: <http://www.sthda.com/english/wiki/cluster-analysis-in-r-unsupervised-machine-learning>. [Accessed July 2016]
- [3] A. Loureiro, L. Torgo and C. Soares. Outlier Detection Using Clustering Methods: a Data Cleaning Application. In Proceedings of KDNNet Symposium on Knowledge-based systems for the Public Sector (2004)

BETRIEBSWIRTSCHAFT UND WIRTSCHAFTSINGENIEURWESEN

Die vielfältigen Forschungsaktivitäten spiegeln die breite fachliche Aufstellung der Fakultät B+W wider. Sie reichen von anwendungsnaher Forschung in den Bereichen Handel und e-Commerce über das Data Mining bis hin zu ingenieurwissenschaftlichen Aufgabenstellungen. Dabei ist aktuell die enge Verzahnung von Wirtschaftsinformatik und Wirtschaftsingenieurwesen unter dem Schlagwort „Industrie 4.0“ ein wichtiger Ansatz für die gemeinsame bereichsübergreifende Forschung.

Grundlage für diese Forschungsarbeit sind die vielfältigen Labore der Fakultät B+W, die sowohl die Bereiche Marketing und e-Commerce, aber auch Wirtschaftsinformatik und Lean-Produktion umfassen. Auch im letzten Jahr konnten einige Labore neu eingerichtet bzw. erweitert werden. Dazu wurden umfangreiche Mittel u.a. aus bundesweiten Programmen erfolgreich eingeworben – so stehen für die Forschung seit kurzem z. B. eine Biaxialprüfmaschine und ein Leichtbauroboter für sensitive Montagearbeiten zur Verfügung. Zudem konnte im Labor Rapid Prototyping ein neuer 3D-Multimaterialdrucker in Betrieb genommen werden, der bis zu sechs Materialien gleichzeitig verarbeiten kann. Diese gute Ausstattung der Labore und ihre stetige Forschungsarbeit schlagen sich auch in der steigenden Zahl ihrer kooperativen Promotionen nieder. Ein weiteres Indiz für erfolgreiche Forschung an der Fakultät B+W ist die Einwerbung von Drittmitteln, wie z. B. für „die Untersuchung der Hochschulsteuerung auf Basis eines kaufmännischen Rechnungswesens“. Die regionale Wirtschaft nutzt dabei gern die umfangreiche Expertise der Fakultät für eine direkte Zusammenarbeit in Forschungsprojekten. So konnte das Labor Innovationsmanagement in Zusammenarbeit mit einem regionalen Partner erweitert werden.

Darüber hinaus ist in den letzten Jahren die Kooperation zwischen den Fakultäten stark ausgebaut worden. So ist die Wirtschaftsinformatik ein Teil der fakultätsübergreifenden Forschungsgruppe Business Analytics.



Das Labor Prototyping entwickelte in Zusammenarbeit mit dem Institut IUAS zwei 3D-gedruckte Unmanned Aerial Vehicles „UAVs“, die hervorragende Flugeigenschaften aufweisen (Hintergrundbild). Diese Arbeit wird aktuell im Forschungsprojekt ELCOD auf internationaler Ebene fortgesetzt. Hier arbeiten Kollegen aus drei Fakultäten der Hochschule Offenburg mit Forschern aus Frankreich gemeinsam an der Entwicklung eines Langstrecken-UAVs, das z. B. zum Umwelt-Monitoring genutzt werden kann.

Dekan Prof. Dr. Philipp Eudelle

In Stufe eins muss sich der Aufsichtsrat eine Meinung darüber bilden, ob der vorliegende Granularitätsgrad der Prognosen angemessen ist. Sind die Prognosen noch zu grob oder sind sie bereits ausreichend fein? Für die Beantwortung dieser Frage ist es zweckmäßig, Synergien in verschiedene Arten zu zerlegen. Hierfür bieten sich etwa an:

- Typ der Synergie (z.B. Kostensynergien, Ertragssynergien, Finanzierungssynergien),
- betroffene Teilfunktionen bzw. Prozesse (z. B. F&E, Einkauf, Produktion, Vertrieb, Verwaltung),
- Art der Kosten (z.B. Personalkosten, Sachkosten),
- betroffene Standorte in ggfs. unterschiedlichen Ländern,
- zeitlicher Hochlauf bzw. Eintritt der Synergien (ein Jahr, zwei Jahre usw.).

Zwar ermöglichen auch eindimensionale Synergieprognosen schon erste Eindrücke. Ein deutlich größeres Erkenntnisniveau erlangt der Aufsichtsrat indes durch die Kombination unterschiedlicher Synergiearten. Wenn man etwa den Typ der Synergie, die betroffene Teilfunktion und den Standort miteinander kombiniert, könnte daraus die Synergie „Kostenreduktion in Verwaltungsfunktionen, aufgeteilt nach betroffenen Ländern“ resultieren.

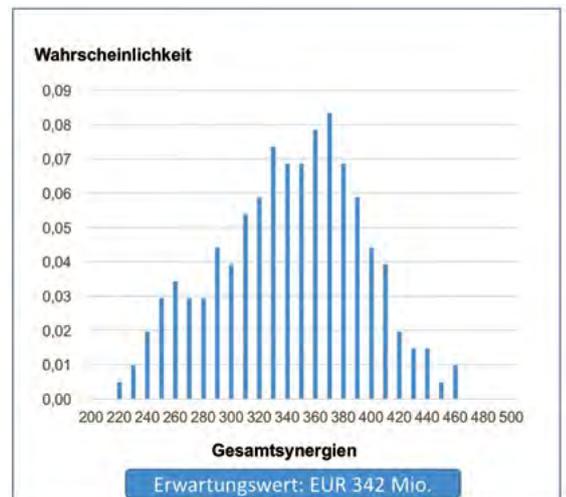
In Stufe zwei sollte sich der Aufsichtsrat klarmachen, dass auch Prognosen mit angemessenem Granularitätsgrad unsicher sind und in ihren zukünftigen Ergebnissen entlang ganz unterschiedlicher Wahrscheinlichkeitsverteilungen streuen können. Zu fragen ist daher, wie man diesem Phänomen angemessen Rechnung trägt, ohne Vorstand und Aufsichtsrat zu überfordern und handlungsunfähig zu machen. Der dem Gesellschaftsrecht entnommene Begriff der „angemessenen Information“ erfordert ja gerade keine Maximierung des Erkenntnisstands. Vielmehr wird ausdrücklich konzediert, dass eine zunehmende Erkenntnis gegen den damit verbundenen Zeit- und Geldaufwand abzuwägen ist, was ggfs. zu einem Abbruch der Informationsaktivitäten führt.

Eine in der Praxis gängige Methode, Unsicherheit bei Prognosen zu berücksichtigen, besteht in der Durchführung von Szenarioanalysen. Hierbei wird üblicherweise das Synergie-Basisszenario um eine pessimistische und eine optimistische Alternative ergänzt, und der Aufsichtsrat bildet sich auf dieser Grundlage ein Urteil über das mit der Übernahme verbundene Risiko. Ein solches Vorgehen ist grundsätzlich vernünftig, zu fragen ist gleichwohl, ob das Denken in aggregierten Szenarien stets einen ausreichenden Erkenntnisstand impliziert. Man mache sich klar, dass das pessimistische

Szenario dem Aufsichtsrat sozusagen das ‚untere Ende‘ der Erwartungen suggeriert. Das ist zwar angemessen in dem Fall, dass die erwarteten Ergebnisse bestimmter Synergiearten normalverteilt sind, überschaubare Standardabweichungen aufweisen und als weitgehend unabhängig von anderen Synergiearten gelten dürfen. Das Vorgehen erzeugt aber eine falsche Sicherheit in Situationen, in denen die Wahrscheinlichkeitsverteilungen von solchen ‚angenehmen‘ Verteilungen abweichen, weil Normalverteilungen beispielsweise sehr große Varianzen aufweisen oder gar binären Charakter annehmen – letzteres betrifft regelmäßig Synergie, die vom Erfolg eines oder weniger Entwicklungsprojekte abhängen, die gelingen oder aber scheitern können.

Dies führt zu der Frage, ob vom Aufsichtsrat unter dem Gesichtspunkt der Risikoabschätzung vielleicht doch zu fordern ist, dass er sich über einfache Szenarioanalysen hinaus expliziter mit Sensitivitätsanalysen befasst und ggfs. sogar darauf dringt, dass anstelle der Szenarien ganze Wahrscheinlichkeitsverteilungen für die Synergien simuliert und diskutiert werden, wie das Abbildung 2 zeigt. Auch auf diese Frage soll das Forschungsprojekt eine Antwort geben.

Abb. 2:
Simulierte
Wahrscheinlichkeits-
verteilung der
Gesamtsynergien



AUTOREN



Dr. Marc Lehnen
vormals Senior Vice President „Global Integration Management“ Actavis, Plc



Prof. Dr. rer. pol. habil. Matthias Graumann
Fakultät B+W
Professor für Betriebswirtschaftslehre,
Unternehmensführung und Organisation
matthias.graumann@hs-offenburg.de

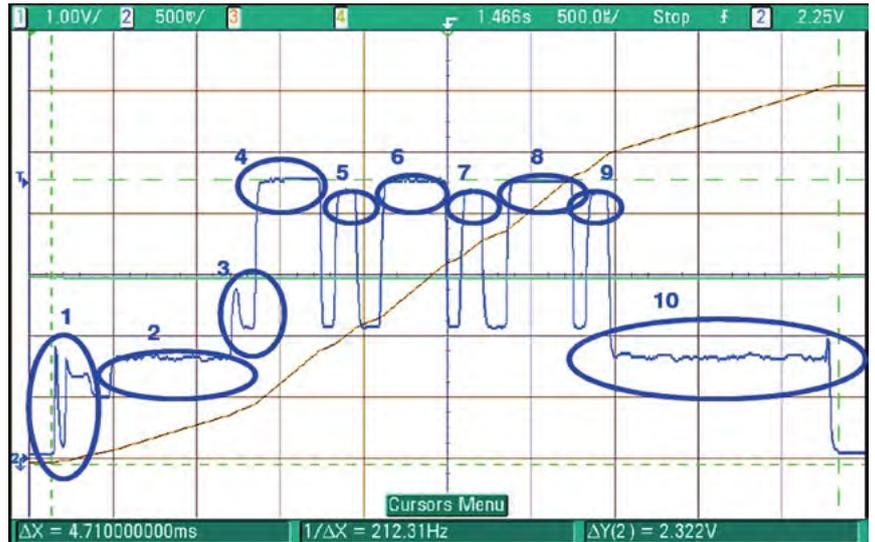
Erforschung von energieeffizienten, robusten Kommunikationsprotokollen

Durch die angestrebte Energieautarkie steht dem zu entwickelnden Modul nur eine begrenzte elektrische Leistung zur Verfügung. Zugleich gehen mit dem Einbetten in den Metallkörper des Werkzeugs ausgesprochen schwierige Rahmenbedingungen einher, was eine tendenziell höhere Sendeleistung erfordert. Hierfür wird eine spezifische Kommunikationslösung (Abb. 3) erforscht.

Für die Kommunikationsprotokolle werden typische Anwendungsszenarien definiert und der anfallende Energieaufwand rechnerisch abgeschätzt (CPU aufwecken, Paket packen und senden, CPU schnell wieder in Standby). Die Berechnung wird durch die Vermessung von labormusterartigen Systemaufbauten geschärft und kontinuierlich verbessert. Diese Ergebnisse werden zur Entwicklung optimaler Kommunikationsprotokolle genutzt. Als Funktechnik ist der Einsatz von Bluetooth Low Energy (BLE) geplant.

Antennenentwicklung

Der Einsatz von BLE erfordert eine angepasste Antenne im 2,4-GHz-ISM-Band. Diese wird unter Berücksichtigung der Einbausituation und umgebender Elementen mit dem CST-Microwave-Studio geplant. Auf experimenteller Seite sind Messungen der elektromagnetischen Elemente im Nahfeld der Antenne vorgesehen (Vergussmasse, Platinen Material, ...). Diese Berechnungen werden durch Labormuster ergänzt, die das Bild abrunden. Diese Schritte sollen zu einer Antenne mit gutem Wirkungsgrad und Richtfaktor führen. Ziel ist ebenfalls eine hohe Funktionsrobustheit gegenüber dem zu erwartenden Temperaturbereich, damit eine möglichst minimale Än-



derung der Frequenzbereiche und Abstrahlcharakteristik zu erwarten ist. Hierfür werden die Faktoren Geometrieauslegung, Abstimmung des Speisepunkts, Materialauswahl sowie Miniaturisierung berücksichtigt.

Ausblick

Ziel der Entwicklung des intelligenten Spritzgusswerkzeugs ist die Integration des Werkzeugs in den automatisierten Fertigungsprozess. Dies soll eine verbesserte und automatisierte Einbindung des Produktionsprozesses im Rahmen von Industrie 4.0 gewährleisten und aufwendige, fehleranfällige papiergebundene Dokumentation ersetzen. Die direkte Verfügbarkeit von Informationen zum Werkzeug, die drahtlose Kommunikation und einfache Einbindung der zu entwickelten Lösung in bestehende Prozesse sind die maßgeblichen Verbesserungen des umzusetzenden Projekts. Die mit dem Modul gewonnenen Daten aus den Spritzgussvorgängen können für spätere Auswertungen genutzt und die Prozesse weiter verbessert werden.

Abb. 3: Untersuchung des Energiebedarfs in Abhängigkeit von Kommunikationszuständen und Protokollcharakteristik. Gezeigt ist eine beispielhafte Datenübertragung mit Bluetooth Low Energy. Es sind hier im Einzelnen folgende Phasen gegeben: 1: Wake-up; 2, 3: Pre-Processing; 4-9: Senden und Empfangen (Payload); 10: Post-Processing.

AUTOREN



Prof. Dr.-Ing. Thomas Wendt
 Ltg. Labor Elektrotechnik/Elektronik, Forschung:
 kollaborative Robotik, Automatisierung,
 Funktionale Sicherheit IEC61508,
 Maschinensicherheit, drahtlose Mikrosys.
 thomas.wendt@hs-offenburg.de



Matthias Lai M. Sc.
 Projektmitarbeiter Intelligenter Spritzguss
 matthias.lai@hs-offenburg.de



Urban Himmelsbach M. Sc.
 Akademischer Mitarbeiter Fakultät B+W
 Techn. Leiter Labor Kollaborative Robotik,
 Projektmitarbeiter Intelligenter Spritzguss
 urban.himmelsbach@hs-offenburg.de



Matthias Waßmer, M. Eng.
 Akademischer Mitarbeiter Fakultät B+W
 Projektmitarbeiter Intelligenter Spritzguss
 matthias.wassmer@hs-offenburg.de

Darüber hinaus ist erforderlich, einzelne Bilanzierungsfragen im Rahmen der Hochschulrechnungslegung zu beantworten, um sie am Ende tatsächlich zweckadäquat für Steuerungsfragen heranziehen zu können: Wie ist in Hochschulen eine Abgrenzung zu schaffen zwischen vom Land dauerhaft gewährter Grundfinanzierung, zeitlich beschränkter Programmmitte und solchen Mitteln, die von Hochschulen eigenständig und zeitlich befristet (sog. Drittmittel) eingeworben werden? Wie muss entsprechend der Abgrenzung die Zuordnung in Bilanzpositionen wie Fremd- und Eigenkapital aussehen? Wie müssen Hochschulen agieren, um ihre Ressourcen bspw. im Rahmen des Wertverlusts bei Gebäuden zu erhalten, und was bedeutet im Hochschulkontext eigentlich der Begriff der Gewinnermittlung? Diese und diverse weitere Fragestellungen sind im Rahmen der kaufmännischen Hochschulrechnungslegung grundsätzlich abbildbar, sollten jedoch einer zweckadäquaten Bilanzierungslegung übergeben werden.

An dieser Stelle sei exemplarisch der Umgang mit Fördermitteln, sog. Drittmitteln dargestellt: Bereits der Drittmittelbegriff unterliegt einer heterogenen Bedeutung. Nach der Hochschulfinanzstatistik des Statistischen Bundesamts sind „Drittmittel (...) solche Mittel, die zur Förderung von Forschung und Entwicklung sowie des wissenschaftlichen Nachwuchses und der Lehre zusätzlich zum regulären Hochschulhaushalt (Grundausstattung) von öffentlichen oder privaten Stellen eingeworben werden.“ [2] Zu diesen Mitteln können auch Investitionszuschüsse zählen, die beispielsweise für das Sachvermögen der Hochschule zum Tragen kommen. So werden üblicherweise für Investitionszuschüsse sog. Sonderposten auf der Passivseite der Bilanz gebildet. Dieser Sonderposten stellt (vereinfacht ausgedrückt) dar, welcher Teil des Anlagevermögens durch Investitionszuschüsse gefördert wurde. Der Vergleich von Hochschuljahresabschlüssen macht jedoch das heterogene Verständnis des Begriffs und der Zusammensetzung dieses Sonderpostens deutlich. Insbesondere die Frage, welche Mittel mithilfe des Sonderpostens abzubilden sind, scheint unklar. So gibt es Hochschulen, die nur einen kleinen Teil des zuschussgeförderten Anlagevermögens mithilfe des Sonderpostens abbilden, und solche, die nahezu das gesamte Anlagevermögen (d. h. in-

klusive der hierfür verwendeten Grundmittel) hier rüber abbilden.

Über die Nutzungsdauer eines Vermögensgegenstands hinweg entstehen im Rahmen der kaufmännischen Buchführung Abschreibungsaufwände, die sich im Fall der Sonderpostenbilanzierung durch dessen zeitgleiche Auflösung buchhalterisch neutralisieren. In der Konsequenz entsteht im Fall eines umfangreichen Sonderpostens ein Refinanzierungsproblem, da quasi von einem auf das andere Geschäftsjahr Finanzierungsbedarfe anstehen, die nicht ohne weiteres über die Grundausstattung der Hochschulen gestemmt werden können. Der zuvor nicht adäquat dargestellte Ressourcenverbrauch führt zu einer nicht zweckadäquaten Darstellung von Ressourcenbedarfen und bringt Hochschulen damit möglicherweise in die Position, dass die Erfüllung ihrer primären Aufgaben in Form von Forschung und Lehre nicht angemessen erreicht werden kann.

In Anbetracht der dargestellten Problematik muss die Bilanzierung des Sonderpostens anhand der Frage nach tatsächlicher Zweckadäquanz für die Hochschulsteuerung überprüft und überdacht werden. Die Publikation einer entsprechenden Abhandlung zur Passivseite der Hochschulbilanz planen die Autoren noch für dieses Jahr.

Referenzen/References:

- [1] z.B. Küpper: „Hochschulrechnung auf der Basis von doppelter Buchführung und HGB?“, Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung, 2000
- [2] Statistisches Bundesamt: „Fachserie 11, Reihe 4.5, Finanzen der Hochschulen“, 2016, S. 5

AUTOREN



Prof. Dr. rer. pol. Anne Najderek
(Inter)nationale Rechnungslegung, Kostenrechnung, Gesamtverantwortliche im Projekt „Bedarfsgerechte Hochschulsteuerung auf Basis eines kaufmänn. Rechnungswesens (HRW)“
anne.najderek@hs-offenburg.de



Philip Jung M. Sc.
Fakultät B+W, wissenschaftl. Assistent und Projektleiter „Bedarfsgerechte Hochschulsteuerung auf Basis eines kaufmännischen Rechnungswesens (HRW)“
philip.jung@hs-offenburg.de

Conclusions

By the examples discussed in the two previous sections, we have tried to demonstrate that laser ultrasonics with guided acoustic waves is a viable tool for material inspection and characterization, which has direct industrial applications, and for the investigation of basic physical phenomena in the fields of wave propagation and materials science. Both aspects are pursued at the HS Offenburg in an international cooperation.

Acknowledgment

The authors would like to thank Drs. I. Bleyl, M. Knapp, M. Mayer and W. Ruile (RF360 Europe GmbH, Munich) for fruitful cooperation. They are grateful to Deutsche Forschungsgemeinschaft for financial support (grant no. MA 1074/11).

Referenzen/References:

- [1] C. B. Scruby and L. E. Drain: "Laser Ultrasonics," Adam Hilger, Bristol (1990)
- [2] P. Hess, A. M. Lomonosov, and A. P. Mayer, "Laser-based linear and nonlinear guided elastic waves at surfaces (2D) and wedges (1D)," *Ultrasonics* Vol. 54, pp. 39 – 55 (2014)
- [3] A. M. Lomonosov, A. P. Mayer, and P. Hess: "Laser-based surface acoustic waves in materials science," in: M. Levi, H. E. Bass, and R. Stern (editors), *Modern Acoustical Techniques for the Measurement of Mechanical Properties*. Academic Press, San Diego, pp. 65 – 134 (2001)
- [4] M. Knapp, A. M. Lomonosov, P. Warkentin, P. M. Jäger, W. Ruile, H.-P. Kirschner, M. Honal, I. Bleyl, A. P. Mayer, and L. M. Reindl: "Accurate characterization of SiO₂ thin films using surface acoustic waves," *IEEE Transactions on UFFC* Vol. 62, pp. 736 – 743 (2015)
- [5] P. D. Pupyrev, A. M. Lomonosov, and A. P. Mayer: "Laser-generated ultrasonic pulse shapes at solid wedges," *Ultrasonics* Vol. 70, pp. 75 – 83 (2016)
- [6] A. M. Lomonosov, P. D. Pupyrev, P. Hess, and A. P. Mayer: "Nonlinear one-dimensional guided wedge waves," *Physical Review B* Vol. 92, 014112 (2015)

AUTOREN	
 <p>Dr. rer. nat. Alexey M. Lomonosov Senior Research Fellow, Prokhorov General Physics Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Mercator Fellow of the Deutsche Forschungsgemeinschaft at HSO lom@kapella.gpi.ru</p>	 <p>Dipl.-Phys. Pavel D. Pupyrev Research Fellow and PhD student at Prokhorov General Physics Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, previously Akademischer Mitarbeiter an der HS Offenburg, Fakultät B+W pavel.pupyrev@hs-offenburg.de</p>
 <p>Prof. Dr. rer. nat. Peter Hess Physikalisch-Chemisches Institut, Universität Heidelberg peter.hess@urz.uni-heidelberg.de</p>	 <p>Dipl.-Ing. Olga Rogall Akademische Mitarbeiterin an der HS Offenburg, Fakultät B+W olga.rogall@hs-offenburg.de</p>
 <p>Dr. (VAK Moskau) Elena A. Mayer Akademische Mitarbeiterin an der HS Offenburg, Fakultät B+W elena.mayer@hs-offenburg.de</p>	 <p>Prof. Dr. rer. nat. habil. Andreas P. Mayer Fakultät B+W Lehrgebiete: Mathematik, Physik, Technische Mechanik, Grundlagen der industriellen Automatisierung andreas.mayer@hs-offenburg.de</p>

INES – INSTITUT FÜR ENERGIESYSTEMTECHNIK

Im Fokus der Forschungsaktivitäten des Instituts für Energiesystemtechnik (INES) steht die Untersuchung und Entwicklung von Systemen zur nachhaltigen Energienutzung. Sieben Professoren/-innen und etwa 20 Mitarbeiter/-innen arbeiten interdisziplinär in verschiedenen Projekten im weitreichenden Feld der Energiesystemtechnik. Forschungs- und Entwicklungsthemen sind Smart Grids, Gebäudeenergie-technik, Batterietechnik, Photovoltaik-technik, Energiewirtschaft und Elektromobilität. Die Gemeinsamkeiten der Projekte liegen bei der Fokussierung auf Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz sowie der Nutzung erneuerbarer Energien.

Im fünften Jahr des Bestehens ist das Institut weiter auf Wachstumskurs: 2017 starten zahlreiche neue Projekte in allen Forschungsbereichen. Im Bereich der Gebäudeenergie-technik untersucht das Projekt MOSAIK (Prof. Dr. Jens Pfafferoth) die Stadtklimamodellierung. Im Bereich der elektrischen Netze wird sich das Projekt C/sells (Prof. Dr. Anke Weidlich, Prof. Dr. Michael Schmidt) überregionalen

Energieverbänden widmen. Das regenerative Energienetz am Campus Nord wird im Projekt ISG plus KWKK (Prof. Elmar Bollin, Prof. Dr. Jens Pfafferoth) weiter ausgebaut. Im Projekt Photopur (Prof. Elmar Bollin) wird die Energieversorgung eines Systems zur Reinigung von Weinberg-Abwässern entwickelt. Die Projekte WAIMEA und Forschungsallianz Oberrhein (Prof. Dr. Daniel Kray) widmen sich der Photovoltaik-Produktionstechnik. Lithium-Ionen-Batterien werden im Rahmen der Projekte SIMET und MERAGEM (Prof. Dr. Wolfgang Bessler) weiterentwickelt.

Mittelgeber für die verschiedenen Projekte sind das Land Baden-Württemberg, der Bund, die EU sowie Stiftungen und Innovationsfonds. Die Erfolge bei den Antragstellungen wurden nicht zuletzt auch durch die Unterstützung der Hochschule Offenburg in Form einer Mittelbaustelle für das Institut möglich.

Institutsleitung

Prof. Dr. rer. nat. habil. Wolfgang Bessler



„INES weiter auf Wachstumskurs – Das Team Januar 2017“



Abb. 4: (links) Speisewasser- und Filtrattank, (rechts) Ultrafiltrationsanlage mit Datenfernübertragung in Belgaum, Indien

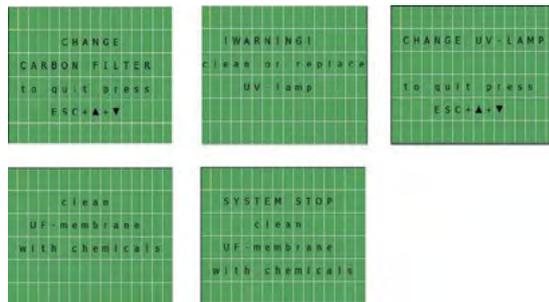


Abb. 2: Ereignisgesteuerte Warnmeldungen und Aufforderung zur Wartung

Um von jedem Standort mit Internetzugang aus auf die Daten der Anlagen in Echtzeit zugreifen zu können, wurde des Weiteren der Modem interne Webserver konfiguriert und angepasst. Die Implementierung der neuen Kommunikations-, Regelungs- und Auswertesysteme erfolgte in mehreren Schritten zuerst in internen Versuchsanlagen und Testständen, einer Testanlage am Standort Kassel, im INES-Labor der Hochschule Offenburg, sowie einer Ultrafiltrationsanlage in Belgaum, Indien. In Abb. 3 ist eine Auswahl an Daten, die den Filtratvolumenstrom aus dieser Anlage über mehrere Wochen zeigt, dargestellt. Vergleichbare Datensammlungen für alle Anlagen, die über einen Fernzugriff verfügen und (teil-)automatisierte Auswertungen sowie die Datenfilterung und Plausibilitätskontrolle der übertragenen Informationen ermöglichen, somit ab sofort eine langfristige methodische Auswertung der Anlagendaten. Die Bedeutung der kontinuierlichen Übertragung von Daten zur Wasserqualität sollte hinsichtlich der Produktsicherheit des Trinkwassers ebenfalls hervorgehoben werden. Im letzten Projektjahr steht nun die methodische Auswertung der gesammelten Daten im Vordergrund. Auf Basis der gewonnenen Kenntnisse aus der Datenanalyse wird eine Betriebsoptimierung der Wasser-aufbereitungsanlagen der SolarSpring GmbH durchgeführt. Für die Ultrafiltration bedeutet das vor allem die Anpassung der Rückspül-

und Reinigungsintervalle an die jeweilige Beschaffenheit des Speisewassers am Betriebsstandort.

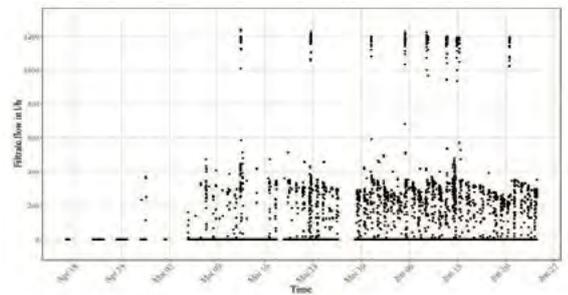


Abb. 3: Vereinfachtes Funktionsschema einer Ultrafiltrationseinheit

In Abb. 4 ist die installierte und mit der Datenfernübertragung ausgestattete Ultrafiltrationsanlage in Belgaum, Indien zu sehen. Über die Wasserversorgung der Anlage wird eine kleine Dorfgemeinschaft mit sauberem Trinkwasser versorgt.



Das Projekt ReSoWas wird durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung innerhalb der Förderleitlinie FHprofUnt (Förderkennzeichen 03FH009PX4) gefördert.

AUTOREN



Rebecca Schwantes M. Sc.
Institut für Energiesystemtechnik INES
Forschungsgruppe Advanced Building Technologies
rebecca.schwantes@hs-offenburg.de

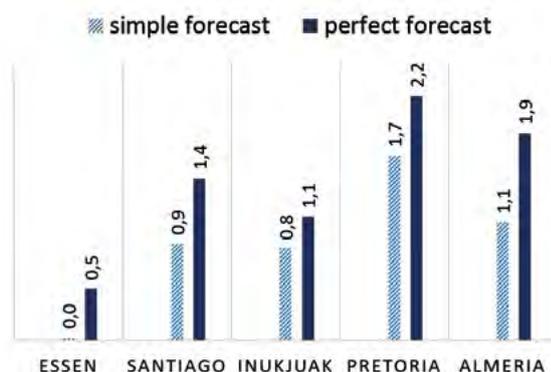


Prof. Dr.-Ing. Jens Pfafferoth
Fakultät M+V
Institut für Energiesystemtechnik INES
jens.pfafferoth@hs-offenburg.de

Bei der perfekten Vorhersage wurde davon ausgegangen, dass jeder Zeitintervall, in dem genug PV zur Abdeckung der Last zur Verfügung steht und das eine gewisse Mindestlänge hat, zuverlässig vorhergesagt werden kann und damit eine Dieselabschaltung möglich macht. Bei den fehlerbehafteten Kurzfristleistungsvorhersagen (hier „einfache Vorhersage“) wurde davon ausgegangen, dass nur völlige Wolkenlosigkeit zuverlässig vorhergesagt werden kann, aber die Vorhersagegüte bei Teilbewölkung nicht mehr ausreicht, um das Risiko eines kompletten Abschaltens des Dieselaggregats zu rechtfertigen. In diesem Fall spielt dann insbesondere der Standort im Hinblick der Anzahl der Jahresstunden mit völligem Clear-Sky eine wichtige Rolle. Auch beim zusätzlichen Einsatz von Speichern unterschiedlicher Größe ergeben sich vergleichbare Zusatznutzen durch den Einsatz von Vorhersagen.

Abb. 1:

Diesel-Einsparungen durch Vorhersagen (Werte in Prozent des Dieselverbrauchs bei vollständiger Lastdeckung durch Diesel und gänzlich ohne PV) bei einem PV/Lastverhalten von 1.5 sowie einer Dieselminalleistung von 15 % der Last für verschiedene Standorte und Vorhersagegüten



Bei der perfekten Vorhersage wurde davon ausgegangen, dass jeder Zeitintervall, in dem genug PV zur Abdeckung der Last zur Verfügung steht und das eine gewisse Mindestlänge hat, zuverlässig vorhergesagt werden kann und damit eine Dieselabschaltung möglich macht. Bei den fehlerbehafteten Kurzfristleistungsvorhersagen (hier „einfache Vorhersage“) wurde davon ausgegangen, dass nur völlige Wolkenlosigkeit zuverlässig vorhergesagt werden kann, aber die Vorhersagegüte bei Teilbewölkung nicht mehr ausreicht, um das Risiko eines kompletten Abschaltens des Dieselaggregats zu rechtfertigen. In diesem Fall spielt dann insbesondere der Standort im Hinblick der Anzahl der Jahresstunden mit völligem Clear-Sky eine wichtige Rolle. Auch beim zusätzlichen Einsatz von Speichern unterschiedlicher Größe ergeben sich vergleichbare Zusatznutzen durch den Einsatz von Vorhersagen.



Abb. 2: Wolkenkamera auf dem Dach der Hochschule Offenburg

AUTOR



Prof. Dr. rer. nat. Michael Schmidt
 Stellv. geschäftsführender Leiter Institut INES,
 wissenschaftl. Leiter Labor Regenerative Energiesysteme,
 Stellv. Leiter Forschungsgr. NET,
 Lehrgebiete: Regenerative Energiesysteme
 schmidt@hs-offenburg.de

Ionen, die damit nicht mehr als positive Ladungsträger in der Zelle zur Verfügung stehen und damit direkt einen Kapazitätsverlust verursachen. Allerdings hat die SEI-Schicht auch die positive Eigenschaft, dass sie selbst inhibierend ist. Das heißt, mit zunehmender Schichtdicke wird die Oberflächenreaktion immer stärker unterbunden und damit eine kontinuierliche komplette Zersetzung des Elektrolyten an der negativen Elektrode verhindert. Zusätzlich bewirkt die Schichtdicke einen höheren Widerstand in der Zelle (siehe Abb. 2). Die Bildung der SEI-Schicht ist die Hauptursache für die kalendarische Alterung einer Lithium-Ionen-Batterie.

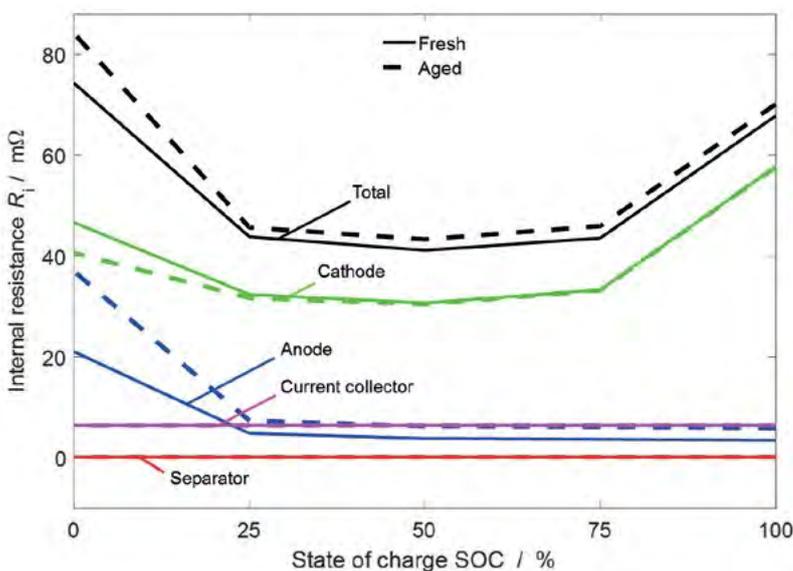


Abb. 2: Simulierter Anstieg des Innenwiderstands als Funktion des Ladezustands (SOC) nach kalendarischer Alterung einer neuen Zelle („fresh“) über 500 Tage („aged“). Die Simulation erlaubt es, die Alterungsursachen unterschiedlichen Zellkomponenten (Anode, Kathode, Separator, Stromableiter) zuzuordnen.

Während der Ladung und Entladung der Batterie kommt es in der Graphit-Anode aufgrund der Ein- und Auslagerung von Lithiumatomen in die Graphitstruktur zu einer Volumenänderung. Diese Volumenänderung verursacht mechanische Spannungen in den SEI-Schichten auf den Graphitpartikeln, die zum Bruch der Schicht führen können. Auf einer durch den Bruch freigelegten Oberfläche kann zunächst wieder ungehindert eine starke Reduktionsreaktion ablaufen, bis eine neu gebildete SEI-Schicht die verstärkte Zersetzung wieder unterbindet. Der Bruch hat damit zu einem erhöhten Kapazitätsverlust geführt. Dieser Alterungsprozess scheint der wichtigste der zyklischen Alterung zu sein.

Zusammenfassend ist hervorzuheben, dass durch die detaillierte Beschreibung der Vorgänge innerhalb der Elektroden sowohl kalendarische als auch zyklische Alterung simuliert werden kann. Das an der Hochschule Offenburg entwickelte skalenergreifende Modell betrachtet dabei sowohl elektrochemische als auch mechanische Mechanismen. Im Ergebnis kann sowohl die Kapazität als auch der Innenwiderstand und damit die Leistung der Zelle vorhergesagt werden. Somit kann das entwickelte Modell das komplexe Alterungsverhalten einer Lithium-Ionen-Batterie in einem vergleichsweise breiten Spektrum von Einsatzszenarien sowohl qualitativ als auch quantitativ abbilden.

AUTOREN



Dipl.-Ing. Christian Kupper
Mitglied am INES, Forschungsgruppe Elektrische Energiespeicherung
Doktorand im Promotionskolleg DENE
christian.kupper@hs-offenburg.de



Prof. Dr. rer. nat. habil. Wolfgang G. Bessler
Geschäftsführender Leiter Institut INES
Leitung Forschungsgruppe Elektrische Energiesystemtechnik
wolfgang.bessler@hs-offenburg.de
www.hs-offenburg.de/bessler

Referenzen/References:

C. Kupper und W. G. Bessler, "Multi-Scale Thermo-Electrochemical Modeling of Performance and Aging of a LiFePO₄/Graphite Lithium-Ion Cell," J. Electrochem. Soc. 164, A304-A320 (2017)
A. A. Franco, M. L. Doublet, and W. G. Bessler, Editors, "Physical multiscale modeling and numerical simulation of electrochemical devices for energy conversion and storage," Springer Verlag, London (2016)

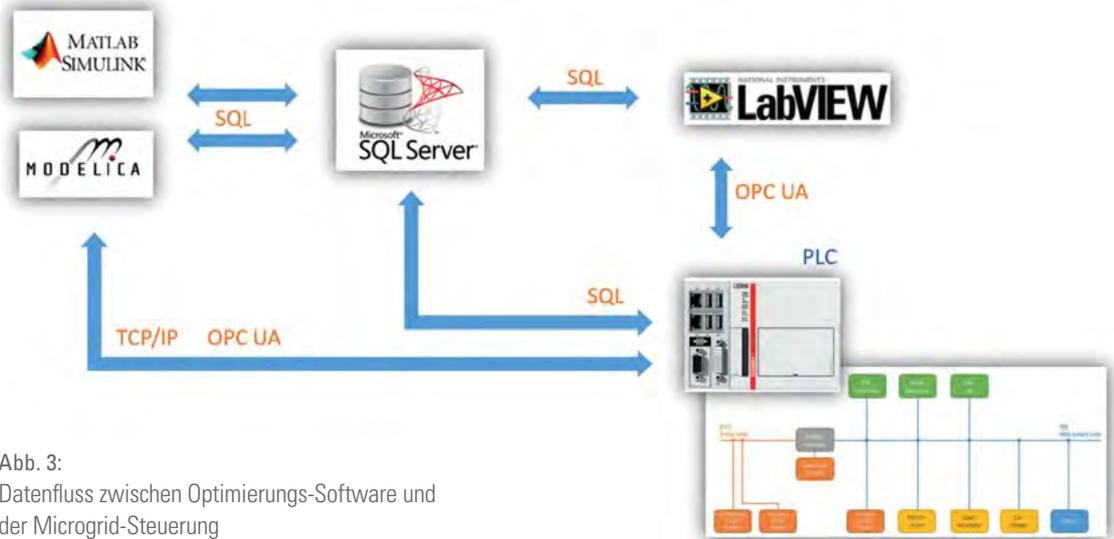


Abb. 3:
Datenfluss zwischen Optimierungs-Software und
der Microgrid-Steuerung

Laufende Forschungsprojekte

Das Forschungsprojekt „Smart Link“ hat zum Ziel, einen netzdienlichen Betrieb des Microgrids zu demonstrieren. In einem ersten Schritt wird dazu ein Batteriespeicher verwendet, um Last- und Einspeisespitzen zu reduzieren. Hierzu läuft in einer Matlab-Umgebung ein MPC-Algorithmus (Model Predictive Control), der in Zeiten des größten Angebots an regenerativer Energie den Batteriespeicher lädt und diesen in Zeiten großen Energiebedarfs im Microgrid wieder entlädt, um den Netzbezug zu reduzieren.

Das Projekt „Kommunaler Energieverbund“ optimiert den Betrieb des Wasserstoffsystems und der Ladestation für das E-Mobil unter ökonomischen Gesichtspunkten in Verbindung mit dem Ziel, den Netzbezug zu minimieren. Wetterprognosen, die Buchungsdaten des Fahrzeugs und das Lastprofil des Gebäudes werden von einem MILP-Optimierer (Mixed Integer Linear Programming) verwendet, um Fahrpläne für die E-Mobil-Ladung sowie den Betrieb von Elektrolyseur und Brennstoffzelle zu erzeugen.

Im Projekt STABIL werden Alterungsprozesse in Li-Ion Batterien sowohl in der Simulation als auch experimentell untersucht. Insbesondere wird das Alterungsverhalten der Zellen unter hochfrequenten Lastflüssen aufgrund von Fahrzeug-Zusatzfunktionen sowie klassischen und neuen Wechselrichtern untersucht. Im Microgrid werden Langzeit-Experimente an verschiedenen Batteriesystemen durchgeführt. Die Erkenntnisse über Ursachen der Batteriealterung werden in die Betriebsoptimierung integriert.

C/sells ist ein großes Verbundprojekt im Rahmen dessen ein zellulär strukturiertes Energiesystem entstehen soll. Energiebereitstellung, -nutzung, -verteilung, -speicherung und weitere Infrastrukturdienstleistungen wer-

den innerhalb der einzelnen Zellen, z. B. Liegenschaften, Quartiere und Städte, nach dem Subsidiaritätsprinzip möglichst weitgehend autonom optimiert. Die Vernetzung der Zellen zu einem Verbund erlaubt darüber hinaus gemeinschaftliches Handeln für eine sichere und robuste Energieinfrastruktur. Das Microgrid am INES ist zur realen Demonstration solcher intelligenter Netzzellen vorgesehen.

Ausblick

Im Technikum des INES im Georg-Dietrich-Gebäude des Campus Nord steht eine KWKK-Anlage (Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung) bestehend aus einem Blockheizkraftwerk, einer reversiblen Wärmepumpe, einer Adsorptionskältemaschine sowie einem Wärme- und einem Kältespeicher. Abnehmer der Wärme und der Kälte ist das Raumklimalabor, bestehend aus Klimakammer und zwei Testräumen. Diese KWKK-Anlage soll in das INES-Microgrid integriert werden. Dadurch ergeben sich erheblich mehr Möglichkeiten für die Betriebsoptimierung des Gesamtsystems.

AUTOREN



Dipl.-Ing. Thomas Feldmann
Institut für Energiesystemtechnik
Forschungsgruppe Nachhaltige
Energietechnik
thomas.feldmann@hs-offenburg.de



Prof. Dipl.-Ing. Elmar Bollin
Geschäftsführender Leiter Institut IAF
Leitung Forschungsgruppe NET
Lehrgebiete: Solarthermie, Nachhaltige
Energietechnik, Gebäudeautomation
bollin@hs-offenburg.de

IUAS – INSTITUTE FOR UNMANNED AERIAL SYSTEMS

Das Institute for Unmanned Aerial Systems wurde vor nunmehr fast sechs Jahren gegründet. Anfänglich standen ausschließlich Problemstellungen und Entwicklungsarbeiten für autonome Helikopter im Vordergrund. Fluggenehmigungen auf der Internationalen Luftfahrtausstellung und Flüge in großen Höhen zeigen die Leistungsfähigkeit der bisherigen Entwicklungsergebnisse.

Bald eröffneten sich weitere Themenbereiche, die in einem technologischen Zusammenhang mit Lösungswegen im UAV-Bereich stehen – wie die Entwicklungsarbeiten in der Kanalsanierung. Hier wurde ein akustisches Verfahren zur Inspektion von Kanalrohren entwickelt, über das bereits in der letztjährigen Ausgabe berichtet wurde. Hieraus ist ein Projekt für ein System für die Kanalnavigation entstanden, das inzwischen abgeschlossen ist. In einem nachfolgenden Projekt werden nunmehr auf akustischem Wege die hydraulischen Eigenschaften von Kanalrohren untersucht. Daraus wird versucht, ein praktikables Verfahren für die hydraulische Bewertung von Abwasserkanälen abzuleiten.

Weitreichende Vorarbeiten in der optischen 3D-Erfassung haben zudem zu einem Entwicklungsprojekt in diesem Bereich geführt. Als Ergebnis wurde ein Prototyp entwickelt.

Problemstellungen in der Inspektion von Beton sind in ein weiteres Entwicklungsprojekt im Bereich Ultrawideband-Radar gemündet. Ein erstes System wurde realisiert und optimiert. Aus diesen Arbeiten haben sich weitere Anwendungsbereiche für bildgebende UWB-Radare ergeben. Hier sind insbesondere ein Projekt für die Erfassung von Hindernissen bei Mähmaschinen, das sich derzeit in der Testphase auf einem Fahrzeug befindet, sowie ein Projekt zur Detektion von Verunreinigungen in Lebensmitteln zu nennen. Insbesondere das Lebensmittelradar stellt sehr hohe Ansprüche an das Radarsystem und die Rekonstruktionsalgorithmen.

Im UAV-Bereich sind das interne Projekt „Jan Mayen“ (Langstrecke mit 10 kg) sowie das vor kurzem gewonnene EU-Projekt „ELCOD“ (Endurance Low Cost Drone mit 25 kg) in Zusammenarbeit mit der INSA/Straßburg zu nennen.

Das Institut hat erfahrene Mitarbeiter und eine breite technologische Basis: Navigation, Flugregelung, Trägerphasen-GPS, HF-Kommunikationssysteme, optische 3D-Erfassung, Ultrawideband-Radar, inverse 3D-Rekonstruktionsalgorithmen, akustische Systeme etc. Zwischenzeitlich hat sich die UWB-Radarseite sehr gut entwickelt, und die Nachfrage nach diversen Entwicklungslösungen hält an. Auch der UAV-Bereich belebt sich derzeit stark. Einerseits, weil das neue Luftfahrtrecht den Erfordernissen von UAVs mehr Rechnung trägt, andererseits, weil unbemannte Flugsysteme zunehmend als ernsthafte konkurrenzfähige Lösungen für technische Problemstellungen gesehen werden.

Die Auftragslage und Auslastung ist daher gut, und es darf gehofft werden, dass sich auf dieser Basis noch einige weitere interessante Entwicklungen ergeben werden.

Natürlich sind Absolventenarbeiten und Projektarbeiten im Institut gern gesehen.

Institutsleitung
Prof. Dr. rer. nat. Werner Schröder



temmatrix ermitteln. Die durch die Verformung veränderten Kräfte und Momente lassen sich nun über das VLM-Programm ermitteln und man kann über diesen Weg die Dämpfung von Biege- und Torsionsschwingungen berechnen.

Leider nimmt dieser Weg eine stationäre Strömung an, tatsächlich ist sie natürlich durch die Strukturschwingung instationär. Glücklicherweise ist es so, dass sich wegen der Ablösewirbel an der Tragflächenhinterkante bei Auftriebsveränderung ein Tiefpassverhalten der aerodynamischen Kräfte und Momente ergibt, sodass die Lösung der stationären Strömung i.a. zu konservativen, d. h. sichereren, Lösung führt.

Normalerweise wird jede Tragfläche oberhalb einer bestimmten Geschwindigkeit durch aeroelastische Schwingungen zerstört, es kommt daher darauf an, dass diese Geschwindigkeitsgrenze deutlich oberhalb der erlaubten Fluggeschwindigkeit liegt. Da der mögliche Schaden bei einem UAV in einem solchen Fall vergleichsweise gering sein wird, kann Aeroelastizität bei nicht zu großen UAVs auch durchaus im Flug untersucht werden.

Eine Ausnahme bildet die aerodynamische Divergenz, die ein eigentlich statisches Phänomen ist. Die meisten Profilformen weisen ein von null verschiedenes Drehmoment in Bezug auf die Torsionsachse der Tragfläche auf, das natürlich zu einer statischen Verwindung der Tragfläche führt. Die Vorzeichen sind meistens so gerichtet, dass diese Verwindung zu einer Verstärkung des Drehmoments führt usw. ... bis die Tragfläche oberhalb einer bestimmten Geschwindigkeit schlagartig abbricht. Wenn man die Torsionsteifigkeit und Drehachse der Tragfläche und das c_{m0} des Profils kennt, ist diese Grenzgeschwindigkeit leicht zu berechnen. Querruderwirkungsumkehr durch Torsion kann bei verwindungsweichen Flügeln ebenfalls zu Problemen führen und ist ggf. zu untersuchen.

Steuerflächen, insbesondere Querruder, können Schwingungen anfachen, wenn ihr Schwerpunkt außerhalb der Drehachse der Aufhängung liegt. Hier lässt sich häufig Abhilfe schaffen, indem durch Zusatzgewichte vor der Drehachse die Steuerflächen so ausbalanciert werden, dass ihr Schwerpunkt in der Drehachse zu liegen kommt. Durch diese Maßnahme wird die Steuerflächenschwingung von der Tragflächenbiegeschwingung abgekoppelt.

Antrieb und Propeller

Natürlich sind normalerweise ein Antrieb, ein Elektro- oder Benzinmotor, sowie ein Propeller erforderlich. Es ist auch Volumen im Rumpf bzw. in den Tragflächen für ggf. Akkumulatoren oder eine Brennstoffzelle bzw. Tanks vorzusehen. Dabei ist natürlich immer die Lage des Schwerpunkts zu beachten, im Falle von Tanks ist auch die Schwerpunktverlagerung durch Fluglageänderungen zu berücksichtigen. Motor, Propeller und Zelle müssen gut aufeinander abgestimmt werden, um optimale Ergebnisse zu erzielen. Das kann zu völlig unterschiedlichen Gesamtauslegungen für einen Elektro- und einen Benzinmotorantrieb führen.

Ausblick

Der beschriebene Entwurfsprozess wurde im Institut für unbemannte Flugsysteme beispielsweise für den Langstreckenflieger „Jan Mayen“ eingesetzt. Vor kurzem wurde das EU-Projekt „ELCOD“ gewonnen, eine Entwicklungszusammenarbeit mit der INSA/Straßburg für ein UAV mit großer Flugdauer. Auch hier wird der Entwurfsprozess in der beschriebenen Weise erfolgen.

Es ist noch zu beachten, dass kleine UAV mit wenigen Metern Spannweite in einem Reynoldszahlbereich betrieben werden, der insbesondere bei guter Oberflächenqualität kritisch in Bezug auf laminare Ablöseblasen ist. Eine gute Profilwahl und ein sorgfältiger Entwurf sind daher erforderlich, um deutliche Leistungseinbrüche durch solche Blasen zu vermeiden. Ein Nurflügelentwurf stellt insgesamt deutlich höhere Ansprüche an die Optimierung des flugdynamischen Verhaltens, hat aber häufig Vorteile in Bezug auf geringsten Flugwiderstand.

AUTOR



Prof. Dr. rer. nat. Werner Schröder
Leiter Institut IUAS
w.schroeder@hs-offenburg.de



Abb. 5:
CAD-Realisierung des Gehäuses für das Labormuster des externen AVT-Stimulators mit Farbdisplay und lediglich drei Bedienelementen

Zusammenfassung

Der wesentliche Nutzen der AVT-Stimulation zur Therapie junctionaler ektopter Tachykardien ist die Wiederherstellung einer sequenziellen Vorhof-Kammer-Kontraktion, die die tachykardiebedingt eingeschränkte Hämodynamik des Herzens durch einen effektiven Beitrag der Vorhöfe verbessert. Dies gelingt derzeit mit einer kompliziert handhabbaren Methode. Bei dieser werden atriale und ventrikuläre Herzdrähte vertauscht an einen konventionellen externen Doppelkammerschrittmacher angeschlossen und müssen spezielle Einstellungen verschiedener Parameter vorgenommen werden. Mit dem entworfenen Labormuster eines speziellen externen AVT-Stimulators für die Behandlung junctionaler ektopter Tachykardien bei Babys soll die Handhabung der AVT-Stimulation vereinfacht werden. Bei seinem Einsatz entfällt nicht nur das vertauschte Anschließen der Herzdrähte. Da der Arzt nur das für den individuellen Fall unter der tachykarden Herzfrequenz günstigste AV-Intervall entweder aufgrund hämodynamischer Messung oder nach seiner Erfahrung vorzuzählen hat, entfällt auch die komplexe Programmierung.

Im Rahmen der in-vitro-Simulationen am InterSim II konnten mit dem entwickelten Labormuster des externen AVT-Stimulators keine adversen Effekte beobachtet werden.

Referenzen/References:

- [1] Schumacher G, Hess J and Bühlmeier K (2008) Klinische Kinderkardiologie - Diagnostik und Therapie der angeborenen Herzfehler. Springer Verlag, Heidelberg
- [2] Entenmann A and Michel M (2016) Strategies for Temporary Cardiac Pacing in Pediatric Patients with Postoperative Junctional Ectopic Tachycardia. Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia 30: 217-221
- [3] Haas N A, Plumpton K, Pohlner P et al. (2004) Postoperative junctional ectopic tachycardia (JET). Zeitschrift für Kardiologie 93: 371-380
- [4] Kovacicova L, Hakacova N, Dobos D, et al. (2009) Amiodarone as a First-Line Therapy for Postoperative Junctional Ectopic Tachycardia. Annals of Thoracic Surgery 88: 616-622
- [5] Janousek J, Vojtovic P and Gebauer R A (2003) Use of a modified, commercially available temporary pacemaker for R wave synchronized atrial pacing in postoperative junctional ectopic tachycardia. Pacing and clinical electrophysiology 26: 579-586
- [6] Till J A and Rowland E (1991) Atrial pacing as an adjunct to the management of post-surgical His bundle tachycardia. British Heart Journal 66: 225-229

AUTOREN

Johannes Hörth M. Sc.

jhoerth@stud.hs-offenburg.de

Dr. med. Andreas Entenmann, Oberarzt am

Dep. für Pädiatrie, Tirol Kliniken, Innsbruck

andreas.entenmann@tirol-kliniken.at

Benjamin Burg B. Sc.

b.burg@osypka.de

Markus Brudsche M. Sc., Akad. Mitarbeiter

markus.brudsche@hs-offenburg.de

Corinna Brenner M. Sc., Akad. Mitarbeiter

corinna.brenner@hs-offenburg.de

Dipl.-Ing. (FH) Tobias Haber, Akad. Mitarbeiter

tobias.haber@hs-offenburg.de

Prof. Dr. med. Juraj Melichercik, Leiter Abtlg.

Elektrophysiologie Herzzentrum Lahr/Baden

juraj.melichercik@mediclin.de



Prof. Dr. rer. nat. habil. Bruno Ismer

Professor an der Hochschule Offenburg

und Leiter des Peter Osypka Institute

for Pacing and Ablation

bruno.ismer@hs-offenburg.de

dieses Verfahrens zeigen sich in einer hohen Erfolgsrate bei gleichzeitig weniger Komplikationen. Außerdem ist sie günstiger als alternative Therapieformen.

Die Hochfrequenzablation wird in der Schmerztherapie hauptsächlich zur Palliation eingesetzt, wenn andere konventionelle Verfahren nicht zum gewünschten Erfolg führen. Die Schmerzlinderung kann dabei auf unterschiedliche Arten erreicht werden. Zum einen kann bei einer Tumorerkrankung die Tumorgöße verringert werden. Dies führt dazu, dass dieser weniger Raum einnimmt und somit keinen Druck mehr auf Nervenbahnen ausübt /5/. Zum anderen können die nervalen Verbindungen, die an der Schmerzweiterleitung beteiligt sind, gezielt unterbrochen werden. Durch die Anwendung bei Trigeminusneuralgien und dem Facettensyndrom kann dadurch die Lebensqualität der Patienten deutlich verbessert werden.

Hierfür kann der in Abbildung 1 abgebildete Hochfrequenzgenerator Neuro N50 der Firma Stockert in Verbindung mit den Thermoläsionskanülen der Firma Radimed (Abbildung 2) eingesetzt werden.

Zusammenfassung

Außerhalb des Herzens wird die Hochfrequenzablation derzeit zur Renalen Denervation, bei der Behandlung von Lungen-, Schilddrüsen- und Leberkarzinomen, des Osteoid-Osteoms und des Barrett-Syndroms, sowie im Rahmen der Schmerztherapie eingesetzt. Sie ist im Gegensatz zu klassischen chirurgischen Resektionen sehr schonend, da das Gewebe zielgenau zerstört werden kann. Des Weiteren ist sie ein relativ preisgünstiges Verfahren mit geringer Behandlungsdauer. Prinzipiell kann sie an allen per Katheter zugänglichen Stellen eingesetzt werden.



Abb. 1:
Neuro N50 Hochfrequenzgenerator (Stockert GmbH, Freiburg)



Abb. 2:
Thermoläsionskanülen zur Schmerztherapie
(Radimed GmbH, Bochum)

AUTOREN



Markus Brudsche M. Sc.
Akad. Mitarbeiter am POI
markus.brudsche@hs-offenburg.de

Corinna Brenner M. Sc., Akad. Mitarbeiter
corinna.brenner@hs-offenburg.de
Dipl.-Ing. (FH) Tobias Haber, Akad. Mitarbeiter
tobias.haber@hs-offenburg.de
Prof. Dr. med. Juraj Melicherik, Leiter Abtlg.
Elektrophysiologie Herzzentrum Lahr/Baden
juraj.melicherik@mediclin.de
Prof. Dr. rer. nat. habil. Bruno Ismer
Hochschule Offenburg, Leiter des Peter
Osypka Institute for Pacing and Ablation
bruno.ismer@hs-offenburg.de

Conclusions

The present work considers recent occluder systems for closure of the left atrial appendage. Studies /4-6/ have shown that the effectiveness of percutaneous atrial appendage closures is not inferior compared to oral anticoagulation, but less secure. However, in the follow-up, current occluder systems show significantly less side effects. Surgery-related complications could be lowered and safety for the patient could be raised by further development of the systems and their implantation technique.

The proven correlation between success rate and the implanter's experience is an decisive argument for the development of special training systems.

Considerable interindividual variations of the left atrial appendage require customized systems, possibly by magnetic resonance imaging and 3D printing technology, to ensure optimal individual fitting and to avoid leaking.

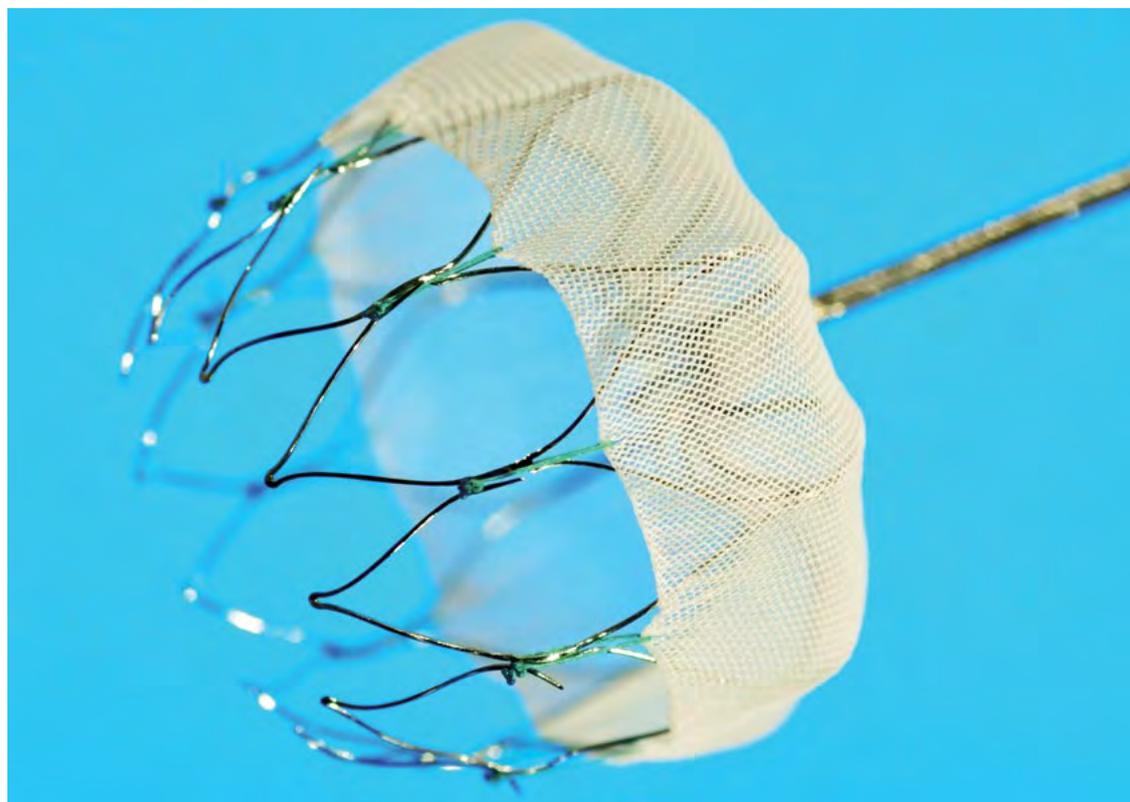


Fig. 5:
Closeup of 27 mm Watchman® occluder, 10 Active fixation anchors around device perimeter engage LAA tissue for stability and retention

AUTOREN



Corinna Brenner M. Sc.
Akad. Mitarbeiterin am POI
corinna.brenner@hs-offenburg.de

Markus Brudsche M. Sc., Akad. Mitarbeiter
markus.brudsche@hs-offenburg.de

Johannes Härtig, Ltd. Oberarzt Schrittmacher-
/Defibrillatortherapie Herzzentrum Lahr/Baden
johannes.haertig@mediclin.de

Prof. Dr. med. Juraj Melichercik, Leiter Abtlg.
Elektrophysiologie Herzzentrum Lahr/Baden
juraj.melichercik@mediclin.de

Prof. Dr. rer. nat. habil. Bruno Ismer
Hochschule Offenburg, Leiter des Peter
Osypka Institute for Pacing and Ablation
bruno.ismer@hs-offenburg.de

NaSiO – INSTITUT FÜR NACHHALTIGE SILIKATFORSCHUNG OFFENBURG

Das Institut NaSiO setzt sich zum Ziel, Silikatwerkstoffe als Baumaterialien aus Wüstensand mit neuen Eigenschaften, die kompatibel mit einer nachhaltigen Energietechnik sind, zu entwickeln.

Am einfachsten beschreibt man Silikatwerkstoffe als polymeren Sand. Der Schlüssel zur vermehrten industriellen Nutzung von (Wüsten-)Sand ist die Geopolymerstruktur. Diese wird aus Wasserglas gebildet, das schon heute kostengünstig aus Sand, Soda und Sonnenenergie (SSS-Ansatz) hergestellt werden kann.

Der Schwerpunkt der Institutsarbeit liegt auf der Erforschung der chemischen Bindungen, die eine Geopolymerstruktur ausmachen. Hierzu werden als analytische Messmethoden die IR-Spektroskopie sowie in Zusammenarbeit mit mehreren universitären Instituten die ^{27}Al -MAS NMR-, ^{29}Si -MAS NMR- und ^{31}P -NM-

RSpektroskopische Messungen an Festkörpern eingesetzt. Auch wird an der verfahrenstechnischen Optimierung aller Prozesse geforscht, die der Bildung geopolymerer Strukturen zugrunde liegen.

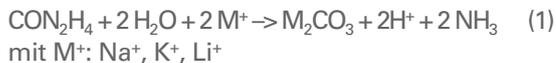
Konkret wird an der Herstellung neuartiger anorganischer Dämmstoffe mit einer Dichte von unter $0,09 \text{ g/cm}^3$, an der Entwicklung von Dämmstoffen im Bereich bis $1.100 \text{ }^\circ\text{C}$, an der Entwicklung eines Ziegelerersatzes aus Wüstensand oder Betonabfällen sowie an der Verkieselung von Holz gearbeitet. Bei allen Forschungs- und Entwicklungsthemen stehen Ressourcenschonung, Umweltverträglichkeit und Langlebigkeit der Produkte im Mittelpunkt.

Institutsleitung

Prof. Dr. rer. nat. Bernd Spangenberg



iumwasserglas eingesetzt wird – Natriumcarbonat (Na_2CO_3) oder Kaliumcarbonat (K_2CO_3). Ein Mol Harnstoff fungiert als Fänger von je zwei Mol Natrium- oder Kalium-Kationen. Das beschreibt folgende Reaktionsgleichung:



Auf diese Art werden pro Mol gebildeten Carbonats zwei Mol Protonen freigesetzt, die zwei SiOH-Gruppen protonieren. Die Polykondensation erfolgt unter Wasserabspaltung aus diesen beiden Gruppen. Durch Reaktionsgleichung (1) lässt sich das Minimum an Harnstoff berechnen, das für eine vollständige Reaktion benötigt wird. Wassergläser werden über ihr molares $\text{SiO}_2/\text{M}_2\text{O}$ -Verhältnis charakterisiert, wobei dieses bei Natronwasserglas in etwa gleich dem Masseverhältnis (s-Wert) ist. Es gilt mit dem s-Wert:

$$s = m^{\text{SiO}_2} / m^{\text{Na}_2\text{O}}$$

$$s_{\text{molar}}^{\text{Na}} = s^{\text{Na}} (62/60), \text{ aber } s_{\text{molar}}^{\text{K}} = s^{\text{K}}(94/60) \text{ und } s_{\text{molar}}^{\text{Li}} = s^{\text{Li}}(30/60)$$

Der Anteil der Alkalioxids wie Na_2O in einem Natronwasserglas berechnet sich aus dem Masseverhältnis zu:

$$m^{\text{Na}_2\text{O}} = (1/s) m^{\text{SiO}_2}$$

Aus dem Feststoffanteil des Wasserglases (der Masse: $m_{\text{ges.}}$), als SiO_2 bestimmt, wird der Gewichtsanteil von Na_2O wie folgt berechnet:

$$m_{\text{ges.}} = m^{\text{Na}_2\text{O}} + m^{\text{SiO}_2} = (1/s) m^{\text{SiO}_2} + m^{\text{SiO}_2} = m^{\text{SiO}_2} (1+s)/s$$

$$= (1+s) m^{\text{Na}_2\text{O}}$$

$$m^{\text{Na}_2\text{O}} = m_{\text{ges.}} / (1+s) \quad (2)$$

Wie viel Harnstoff (Englisch: Urea) wird nun zum Härten einer vorgegebenen Menge an Natronwasserglas mindestens gebraucht? Es werden pro Mol Harnstoff zwei Mol Na^+ gebunden. Damit gilt:

$$n^{\text{Urea}} = n^{\text{Na}_2\text{O}} \quad (3)$$

Über die Molgewichte (MG) mit der Formel $n = m/\text{MG}$ berechnet sich die benötigte Menge an Harnstoff (m^{Urea}) für die Umsetzung mit einem Natronwasserglas aus den Gleichungen (2) und (3) mit den Molgewichten von Harnstoff und Na_2O zu:

$$m^{\text{Urea}} / \text{MG}_{\text{Urea}} = m^{\text{Na}_2\text{O}} / \text{MG}_{\text{Na}_2\text{O}}$$

$$m^{\text{Urea}} = (\text{MG}_{\text{Urea}} / \text{MG}_{\text{Na}_2\text{O}}) * m_{\text{ges.}} / (1+s) = (60/62) * m_{\text{ges.}} / (1+s)$$

$$m^{\text{Urea}} \approx m_{\text{ges.}} / (1+s) \quad (4)$$

Für 40 g reinen Natronwasserglases mit einem

s-Wert von $s = 3$ werden also 10 g Harnstoff zur stöchiometrischen Härtung gebraucht. Bei Wasserglaslösungen muss die Konzentration an reinem Wasserglas noch berücksichtigt werden.

Praktische Durchführung

Die Menge an 320 g wässrigem Wasserglas Na38/40 (36 %) mit einem s-Wert von $s = 3,9$ wird entsprechend Gleichung (4)

$$m^{\text{Urea}} \approx 0,36 * 320 \text{ g} / (1+3,9) = 23,5 \text{ g}$$

mit 23,5 g Harnstoff (in 30 ml Wasser gelöst) gemischt. Die Menge von 1000 bis 1500 g Form- oder Wüstensand (je nach Korngröße) wird in diese Lösung so eingemischt, dass eine knetbare Masse entsteht. Diese Masse wird in eine Bieberschwanzform aus Polypropylen gepresst. Im Anschluss werden die Proben jeweils für vier Stunden auf 140 °C gebracht. Nun läuft eine Verkieselungsreaktion ab. Der Härter bindet die Alkali-Kationen und zwingt die Silikatreste, Protonen aus dem Umgebungswasser aufzunehmen [2]. Die so gebildete Kieselsäure ist instabil und polykondensiert zu polymerem Sand. Das Verfahren wurde getestet an Bausand, weißem und schwarzem Formsand, an Aluminiumoxid, verwittertem Sandstein sowie Wüstensand aus Dubai (Abb. 1). Eine Wasser abweisende Oberfläche der Ziegel erhält man durch die Behandlung mit Alkylsilikaten wie z. B. *Protectosil®*.

Zusammenfassung

Es konnte gezeigt werden, dass aus anorganischen Abfällen stabile Dachziegel hergestellt werden können. Die Reaktion läuft energiesparend bei 140 °C ab. Bedingt durch die niedrige Temperatur beim Härtungsprozess lassen sich Formen aus Polypropylen verwenden. Das Potenzial in der Bauindustrie wird untersucht.

Referenzen/References:
 [1] Ulrich Grober: Urtexte – Carlowitz und die Quellen unseres Nachhaltigkeitsbegriffs. In: Natur und Landschaft. Jahrgang 2013, Heft 2, S. 46
 [2] Poröse massen oder formkörper aus anorganischen polymeren und deren herstellung, Veröffentlichungsnummer des Patentes: WO2014127762 A1 (PCT/DE2014/000076) vom 28. 8. 2014

AUTOR



Prof. Dr. rer. nat. Bernd Spangenberg
 Forschungsgruppe Nachhaltige Silikatforschung, Lehrgebiete Chemie, chemische Analytik, Abfall und Recyclingtechnik, Bionik
 spangenberg@hs-offenburg.de

ivESK – INSTITUT FÜR VERLÄSSLICHE EMBEDDED SYSTEMS UND KOMMUNIKATIONSELEKTRONIK

Das „Internet der Dinge“ durchdringt die industriellen und persönlichen Anwendungen zunehmend. Hierzu zählen beispielsweise Smart-Metering und Smart-Grid, Industrie- und Prozessautomation, Car-to-Car-, bzw. Car-to-X-Kommunikation, Heim- und Gebäudeautomation, Telehealth- und Telecare-Anwendungen. Die drahtgebundene und drahtlose Vernetzung von Embedded Systemen und deren Anbindung als sogenannte cyberphysische Systems (CPS) spielen hierbei eine immer wichtigere Rolle. Da auch immer mehr Systeme funktionskritische Aufgaben autonom übernehmen, gewinnen Zuverlässigkeit und Sicherheit immer mehr an Bedeutung. Entsprechend müssen die Aspekte der Datensicherheit und der Privatsphäre (Privacy) ebenfalls berücksichtigt werden.

Diesen Themen widmet sich das Institut für verlässliche Embedded Systems und Kommunikationselektronik (ivESK) an der Hochschule Offenburg, das im Herbst 2015 von Prof. Dr.-Ing. Axel Sikora und Prof. Dr. rer. nat. Dirk Westhoff gegründet wurde, um die bislang sehr erfolgreichen Forschungs- und Entwick-

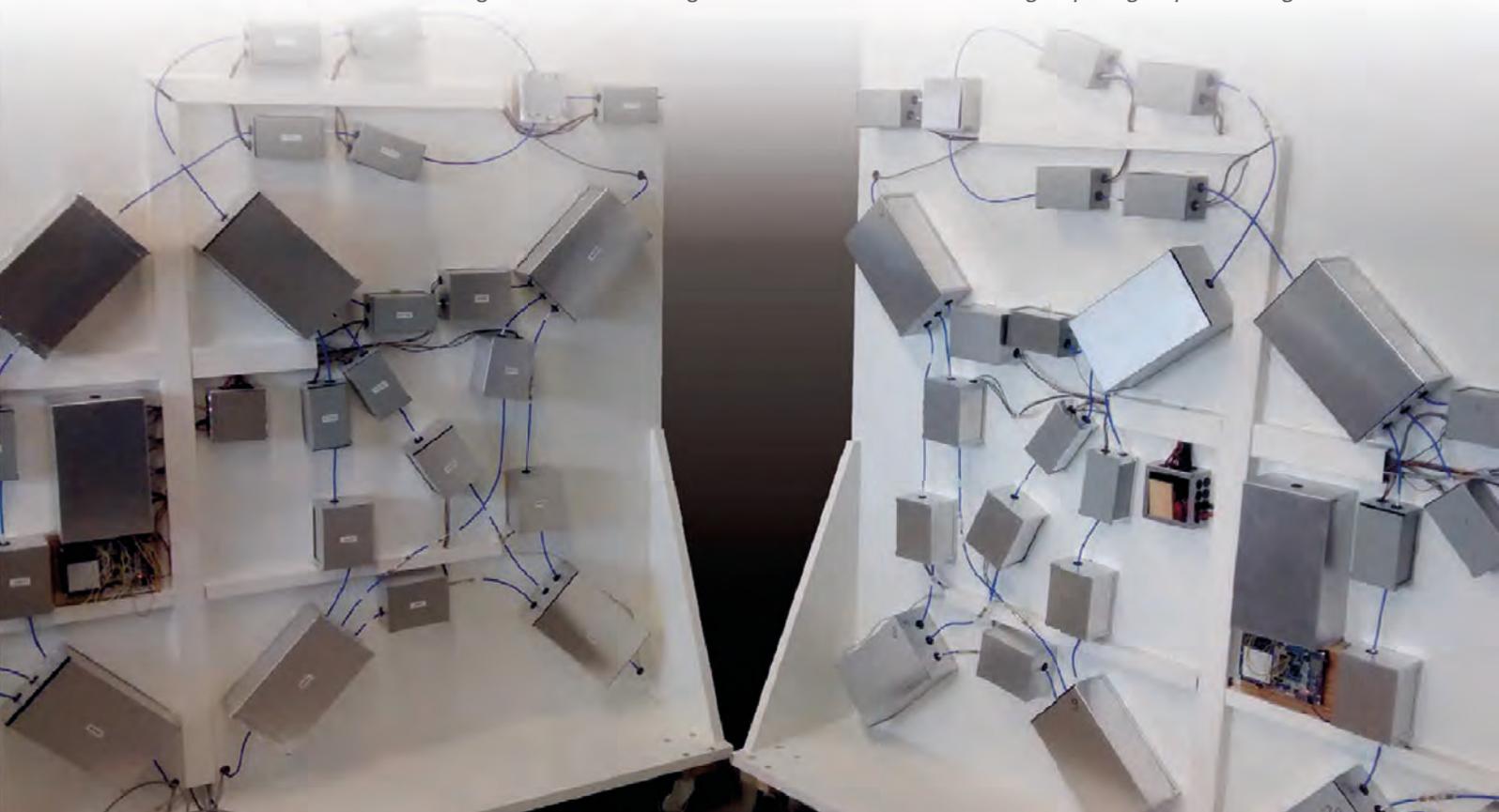
lungsarbeiten in den Laboren der beiden Professoren weiterzuentwickeln und gemeinschaftlich neue Möglichkeiten zu erschließen.

Im Februar 2016 wurde das Institut für sein Automated Physical Testbed (APTB) auch als einer der „100 Orte für Industrie 4.0“ in Baden-Württemberg ausgezeichnet, da dort Unternehmen und Forschungseinrichtungen ihre Kommunikationslösungen für die industrielle Kommunikation automatisiert testen können. Das APTB wurde zudem als Testzentrum im Rahmen der „I4.0 Testumgebungen für KMU - I4KMU“ im Rahmen des BMBF-Programms registriert und konnte hier bereits zwei Projekte im Rahmen dieses Programms gewinnen.

Am Institut arbeiten gegenwärtig 12 Vollzeitmitarbeiter sowie etwa ebenso viele Studierende, wobei aufgrund der positiven Projektlage noch einige Projekt- und Promotionsstellen offen sind. Weitere Kandidaten für Tutorentätigkeiten und Abschlussarbeiten sind gern gesehen.

Institutsleitung

Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Ing. Dipl. Wirt.-Ing. Axel Sikora



Memory Mapped I/O) und deren Kombination mit dem in Hardware integrierten Speicherschutz durch die MMU können Zugriffe der Cells auf Peripheriesysteme durch die integrierten Hardwareschutztechnologien überwacht werden. Ein Vorteil, der zugleich Sicherheit und Zeitersparnis gewährleistet. Darüber hinaus bieten die integrierten Schutztechniken auch die Möglichkeit, externe Interrupts direkt an den jeweils zuständigen Prozess oder hier das Gastsystem (Cell) weiterzuleiten, ohne den Umweg über einen zentralen Prozess wie den Hypervisor nehmen zu müssen. Dabei wird vom in den Prozessor integrierten „Virtual Generic Interrupt Controller“ (vGIC) Gebrauch gemacht, der dieses intelligente Routing ermöglicht. Um die genannten Vorteile ausnutzen zu können, ist Jailhouse darauf angewiesen, dass diese Technologien in der Hardware, d. h. im Prozessor bzw. SoC implementiert sind. Das schließt wiederum einige ältere Prozessortypen von der Verwendung für Jailhouse aus. Aktuelle und zukünftige Modelle von Mehrkernprozessoren und SoCs bieten diese Technologie jedoch verstärkt. Sowohl bei Jailhouse wie auch bei den meisten anderen Virtualisierungssystemen müssen die Gastsysteme an den jeweiligen Hypervisor angepasst werden, um dessen bereitgestellte Schnittstellen nutzen zu können. Es ist dadurch nicht möglich, ein unverändertes Betriebssystem unter dem jeweiligen Hypervisor auszuführen.

Inter-Cell-Kommunikation

Der sehr hohe Schutzgrad von Speicher und Peripherie vor dem Zugriff unberechtigter Prozesse durch die integrierte Hardware ist wiederum eine große Herausforderung, wenn Datenaustausch unter den Gastsystemen explizit gewünscht ist. Im Automatisierungsumfeld kann es sich hierbei z.B. um Mess- und Regelungsdaten handeln. Um diesen Datenfluss zu ermöglichen und auch kontrollieren zu können, wurde in der Grundkonfiguration des Linux-Kernels (Device Tree) der Cell und der Root Cell ein virtuelles Gerät unter Linux erstellt (Abb. 2), das einen gemeinsamen Speicherbereich im RAM verwaltet. Dazu musste auch die Hardware des SoC so konfiguriert werden, dass sie den Zugriff beider Systeme auf diesen Speicherbereich zulässt. Jedes der beiden beteiligten Gastsysteme ist nun über dieses virtuelle Gerät zugriffsberechtigt auf diesen Speicherbereich und es können durch Lese- und Schreibzugriffe Daten ausgetauscht werden. Zur Steuerung des Datenflusses bietet sich die bereits in den Linux-Kernel integrierte Firewall-Funktionalität (netfilter) an. Zu deren Nutzung muss

das erstellte virtuelle Gerät über das IP-Protokoll kommunizieren. Dazu ist es notwendig, das gemeinsame virtuelle Gerät als Netzwerkgerät bzw. Netzwerkschnittstelle zu implementieren und dem Kernel bzw. den Anwendungen in den Gastsystemen zu präsentieren. Auf diesem Weg kann nun auf vorhandene Technologien im Linux-Kernel zurückgegriffen werden, die hinsichtlich Security wohl-erprobt sind.

```

/dts-vi/
/plugin/
/ {
    compatible = "lemaker,bananapi", "allwinner,sun7i-a20";

    fragment {
        target-path = "/soc@1c00000";
        __overlay__ {
            #address-cells = <1>;
            #size-cells = <1>;

            vpcig2000000 {
                compatible = "pci-host-ecam-generic";
                device_type = "pci";
                bus-range = <0 0>;
                #address-cells = <3>;
                #size-cells = <2>;
                #interrupt-cells = <1>;
                interrupt-map-mask = <0 0 0 7>;
                interrupt-map = <0 0 1 6gic 0 01 0>,
                    <0 0 2 6gic 0 02 0>,
                    <0 0 3 6gic 0 03 0>,
                    <0 0 4 6gic 0 04 0>;
                reg = <0x2000000 0x1000000>;
                ranges =
                    <0x2000000 0x00 0x10000000 0x10000000 0x00 0x300000000>
            };
        };
    };
}
    
```

Abb. 2: Device Tree Overlay für ein virtuelles Gerät, das zur Kernellaufzeit dynamisch geladen wird

Ergebnis und Ausblick

Im Ergebnis steht eine Virtualisierungslösung zur Verfügung, die sowohl die Anforderungen zeitkritischer Anwendungen hinsichtlich ihrer Verwendung in Automatisierungssystemen erfüllt als auch sehr hohen Schutz vor unberechtigtem Zugriff auf Daten bietet. Die Entwicklung einer überwachten Kommunikationsmöglichkeit von Gastsystemen untereinander innerhalb des virtualisierten Systems eröffnet die Möglichkeit für viele weitere Verwendungen neben der Automatisierungstechnik. Zukünftige Entwicklungen werden noch mehr CPU-Kerne unterstützen. Auch das Debugging solcher virtualisierter Systeme ist ein wichtiges und interessantes Themenfeld, für das bereits der nächste Projektantrag eingereicht wurde.

Dank

Dank an das BMWi für die Förderung dieses Projekts im Rahmen des Zentralen Innovationsprogramms Mittelstand (ZIM) unter dem Förderkennzeichen KF-2471323KM4 sowie emtrion GmbH, Karlsruhe und SSV Software Systems GmbH, Hannover für die gute, effiziente und zielgerichtete Zusammenarbeit.

AUTOREN



Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Ing. Dipl. Wirt.-Ing. Axel Sikora
Wissenschaftl. Leiter Institut ivESK
axel.sikora@hs-offenburg.de



Dipl.-Ing. (FH) Rico Werner,
Institut für verlässliche Embedded Systems u. Kommunikationselektronik (ivESK),
rico.werner@hs-offenburg.de

Publikationen 2016

Kategorie: wissenschaftlich (peer reviewed)

Autor(en), Titel, Verlag

- Albatici, R., Passerini, F. & J. Pfafferoth (2016):** Energy Performance of Verandas in the Building Retrofit Process. *Energies* 9(5); 12 Normseiten. DOI:10.3390/en9050365
- Belski, I., Livotov, P. & O. Mayer (2016):** Eight Fields of MATCEMIB Help Students to Generate More Ideas. *Procedia CIRP*, Volume 39, (2016), 2212-8271; Published by Elsevier B.V.; pp 85-90. DOI: 10.1016/j.procir.2016.01.170
- Belski, I., Livotov, P. & T. Vaneker (2016):** Structured Innovation with TRIZ in Science and Industry - Creating Value for Customers and Society. *Procedia CIRP*, Volume 39, (2016), 2212-8271; Published by Elsevier B.V.; pp 1-2. DOI: 10.1016/j.procir.2016.01.033
- Betz, J., Westhoff, D. & Müller, G. (2016):** Survey on covert-channels in virtual machines and cloud computing. *Transactions on Emerging Telecommunications Technologies*; S. 1 - 16. DOI: 10.1002/ett.3134
- Bolívar, L. & Weidlich, A. (2016):** Optimal microgrid scheduling with peak load reduction involving an electrolyzer and flexible loads. *Applied Energy* 169; pp 857-865. [http://dx.Doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.02.096](http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.02.096)
- Cocco, G., Pflutschinger, S. & Navarro, M. (2016):** Seek and Decode: Random Access with Physical-Layer Network Coding and Multiuser Detection. *Transactions on Emerging Telecommunications Technologies*; pp 1-13. DOI: 10.1002/ett.3129
- Doherr, D. & Jankowski, A. (2016):** Hypertextuality in the Alexander von Humboldt Digital Library. *Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics*, Vol. 14 No 2; pp 48-53. ISSN: 1690-4524
- Erten, E. & Otte, A. (2016):** Ultrasound computerized tomography in (bio)medical engineering and clinical medicine – a new approach. *Gen Int Med Clin Innov (General Internal Medicine and Clinical Innovations)* 2016; 1(6); pp 1-2. DOI: 10.15761/GIMCI.1000128, published online Nov. 23, 2016
- Fischer, C., Schweizer, C. & Seifert, T. (2016):** A crack opening stress equation for in-phase and out-of-phase thermomechanical fatigue loading. *International Journal of Fatigue* 88; S. 178-184. DOI:10.1016/j.ijfatigue.2016.03.011
- Grübl, D., Bergner, B., Schröder, D., Janek, J. & Bessler, W.G. (2016):** Multi-Step Reaction Mechanisms in Non-Aqueous Lithium-Oxygen Batteries with Redox Mediator: A Model-Based Study. *The Journal of Physical Chemistry C*; pp 24623- 24636. DOI: 10.1021/acs.jpcc.6b07886
- Grübl, D., Janek, J. & Bessler, W.G. (2016):** Electrochemical pressure impedance spectroscopy (EPIS) as diagnostic method for electrochemical cells with gaseous reactants: A model-based analysis. *Journal of the Electrochemical Society*; pp A599-A610. DOI: 10.1149/2.1041603jes
- Haber, T., Kleister, G., Selman, B., Härtig, J., Melichercik, J. & Ismer, B. (2016):** Interactive In-Vitro Training In Physics Of Radiofrequency Ablation For Physicians And Medical Engineering Students. *International Journal of Atrial Fibrillation* (2016) Vol.9: No.1; pp 70-72
- Hall, F., Wussler, S., Buqa, H. & Bessler, W.G. (2016):** On the asymmetry of discharge/charge curves of lithium-ion battery intercalation electrodes. *The Journal of Physical Chemistry C*; pp 23407-23414. DOI: 10.1021/acs.jpcc.6b07949
- Heinke, M., Kühnert, H. & Dannberg, G. (2016):** Intrakardiales und transösophageales elektrisches interventrikuläres Delay Verhältnis bei kardialer Resynchronisationstherapie. *Clinical Research in Cardiology*, 105, Suppl 1, March 2016, V1218; 2 Normseiten. DOI 10.1007/s00392-016-0967-z
- Heinke, M., Kühnert, H. & Dannberg, G. (2016):** Electrical inter-ventricular delay to left ventricular delay ratio in atrial fibrillation cardiac resynchronization therapy responder and non-responder. *Europace* 18, Suppl. 1, June 2016, 19-01, i164; 1 Normseite
- Heinke, M., Kühnert, H., Heinke, T., Tumamos, J. & Dannberg, G. (2016):** Left cardiac atrioventricular delay and inter-ventricular delay in cardiac resynchronization therapy responder and non-responder. *Current Directions in Biomedical Engineering*; 2016; 2(1); pp 247-250. DOI 10.1515/cdbme-2016-0055
- Jahnke, T., Futter, G., Latz, A., Malkow, Papakonstantinou, Tsotridis, Schott, Gérard, Quinaud, Quiroga, Franco, Malek, Calle-Vallejo, Ferreira de Moraes, Kerber, Sautet, Loffreda, Strahl, Serra, Polverino, Pianese, Mayur, M., Bessler, W.G. & Kompis, C. (2016):** Performance and degradation of Proton Exchange Membrane Fuel Cells: State of the art in modeling from atomistic to system scale. *Journal of Power Sources* 304; pp 207-233. DOI.org/10.1016/j.jpowsour.2015.11.041
- Junk, S. (2016):** Implementation of virtual models from sheet metal forming simulation into physical 3D colour models using 3D printing. *Journal of Physics (IOP Publishing): Conference Series*, Volume 734, Part B - General Papers; 4 Norms. [http://dx.Doi.org/10.1088/1742-6596/734/3/032062](http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/734/3/032062)
- Junk, S. & Kuen, C. (2016):** Review of Open Source and Freeware CAD Systems for Use with 3DPrinting. *Procedia CIRP*, Volume 50; S. 430-435. [http://dx.Doi.org/10.1016/j.procir.2016.04.174](http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2016.04.174)
- Klemm, M., Kirchner, T., Gröhl, J., Cheray, D., Nolden, M., Seitel, A., Hoppe, H., Maier-Hein, L. & Franz, A. M. (2016):** MITK-OpenIGTLink for combining open-source toolkits in real-time computerassisted interventions. *Internati Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*; pp 1-11
- Kobalz, M., Lincke, J., Kobalz, K., Erhart, O., Bergmann, J., Lässig, D., Lange, M., Möllmer, J., Gläser, R., Staudt, R. & Krautscheid, H. (2016):** Paddle Wheel Based Triazolyl Iso-phthalate MOFs: Impact of Linker Modification on Crystal Structure and Gas Sorption Properties. *Inorg. Chem.* 55; pp 3030-3039. DOI: 10.1021/acs.inorgchem.5b02921
- Livotov, P. (2016):** Estimation of New-Product Success by Company's Internal Experts in the Early Phases of Innovation Process. *Procedia CIRP*, Volume 39, pp. 1-230 (2016), 2212-8271 © 2016, Published by Elsevier B.V.; pp 150-155. DOI: 10.1016/j.procir.2016.01.181

- Lotz, A. & Spangenberg, B. (2016):** A new and sensitive TLC Method to measure trans-Resveratrol in *Physalis Peruviana*. *Journal of liquid chromatography & related technologies*, 39; pp 308 - 311
- Lueth, S., Sauter, U.S. & Bessler, W.G. (2016):** An agglomerate model of lithium-ion battery cathodes. *Journal of the Electrochemical Society*; pp A210-A222. DOI: 10.1149/2.027408jes
- Metzger, M. & Seifert, T. (2016):** Computational assessment of the microstructure-dependent plasticity of lamellar gray cast iron - Part III: A new yield function derived from microstructure-based models. *International Journal of Solids and Structures* 87; pp 102-109. DOI:10.1016/j.ijsolstr.2016.02.027
- Nuß, U. (2016):** Ein einfacher Zustandsreglerentwurf im Zuge der Erweiterung der Systemstruktur um Reglerintegratoren und Rechenzeiten. *at - Automatisierungstechnik* 64, Heft 1; S. 29 - 40
- Opitz, F. & Treffinger, P. (2016):** Physics-Based Modeling of Electric Operation, Heat Transfer, and Scrap Melting in an AC Electric Arc Furnace. *Metallurgical and Materials Transactions B* 47B (2016-4); pp 1489-1503
- Otte, A. (2016):** Johann Radon. Ein Vorbereiter der Computertomographie. *Radiologe (Der Radiologe)* 2016 Sep; 56(9); S. 817-818. DOI: 10.1007/s00117-016-0099-5
- Otte, A. (2016):** Brain-machine-interfaces – looking back to the future. *Sci Transl Med (Science Translational Medicine)*; 1 Normseite. <http://stm.sciencemag.org/content/8/361/361ra141.eletters>
- Otte, A. (2016):** Neuroendocrine tumors: Peptide receptors radionuclide therapy (PRRT). *Hell J Nucl Med (Hellenic Journal of Nuclear Medicine)* 2016; 19 (2); p 182. doi: 10.1967/s0024499100378
- Otte, A. (2016):** Measurements: Resistance to SI units pervades medicine. *Nature* 2016; 538; p 459. doi: 10.1038/538459e
- Otte, A. (2016):** Forensic hair analysis – abreast of time? *Science*; 1 Normseite. e-letter: <http://science.sciencemag.org/content/351/6278/1134.e-letters>
- Otte, A. (2016):** Regional cerebral blood flow changes in patients with internet addiction. *Hell J Nucl Med (Hellenic Journal of Nuclear Medicine)* 2016; 19 (4); 182; p 290
- Otte, A. (2016):** Wenn der Name zur Einheit wird: Antoine Henri Becquerel [When a name becomes a unit: Antoine Henri Becquerel]. *Radiologe (Der Radiologe)* 2016 Nov 24. [Epub ahead of print]; 2 Normseiten. DOI 10.1007/s00117-016-0192-9
- Otte, A. (2016):** Johann Sebastian Bach's „Goldberg variations“ to treat insomnia from renal lithiasis pain. *Sleep research in Nuclear Medicine. Hell J Nucl Med (Hellenic Journal of Nuclear Medicine)* 2016; 19 (1); pp 13-14
- Otte, A. (2016):** Functional neuroimaging in psychiatry – still a neglected plant? *Am J Biotech Med Res (American Journal of Biotechnology and Medical Research)* 2016; 1(1); pp 26-27. DOI:10.5455/ajbmr.20160622033248
- Otte, A. & Kijewski, H. (2016):** Nicolò Paganinis Haarlocke für Signora Chatterton – morphologische Haaruntersuchungen mittels digitaler Lichtmikroskopie [Nicolò Paganini's hair lock for Signora Chatterton – morphological hair investigations using digital light microscopy]. *Arch Kriminol (Archiv für Kriminologie)* 238 (5+6); S. 153-172
- Otte, A., Turkheimer, F. & Rosenzweig, I. (2016):** All you need is sleep. *EBioMedicine* 2016; 12; pp 2-3. DOI: 10.1016/j.ebiom.2016.10.003
- Pfafferoth, J., Frietsch, M., Himmelsbach, S. & Lang, T. (2016):** Messtechnische Bestimmung von Aufwandszahlen unterschiedlicher Flächentemperiersysteme. *Bauphysik* 38; S. 389-399
- Pupyrev, P.D., Lomonosov, A.M. & Mayer, A.P. (2016):** Laser-generated ultrasonic pulse shapes at solid wedges. *Ultrasonics* 70; pp 75-83
- Pupyrev, P.D., Lomonosov, A.M., Nikodijevic, A. & Mayer, A.P. (2016):** On the existence of guided acoustic waves at rectangular anisotropic edges. *Ultrasonics* 71; pp 278-287
- Rosenfelder, M., Koppe, C., Pfafferoth, J. & Matzarakis, A. (2016):** Effects of ventilation behavior on indoor heat load based on test reference years. *International Journal of Biometeorology*, 60; pp 277-287. DOI 10.1007/s00484-015-1024-8
- Schmelas, M., Feldmann, T., Wellnitz, P. & Bollin, E. (2016):** Adaptive predictive control of thermo-active building systems (TABS) based on a multiple regression algorithm: First practical test. *Energy and Buildings* (129); S. 367-377. DOI: 10.1016/j.enbuild.2016.08.013
- Schuler, N., Heinke, M. & Tumampos, J. (2016):** Transthoracic impedance cardiography measurements with different monitoring devices. *Current Directions in Biomedical Engineering*; 2016; 61 (s65); 1 Normseite. DOI 10.1515/bmt-2016-5005
- Simonato S., Möllmer, J., Lange, M., Gläser, R., Staudt, R. & Feldmann, C. (2016):** Selective Separation of CO₂-CH₄ Mixed Gases via Magnesium Aminoethyl Phosphonate Nanoparticles. *Royal Society of Chemistry Advances Issue 6*; pp 12446-12452
- Takam, P.C., Tumampos, J., Gick, M., Kienzle, R., & Heinke, M. (2016):** Pacemaker and electrocardiography measurements in TAVI. *Current Directions in Biomedical Engineering*; 2016; 61 (s60); 1 Normseite. DOI 10.1515/bmt-2016-5005
- Unterhuber, P., Pflutschinger, S., Sand, S., Soliman, M., Jost, T., Arriola, A., Val, I., Cruces, C., Moreno, J., Pablo García-Nieto, J., Rodríguez, C., Berbineau, M., Echeverría, E. & Baz, I. (2016):** A Survey of Channel Measurements and Models for Current and Future Railway Communication Systems. *Hindawi Mobile Information Systems*; 14 Normseiten [http://dx.Doi.org/10.1155/2016/7308604](http://dx.doi.org/10.1155/2016/7308604)
- Vállez García, D., Doorduyn, J., Willemsen, A.T.M., Dierckx, R.A. J.O. & Otte, A. (2016):** Altered Regional Cerebral Blood Flow in Chronic Whiplash Associated Disorder. *EBioMedicine* 2016; 10; pp 249-257. [http://dx.Doi.org/10.1016/j.ebiom.2016.07.008](http://dx.doi.org/10.1016/j.ebiom.2016.07.008)
- Vallez Garcia, D., Otte, A., Dierckx, R.A.J.O. & Doorduyn, J. (2016):** Three months follow-up of rat mild traumatic brain injury: a combined [18F]FDG and [11C]PK11195 PET study. *Journal of Neurotrauma*, 2016; 33 (20). Epub 2016 Mar 18; pp 1855-1865. DOI: 10.1016/j.ebiom.2016.07.008
- Wesarg, T., Arndt, S., Aschendorff, A., Laszig, R., Beck, R., Jung, L., & Zirn, S. (2016):** Intra- und postoperative elektrophysiologische Diagnostik. *HNO*; S. 1-13. DOI: 10.1007/s00106-016-0195-x
- Wink, K. & Otte, A. (2016):** Serendipities in der Medizin. [Serendipities in medicine]. *MMW Fortschr Med (Münchner Medizinische Wochenschrift und Fortschritte der Medizin)* 2016; 158 (Suppl 5); S. 14-18. DOI: 10.1007/s15006-016-8608-z
- Zim, S., Arndt, S., Aschendorff, A., Laszig, R. & Wesarg, T. (2016):** Perception of Interaural Phase Differences With Envelope and Fine Structure Coding Strategies in Bilateral Cochlear Implant Users. *Trends in Hearing*; 12 Norms. DOI: 10.1177/2331216516665608

Zirn, S., Polterauer, D., Keller, S. & Hemmert, W. (2016): The effect of fluctuating maskers on speech understanding of high-performing cochlear implant users. *International journal of audiology*; pp 295-304. DOI: 10.3109/14992027.2015.1128124

Kategorie: wissenschaftlich

Autor(en), Titel, Verlag

Baldi, M., Bertinelli, M., Chiaraluce, F., Closas, P., Garelo, R., Maturo, N., Navarro, M., Palomo, M.J., Paolini, E., Pflerschinger, S., Silva, P.F., Simone, L. & Vilà-Valls, J. (2016): NEXCODE: Next Generation Uplink Coding Techniques. 7th ESA International Workshop on Tracking, Telemetry and Command Systems for Space Applications (TTC), ESTEC, Noordwijk, 13-16 Sept. 2016.; 8 Normseiten

Bantleon, U., Horn, C. & Schmidt, C. (2016): Interne Revisionsfunktion: Angemessenheit und Wirksamkeit. *Revisions-Praktiker* 12/2016-01/2017; S. 246-251

Bauer, A., Haas, K., Hochberg, U. & Zell, C. (2016): Development and Automatization of a Biogas Test Bench for a Membrane based in-situ Methanation of Hydrogen. *Environmental Best Practices, The Fifth International Conference in Offenburg, 20th-22nd Sept 2016, Abstract Book*; p 41

Baumgärtler, T. & Popovi, T. (2016): Mehr Ertrag, weniger Ressourcenverbrauch. Warum sich Nachhaltigkeitsmanagement auch für kleinere Banken lohnen kann. *Profil - Das bayerische Genossenschaftsblatt*, Heft 08/2016; S. 34

Baumgärtler, T., Popovi, T. & Rivera de Kieler, I.K. (2016): Nachhaltigkeitsmanagement als Chance. *GENOGRAPH, Journal für die Genossenschaften in Baden-Württemberg*, Heft 12/2016; S.14-17

Bollin, E. (2016): Kap 1. Einführung. Kap 3. Energiebereitstellung. Kap 5. Automation. Bollin E. (Hrsg.): *Regenerative Energien im Gebäude nutzen*. Springer Vieweg Verlag, Wiesbaden; S. 1-5, S. 57-96, S.113-134. 2. überarbeitete Auflage ISBN 978-3-658-12404-5 (Buchbeitrag)

Bollin, E. (Hrsg.) (2016): *Regenerative Energien im Gebäude nutzen*. Springer Vieweg Verlag, Wiesbaden; 276 Seiten. 2. überarbeitete Auflage, ISBN 978-3-658-12404-5 (Herausgeberschaft)

Brenner, C., Brudsche, M., Haber T., Jones, W., von Hodenberg, E., Ismer, B. & Haas, N. (2016): Biomedical techniques in the treatment of cardiac atrial septum defects. *Abstract book of the 5th International Conference on Biotechnology and Bioengineering*; pp 28-28

Breyer-Mayländer, T. (2016): *Management 4.0: Den digitalen Wandel erfolgreich meistern - Das Kursbuch für Führungskräfte*. Hanser Verlag München; 408 Seiten. ISBN: 978-3-446-45038-7 (Monografie)

Breyer-Mayländer, T. (2016): *Mensa - ein Erfolgsfaktor für Ganztageschulen außerhalb des Einflussbereichs der Schule*. *Die Ganztageschule* 1/2016, 57. Jahrgang; S. 70-75. ISSN: 0344-2101

Breyer-Mayländer, T. (2016): All business is local . *Markenartikel* 03/2016; S. 100-102. ISSN: 0342-1236

Breyer-Mayländer, T. (2016): *Journalist. Steuerberaterhandbuch*; 40 Seiten. Stollfuß Medien (Monografie)

Breyer-Mayländer, T. (2016): Eltern in Baden-Württemberg bevorzugen Ganzttag - Ergebnisse der Jako-O-Studie. *Die Ganztageschule* 1/2016, 57. Jahrgang; S. 46-48. ISSN: 0344-2101

Breyer-Mayländer, T. (2016): *Erfolgreiche Schulkommunikation braucht Klarheit*. Regenthal/Schütte (Hrsg.): *Öffentlichkeitsarbeit macht Schule*. Oktober 2016; 17 Seiten. Art.Nr. 66452018 (Buchbeitrag)

Brudsche, M., Brenner, C., Haber T., Härtig, J., Melichercik, J., Ismer, B. & Haas, N. (2016): Impact of different radiofrequency ablation catheter tip designs on lesion size. *Abstract book of the 5th International Conference on Biotechnology and Bioengineering*; pp 28-29

Buck, V., Reich, C., von Suchodoletz, D., Münchenberg, J. & Duffner, M. (2016): Dienstübergreifende Governance am Beispiel RZV. von Suchodoletz, D., Schulz, J., Leendertse, J., Hotzel, H., Wimmer, M. (Hrsg.): *Kooperation von Rechenzentren Governance und Steuerung -Organisation, Rechtsgrundlagen, Politik* Berlin: de Gruyter, 2016; S. 269-280. ISBN: 978-3-11-045975-3

Burkhardt, A. & Becker, R. (2016): *Fans st 74 ärken Marken*. *planung & analyse*, Heft 5; S. 48-50

Castro Kohler, M. & Hagen, T. (2016): "IT via ERP": A Novel Approach to Teaching IT Fundamentals to Business Administration students by Means of an Open Source ERP System. *Multikonferenz Wirtschaftsinformatik (MKWI) 2016 Research-in-Progress- und Poster-Beiträge Technische Universität Ilmenau* 09. - 11. März 2016; 7 Normseiten. http://www.mkwi2016.de/download/MKWI2016_Research-in-Progress-Poster-Band.pdf

Curran, J.T., Navarro, M., Anghileri, M., Closas, P. & Pflerschinger, S. (2016): Coding Aspects of Secure GNSS Receivers. *Proceed. of the IEEE*; pp 1271-1287. DOI: 10.1109/JPROC.2016.2530317

Curtapean, D. & Neculae, A. (2016): *The Micro- and Nanoinvestigation and Control of Physical Processes Using Optical Fiber Sensors and Numerical Simulations: a Mathematical Approach*

Meyrueis, P., Sakoda, K. & Van de Voorde, M. (eds.): *Micro- and Nanophotonic Technologies*; 27 Seiten. ISBN: 978-3-527-34037-8 (Buchbeitrag)

Curtapean, D., Vauderwange, O., Wozniak, P. & Mandal, A. (2016): *The International Year of Light 2015 and its impact on educational activities*. *Proceed. SPIE 9946, Optics Education and Outreach IV, 994608* (September 27, 2016); ; 9 Normseiten. DOI:10.1117/12.2237954

Daryusi, A. (2016): FEM-Spannungsanalyse an schräggebohrtem Wellenabsatz. 7. VDI-Fachtagung für Welle-Nabe-Verbindungen in Karlsruhe, 9. und 10. November 2016, VDI-Berichte 2287, VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf 2016; S. 235-239. ISBN 978-3-18-092287-4

Daryusi, A. (2016): FEM-Untersuchungen zur optimierten Gestaltung von Profilwellen mit freiem Verzahnungsauslauf. 7. VDI-Fachtagung für Welle-Nabe-Verbindungen in Karlsruhe, 09. - 10. Nov. 2016, VDI-Berichte 2287, VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf 2016; S. 129-138. ISBN 978-3-18-092287-4

Daryusi, A. (2016): FEM-Berechnung der Stützwirkung an Durchdringungskerben. 14. Gemeinsames Kolloquium Konstruktionstechnik, KT2016, 6. - 7. Oktober, 2016 in Rostock, Shaker Verlag Aachen; S. 310-319. ISBN 978-3-8440-4732-5

Daryusi, A. & Köhler, G. (2016): Empirische Untersuchungen zum visuellen Wahrnehmen beim Lesen und Verstehen technischer Zeichnungen. 14. Gemeinsames Kolloquium Konstruktionstechnik, KT2016, 06. – 07. Okt. 2016 in Rostock, Shaker Verlag Aachen; S. 47-58. ISBN 978-3-8440-4732-5

Daryusi, A., Köhler, G. & Daryousi, Y. (2016): Eye-Tracking-Analyse des Betrachtungsverhaltens beim Lesen Technischer Darstellungen. 11. Ingenieurpädagogische Regionaltagung, Technische Bildung im Spannungsfeld zwischen beruflicher und akademischer Bildung. 23.-25. Juni 2016, TU Hamburg; S. 122-131

Decker, E. (2016): Mathe-App. Beitrag zur Arbeitsgruppe Innovative Veranstaltungsformen. . Dürr, R., Dürrschnabel, K., Loose, F., Wurth, R. (Hrsg.) Mathematik zwischen Schule und Hochschule. Fachtagung, Esslingen 2015. Wiesbaden: Springer Spektrum.; S. 145-147. ISBN 978-3-658-08942-9

Decker, E. (2016): Testerfahrten mit Studienanfängern und Schülern. Bericht zum Forum 2. Online-Test zur Selbstdiagnose auf Basis des Mindestanforderungskatalogs. Dürr, R., Dürrschnabel, K., Loose, F., Wurth, R. (Hrsg.) Mathematik zwischen Schule und Hochschule. Fachtagung, Esslingen 2015. Wiesbaden: Springer Spektrum.; S. 152-155. ISBN 978-3-658-08942-9

Decker, E. & Meier, B. (2016): Schulprojekte zum Einsatz einer Mathe-App als Vorbereitung auf ein MINT-Studium. G. Pinkernell, M. Vogel (Hrsg.): Beiträge zum Mathematikunterricht 2016. Vorträge auf der 50. Tagung für Didaktik der Mathematik vom 07.03.2016 bis 11.03.2016 in Heidelberg, Band 1, Münster: WTM-Verlag, 2016; S. 221-224. [http://dx.Doi.org/10.17877/DE290R-17740](http://dx.doi.org/10.17877/DE290R-17740)

Dierckx, R.A.J.O., Otte, A., de Vries, E.F.J., van Waarde, A. & J.A. den Boer (Hrsg.) (2016): PET and SPECT in Psychiatry. Springer Heidelberg, New York, Dordrecht, London; 849 Seiten. Softcover reprint of the original 1st ed. 2014 (August 2016) ISBN 978-3-662-50988-3 (Herausgeberschaft)

Dierckx, R.A.J.O., Otte, A., de Vries, E.F.J., van Waarde, A. & K.L. Leenders (Hrsg.) (2016): PET and SPECT in Neurology. Springer Heidelberg, New York, Dordrecht, London; 1112 Seiten. Softcover reprint of the original 1st ed. 2014 (September 2016) ISBN 978-3-662-52323-0 (Herausgeberschaft)

Dierckx, R.A.J.O., Otte, A., de Vries, E.F.J., van Waarde, A. & P.G.M. Luiten (Hrsg.) (2016): PET and SPECT of Neurobiological Systems. Springer Heidelberg, New York, Dordrecht, London; 818 S. Softcover reprint of the original 1st ed. 2014 (Sep. 2016) ISBN 978-3-662-52221-9 (Herausgeberschaft)

Dongol, D., Bollin, E. & Feldmann, T. (2016): Battery Management Based on Predictive Control and Demand-Side Management: Smart Integration of Renewable. Smart Grid as a Solution for Renewable and Efficient Energy (2016); pp 149-180. ISBN13: 9781522500728 | ISBN10: 1522500723 | ISBN13: 9781522500735 | DOI: 10.4018/978-1-5225-0072-8.ch007 (Buchbeitrag)

Drechsler, D. (2016): Korruption = Black Box?, Ein Fallstudienansatz zur Annäherung an ein komplexes Thema. Risk, Fraud und Compliance; Ausgabe 01/2016; ESV; S. 8-15. ISSN 1867-8386; URL: <http://www.COMPLIANCEdigital.de/ZRFC.01.2016.008>

Drechsler, D. (2016): Strategisches Krisenmanagement, Ökonomische Krisenresistenz durch risikobasiertes Kapitalkostenmanagement (Teil A). Krisen-, Sanierungs- und Insolvenzberatung; Ausgabe 04/2016; ESV; S. 153-159. ISSN 1868-7784; URL: <http://www.KSIdigital.de/KSI.04.2016.153>

Drechsler, D. (2016): Strategisches Krisenmanagement, Ökonomische Krisenresistenz durch risikobasiertes Kapitalkostenmanagement (Teil B). Krisen-, Sanierungs- und Insolvenzberatung; Ausgabe 05/2016; ESV; S. 211-217. ISSN 1868-7784; URL: <https://www.ksidigital.de/KSI.05.2016.211>

Erens, O. & A. Otte (Hrsg.) (2016): Geschichte(n) der Medizin, Band 3. Gentner, Stuttgart; 208 Seiten. ISBN 978-3-87247-773-6 (Herausgeberschaft)

Erens, O. & A. Otte (Hrsg.) (2016): Geschichte(n) der Medizin, Band 1–3 (Sammelband/Bundle). Gentner, Stuttgart; 544 Seiten [160 (Bd. 1), 176 (Bd. 2), 208 (Bd. 3)]. ISBN 978-3-87247-775-0 (Herausgeberschaft)

Ernst, S. (2016): Widerrufsrechte beim Anwalt?. Mit kollegialen Grüßen - Der kostenlose Infodienst für junge Juristen (MkG) 5/2016; S. 9-10

Ernst, S. (2016): Urteilsanmerkung BGH „97 Geo-Targeting“. GRUR-Prax 2016; S. 454

Ernst, S. (2016): Kommentierung der §§ 1-4. B.P. Paal/ D. Pauly (Hg.), Datenschutz-Grundverordnung, C.H. Beck Verlag; S. 10-64. ISBN 978-3-406-69570-4 (Buchbeitrag)

Ernst, S. (2016): Urteilsanmerkung OLG Jena „Musik bei Parteiveranstaltung“. jurisPR-WettbR 2/2016, Anm. 4; 1 Norms.

Ernst, S. (2016): Urteilsanmerkung LG Ravensburg „Bekömmliches Bier“. jurisPR-WettbR 3/2016, Anm. 3; 1 Norms.

Ernst, S. (2016): Urteilsanmerkung LG Karlsruhe „Widerruf beim In-Game-Kauf“. CR 2016; S. 605

Ernst, S. (2016): Urteilsanmerkung BGH „Mehrwertnummer im Impressum“. jurisPR-ITR 16/2016, Anm. 3; 1 Normseite

Ernst, S. (2016): Urteilsanmerkung BGH „Landgut A. Borsig“. GRUR-Prax 2016; S. 294

Ernst, S. (2016): Urteilsanmerkung BGH „Haftung für Hyperlink“. LMK 3/2016; S. 376394

Ernst, S. (2016): Softwareverträge. Ulmer/Brandner/Hensen (Hrsg.), AGB-Recht Kommentar, Verlag Dr. Otto Schmidt, 12. Aufl.; S. 1805-1831. ISBN 978-3-504-45111-0 (Buchbeitrag)

Ernst, S. (2016): Kundendaten und der „Asset-Deal“ – Ein Datenschutzproblem. Datenschutz und Datensicherheit (DuD); S. 792-796

Ernst, S. (2016): Kommentierung der §§ 1, 2, 11, 16-20, Anh. § 3 Abs. 3 Nr. 14. E. Ullmann (Hg.), juris-Praxiskommentar UWG - Gesetz gegen den unlauteren Wettbewerb, 4. Aufl.; S. 32-48, 91-92, 1008-1017; 1122-1148, insgesamt 55 Druckseiten (plus Online-Aktualisierungen). ISBN 978-3-86330-144-6 (Buchbeitrag)

Ernst, S. (2016): Die „öffentliche“ Wiedergabe in Arztpraxen, Altersheimen, Sportstudios u.ä. – Eine urheberrechtliche Bestandsaufnahme nach der jüngeren Rechtsprechung des EuGH. Monatsschrift für Deutsches Recht (MDR); S. 1177-1181

Ernst, S. (2016): Bildnisverwertungsklauseln. Ulmer/Brandner/Hensen (Hrsg.), AGB-Recht Kommentar, Verlag Dr. Otto Schmidt, 12. Aufl.; S. 1480-1494. ISBN 978-3-504-45111-0 (Buchbeitrag)

- Ernst, S. (2016):** Urheberrechtsverträge, Verlagsverträge. Ulmer/Brandner/Hensen (Hg.), AGBRecht Kommentar, Verlag Dr. Otto Schmidt, 12. Aufl.; S. 1851-1864. ISBN 978-3-504-45111-0 (Buchbeitrag)
- Ernst, S. (2016):** Schweigepflichtentbindungsklauseln im Gesundheitswesen. Ulmer/Brandner/Hensen (Hrsg.), AGB-Recht Kommentar, Verlag Dr. Otto Schmidt, 12. Aufl.; S. 1782-1785. ISBN 978-3-504-45111-0 (Buchbeitrag)
- Erten, E. & A. Otte (2016):** Das Multitalent Ibn Sina (Avicenna). – Nicht nur einer der größten Ärzte des Mittelalters. Erens O, Otte A (Hrsg.) Geschichte(n) der Medizin, Band 3, Gentner-Verlag Stuttgart; S. 28-34. ISBN 978-3-87247-773-6 (Buchbeitrag)
- Fetzner, D. & Dornberg, M. (2016):** Partizipatives Parasitieren. AugenBlick [65/66] Konstanzer Hefte zur Medienwissenschaft; S. 40-56. ISBN 978-3-89472-964-6
- Franko, A.A., Doublet, M.L., & Bessler, W.G. (2016):** Physical multiscale modeling and numerical simulation of electrochemical devices for energy conversion and storage. Springer; 235 S.. ISBN: 9781447156765 (Monografie)
- Funk, M., Kosch, T., Kettner, R., Korn, O. & Schmidt, A. (2016):** motionEAP: An Overview of 4 Years of Combining Industrial Assembly with Augmented Reality for Industry 4.0. Proceed. of the 16th international conference on knowledge technologies and data-driven business; 4 Normseiten
- Graf, A. & Zerres, C. (2016):** Instagram als Social Media Marketingkanal. C. Zerres (Hg.): Schriftenreihe „Arbeitspapiere für Marketing und Management“, Nr. 9, August 2016, Offenburg ; S. 25. ISSN: 2510 - 4799
- Graumann, M. & Grundei, J. (2016):** Lohnt sich eine Hierarchieabflachung? Wie der Aufsichtsrat die Entscheidung des Vorstands überprüfen kann.. Board – Zeitschrift für Aufsichtsräte in Deutschland, 4; S. 161-164. ISSN 2192-211X
- Graumann, M., Burkhardt, A. & Venohr, D. (2016):** So unterstützen Maßnahmen zur Arbeitszufriedenheit die Kundenzufriedenheit.. Personal Quarterly; S. 26-31
- Haber, T., Brudsche, M., Brenner, C., Härtig, J., Melichercik, J. & Ismer, B. (2016):** Training system for cardiac remote monitoring . Abstract book of the 5th International Conference on Biotechnology and Bioengineering; pp 17-18
- Häder, D. (2016):** Der Zwang zur Neupositionierung von Unternehmen durch technische Innovationen: Voraussetzungen für einen nachhaltigen Erfolg. Zerres, C. (Hrsg.): Hamburger Schriften zur Marketingforschung, Rainer Hampp Verlag, München und Mering, Band 98; 236 S. ISBN 978-3-95710-065-8 (print) (Herausgeberschaft)
- Häder, D. & Zerres, C. (2016):** Digitalisierung im deutschen Funkfachhandel - Empfehlungen zu den Möglichkeiten eines Change Management auf der Grundlage einer aktuellen empirischen Analyse. IfM Bonn, Working Paper 05/16, Bonn; 36 Seiten. ISSN: 2193-1860 (Print); 2193-1879 (Internet)
- Hagen, T. & Freyburger, K. (2016):** Neue Technologien als integraler Bestandteil eines Business Intelligence Curriculums am Beispiel von SAP BW on HANA. Nissen, V., Stelzer, D., Straßburger, S. & Fischer, D. (Hrsg.): Multikonferenz Wirtschaftsinformatik (MKWI) TU Ilmenau 09. - 11. März 2016 ; S. 741-750. ISBN 978-3-86360-132-4
- Hiltmann, K., Thurnes, C., Adunka, R., Mayer, O., Koltze, K., Livotov, P. & Mueller, W. (2016):** VDI Standard 4521: Status.. Journal of the European TRIZ Association - INNOVATOR, ISSN 1866-4180, 01/2016 (02); pp 49-52
- Höll, J. & Bollin, E. (2016):** Reviewing the Load Shift Potential of Thermally Activated Building Systems Applying Model Predictive Control . 2015 International Conference on Smart Grid and Clean Energy Technologies (ICSGCE), Offenburg, 2015; pp 12-17. DOI: 10.1109/ICSGCE.2015.7454262
- Hoppe, H., Seebacher, F. & Klemm, M. (2016):** Nicht modellbasierte Kalibrierung von Kameras mit Monitoren. T. Tolxdorff, T. M. Deserno, H. Handels, H.-P. Meinzer (Hrsg.): Bildverarbeitung für die Medizin 2016, Proceed., 13. bis 15. März 2016, Berlin; S. 50-55
- Humpert, D., Milz, B., Lotz, A. & Spangenberg, B. (2016):** Thin-Layer Chromatographic Separation and In Situ Chemiluminescence of Phenolic Compounds. Journal of Planar Chromatography 29 ; pp 318 - 322
- Ipsen, D., Reichhardt, U. & H.U. Werner (Hrsg.) (2016):** Klang Orte(n) Zeit Raum. Landschaften und Medien des Hörens.. Massenmedien und Kommunikation (MuK) 197/198, universi Verlag Siegen; 182 Seiten. ISSN 07213271 (Herausgeberschaft)
- Jose, J.M., Sikora, A., Schappacher, M. & Phuong, N.M. (2016):** Integration and Analysis of an Extended IEEE 802.15.4 Modules with SmartMAC and Wake-on-Radio Functions into the Network Simulator NS3. Proceed. 3rd IEEE IDAACS Symposium on Wireless Systems within the IEEE International Conferences (IEEE IDAACS-SWS 2016), 26-27 Sept. 2016, Offenburg; pp 19-23
- Junk, S. (2016):** Virtuelle Modell „begreifbar“ Machen - Darstellung von Simulationsergebnismittels 3D-Farbdruck. Hirt, G. (Hrsg.): 31. Aachener Stahlkolloquium - Umformtechnik: „Ideen Form geben“, Verlagshaus Mainz, Aachen; S. 327-334. ISBN: 978-3-95886-082-7
- Junk, S. (2016):** Onshape - kurz und bündig. Springer Verlag, Wiesbaden; 174 Seiten. ISBN 978-3-658-15379-3 (Monografie)
- Junk, S. & Kaufmann, C. (2016):** Einsatz von Additive Manufacturing zur Darstellung von Simulationsergebnissen in der Blechumformung. Europäische Forschungsgesellschaft für Blechverarbeitung (Hg.) Prozesstechnik in der Blechverarbeitung - Interaktion Maschine | Werkzeug Tagungsband TB-042 des EFB-Kolloquiums Blechverarbeitung, 12. + 13. April 2016, Fellbach ; S. 273 - 280
- Junk, S. & Matt, R. (2016):** Proceedings of Fraunhofer Direct Digital Manufacturing Conference DDMC. Müller, B. (Hrsg.), Fraunhofer Direct Digital Manufacturing Conference DDMC 2016 Conference Proceed., Fraunhofer Additive Manufacturing Alliance 2016, Fraunhofer Verlag; 4 Normseiten. ISBN 978-3-8396-1001-5
- Junk, S. & Schrock, S. (2016):** New developments in design education for additive manufacturing. Bohemia E., Buck, L., Eriksen, K., Kovacevic, A., Ovesen, N. & Tollestrup, C. (Eds): Proceed. 18th Intern. Conf. on Engineering and Product Design Education (E&PDE16), Design Education:Collaboration and Cross-Disciplinarity, Aalborg, Denmark, 8-9 Sept 20; S. 290-295

Junk, S. & Schröder, W. (2016): Application of Sustainable Design in Additive Manufacturing of an Unmanned Aerial Vehicle. Setchi R., Howlett R., Liu Y., Theobald P. (eds) Sustainable Design and Manufacturing 2016. Smart Innovation, Systems and Technologies, vol 52. Springer, Cham; S. 375-385. ISBN 978-3-319-32096-0 (Buchbeitrag)

Kehret, O., Schappacher, M. & Sikora, A. (2016): A Network Emulation Testbed for Complex Topologies of Wired M-Bus According to EN13757. Journal of Communications, Vol. 11, No. 9, Sep. 2016; pp 819 - 826

Klasen, A. (2016): Applying the „Strategic Ecosystem“: Trade Promotion and Economic Development in Africa. Africa Policy Review 2016/17; pp 46-49. 978-0-9934027-1-5

Klasen, A. & Krummacker, S. (2016): Demand for export credit and political risk insurance. Berne Union Yearbook 2016; pp 105-107

Klemm, M., Seebacher, F. & Hoppe, H. (2016): Flexible Three-dimensional Camera-based Reconstruction and Calibration of Tracked Instruments. 19th International Conference on Information Fusion (FUSION), Proceed., 5. bis 8. Juli 2016, ; pp 861-867

Klemm, M., Seebacher, F. & Hoppe, H. (2016): Non-parametric Camera-Based Calibration of Optical See-Through Glasses for AR Applications. 2016 International Conference on Cyberworlds (CW), Proceed., 28. - 30. September, Chongqing; pp 33-40

Korn, O. & Dix, A. (2016): Educational Playgrounds. How Context-Aware Systems Enable Playful Coached Learning. interactions, Jan.-Feb., Vol. XXIV.1 ; pp 54-57. DOI = 10.1145/3012951

Korn, O., Lang, J., Korge, A., Causegic, H. & Schmidt, A. (2016): Gamification of a Workday. A Study on the Effects in Sheltered Employment. CHI '16 Extended Abstracts of the ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems; pp 3114–3121. DOI = 10.1145/2851581.2892283

Korn, O., Muschick, P. & Schmidt, A. (2016): Gamification of Production? A Study on the Acceptance of Gamified Work Processes in the Automotive Industry. Advances in Affective and Pleasurable Design. Proceed. of the AHFE 2016 International Conference; pp 433-445. DOI = 10.1007/978-3-319-41661-8_42

Korn, O., Tso, L., Papagrigoriou, C., Sowoidnich, Y., Konrad, R. & Schmidt, A. (2016): Computerized Assessment of the Skills of Impaired and Elderly Workers. A Tool Survey and Comparative Study. ACM PETRA '16 Proceed. of the 9th Intern. Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments; pp 50:1–50:8. DOI = 10.1145/2910674.2910675

Künzel, T. & Weidlich, A. (2016): Methodik zur Quantifizierung der Grenzkosten flexibler Systemkomponenten in Zeiten steigender volatiler Einspeisung aus Erneuerbaren Energien. 3. Konferenz Zukünftige Stromnetze für Erneuerbare Energien; S. 110-114

Lankau, R. (2016): Ihr bekommt unsere Kinder nicht!. lunapark_21, Zeitschrift zur Kritik der globalen Ökonomie, Heft 35; 14 Normseiten. ISSN 1866-3788

Lankau, R. (2016): Machen Algorithmen automatisch klug?. Akademie, Zeitschrift für Führungskräfte in Verwaltung und Wirtschaft; S. 41-44. ISSN: 0944 582 X

Lankau, R. (2016): Die Verdinglichung des Menschen: Mit Gesundheitskarte, Selftracking und EHealth zum homo digitalis. umwelt - medizin - gesellschaft, Heft 3/2016; S. 29-34.

Lankau, R. (2016): Der Kaiser ist ja nackt . Landtag Düsseldorf. 94. Sitzung am 4. Mai 2016 ; S. 10-11, S. 41-44. Anhörung der Sachverständigen zum Antrag der Fraktion der FDP „Digitale Bildung und Medienkompetenz in den Schulen stärken“

Lankau, R. (2016): Digitalisierung und schulische Bildung.. Anhörung durch die Enquetekommission „Kein Kind zurücklassen – Rahmenbedingungen, Chancen und Zukunft schulischer Bildung in Hessen“; 37 S. + 14 S. Ergänzung. Anhörung durch die Enquetekommission Hessen

Lankau, R. (2016): Trojaner aus Berlin: Der „Digitalpakt#D“. Gesellschaft für Bildung und Wissen e.V. (bildung-wissen.eu); 4 Norms. Online-Petition

Lankau, R. (2016): Wenn Algorithmen und Apps zum Fetisch werden. Burchardt, M., Kahlert, J., Zierer, K. (Hrsg.): Die pädagogische Mitte – für den Entzauberung der empirischen Bildungsforschung und eine Entideologisierung der Pädagogik; S. 203-214. ISBN 978-3-7815-2101-8 (Buchbeitrag)

Lankau, R. (2016): Stellungnahme zum Antrag 16/10796 Landtag NRW. Stellungnahme zum Antrag 16/10796 (Landtag NRW) zur Stärkung von „digitaler Bildung“ und Medienkompetenz; 14 Normseiten. Stellungnahme zum Antrag 16/10796 Landtag NRW

Livotov, P. (2016): Systemic Approach for Enhancing Innovative and Competitive Capability of Industrial Companies - Research concept. Journal of the European TRIZ Association - INNOVATOR, ISSN 1866-4180, 01/2016 (02); pp 163-169

Lokshina, I., Wendt, T.M. & Lanting, C. (2016): Accelerated Buffer Overflow Simulation in Self-Similar Queuing Networks with Long-Range Dependent Processes and Finite Buffer Capacity . Proceed. 3rd IEEE IDAACS Symposium on Wireless Systems within the IEEE International Conferences (IEEE IDAACS-SWS 2016), 26-27 Sep 2016, Offenburg; 7 Normseiten. ISBN: 978-1-5090-4318-7

Mamo, FT. & Sikora, A. (2016): An Overview on Alliances and Ecosystems for Home and Building Automation. Tagungsband der Embedded World Conference, 23.-25. Feb. 2016, Nürnberg; S. 83-91. ISBN978-3-645-50159-0

Mamo, FT., Yushev, A., Walz, A., Schappacher, M., Sikora, A., Scherzinger, C. & Ketterer, L. (2016): Wege zu zukunfts-sicheren Kommunikationsprotokollen für das Smart Home – auf allen Ebenen. VDE Kongress 2016, Paper S3-R7; S. 1-4. ISBN 978-3-8007-4308-7

Mamo, FT., Yushev, A., Walz, A., Schappacher, M., Sikora, A., Scherzinger, C. & Ketterer, L. (2016): Comparison of Cryptographic Implementations for Embedded TLS. Tagungsband der Embedded World Conference, 23.-25. Feb. 2016, Nürnberg; S. 812-817. ISBN978-3-645-50159-0

Mandal, A. (2016): Privacy Preserving Consensus-Based Economic Dispatch in Smart Grid Systems. Future Network Systems and Security - Second International Conference (FNSS) 2016, Paris, France, November 23-25, 2016, Proceed. ; 13 Normseiten. 10.1007/978-3-319-48021-3-7

Mandal, A., Wozniak, P., Vauderwange, O. & Curticeapean, D. (2016): Application of visual cryptography for learning in optics and photonics . Proceed. SPIE 9946, Optics Education and Outreach IV, 99460X (September 27, 2016); 8 Normseiten. DOI:10.1117/12.2237923

- Marques, G.C., Garlapati, S.K., Dehm, S., Dasgupta, S., Aghassi, J. & Tahoori, M.B. (2016):** Compact modeling of inkjet printed, high mobility, electrolyte-gated transistors. 55. Workshop on Microelectronics, IEEE German Section Solid-State Circuit Society; 5 Normseiten.
- Marques, G.C., Garlapati, S., Chatterjee, D., Dehm, S., Dasgupta, S., Aghassi, J. & Tahoori, M.B. (2016):** Electrolyte-Gated Field-Effect Transistors Based on Oxide Semiconductors: Fabrication and Modeling. IEEE, Transactions of Electron Devices, vol. 64, no. 1; pp 279-285. DOI: 10.1109/TED.2016.2621777
- Mayer, A., Mayer, E., Mayer, M., Jäger, P., Bleyl, I. & Wagner, K. (2016):** Full 2D-FEM calculations of third-order intermodulations in SAW devices. 2016 IEEE International Ultrasonics Symposium Proceed.; 4 Normseiten
- Mendizabal, J., Berbineau, M., Vinel, A., Pfletschinger, S., Bonneville, H., Pirovano, A., Plass, S., Scopigno, R. & Aniss, H. (Eds.) (2016):** Communication Technologies for Vehicles. 10th International Workshop Nets4Cars/Nets4Trains/Nets4Aircraft 2016 San Sebastián, Spain, June 6-7, 2016, Proceed.; 195 Seiten. DOI 10.1007/978-3-319-38921-9, ISSN 0302-9743, ISSN 1611-3349 (electronic) (Herausgeberschaft)
- Moschevikin, A., Tsvetkov, E., Alekseev, A. & Sikora, A. (2016):** Investigations on Passive Channel Impulse Response of Ultra Wide Band Signals For Monitoring and Safety Applications. Proceed. 3rd IEEE IDAACS Symposium on Wireless Systems within the IEEE International Conferences (IEEE IDAACS-SWS 2016), 26-27 Sep 2016, Offenburg; pp 97-104
- Münchenberg, J. (2016):** ITIL-Prozesse im kooperativen Hochschul Umfeld. von Suchodoletz, D., Schulz, J., Leendertse, J., Hotzel, H., Wimmer, M. (Hrsg.): Kooperation von Rechenzentren Governance und Steuerung - Organisation, Rechtsgrundlagen, Politik Berlin: de Gruyter, 2016; S. 205-219. ISBN: 978-3-11-045975-3 (Buchbeitrag)
- Münchenberg, J., von Suchodoletz, D., Rettberg, S., Ritter, S. & Rößler, C. (2016):** Kooperativer IT-Dienst: bwLehrpool. von Suchodoletz, D., Schulz, J., Leendertse, J., Hotzel, H., Wimmer, M. (Hrsg.): Kooperation von Rechenzentren Governance und Steuerung - Organisation, Rechtsgrundlagen, Politik. Berlin: de Gruyter; S. 243-254. ISBN: 978-3-11-045975-3 (Buchbeitrag)
- Nasdala, L. (2016):** Mathematik Beweisaufgaben: Beweise, Lern- und Klausur-Formelsammlung. Springer Fachmedien Wiesbaden; 250 Seiten. ISBN 978-3-658-13956-8 ISBN 978-3-658-13957-5 (eBook) DOI 10.1007/978-3-658-13957-5 (Monografie)
- Nguyen, P., Jose, J.M., Schappacher, M. & Sikora, A. (2016):** Wake-On-Radio in Real Wireless Applications. Proceed. Wireless Congress 2016; S. 930-935. ISBN 978-3-645-50161-3
- Nguyen, P., Schappacher, M., Sikora, A. & Groza, V.F. (2016):** Extensions of the IEEE802.15.4 Protocol for Ultra-Low Energy Real-Time Communication. Proceed. I2MTC, 2016 IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference, 23.-26. May 2016, Taipei (Taiwan); 6 Norms. <http://ieeexplore.ieee.org/document/7520415/?part=1>
- Nuß, U. (2015):** Stromzustandsregelung. Schröder, Dierk (Hrsg.): Elektrische Antriebe – Regelung von Antriebssystemen. 4. Auflage. Springer Vieweg Verlag, Berlin, Heidelberg; S. 772 - 810. 978-3-642-30095-0 (Buchbeitrag)
- Nuß, U. (2015):** Drehzahlzustandsregelung. Schröder, Dierk (Hrsg.): Elektrische Antriebe – Regelung von Antriebssystemen. 4. Auflage. Springer Vieweg Verlag, Berlin, Heidelberg; S. 811 -834. 978-3-642-30095-0 (Buchbeitrag)
- Opitz, F., Treffinger, P., Wöllenstein, J. & Schweikle, R. (2016):** Physics-based Modeling of the Electric Arc furnace Process using Object-Oriented Language Modelica. Proceed. of 11th European Electric Steelmaking Conference, 25-27.05. 2016 Venice, Italy; 12 Normseiten
- Ortega Clavero, V., Weber, A., Schröder, W. & Curticepean, D. (2016):** Spectral analysis of bacanora (agave-derived liquor) by using FT-Raman spectroscopy. SPIE 9899, Optical Sensing and Detection IV, 98992T ; S. 1-8
- Otte, A. (2016):** Johann Sebastian Bachs Goldberg-Variationen, Schlafforschung und die Radiologie. – „Allein ihr Kunstwerth ist ... noch nicht bezahlt.“. Erens O, Otte A (Hrsg.) Geschichte(n) der Medizin, Band 3, Gentner-Verlag Stuttgart; S. 50-54. ISBN 978-3-87247-773-6 (Buchbeitrag)
- Otte, A. (2016):** Mord vor 5.000 Jahren? – Wie heutige Medizintechnik zur Aufklärung historischer Kriminalfälle beiträgt. Erens O, Otte A (Hrsg.) Geschichte(n) der Medizin, Band 3, Gentner-Verlag Stuttgart; S. 192-197. ISBN 978-3-87247-773-6 (Buchbeitrag)
- Otte, A. (2016):** The “neural bypass”: New hope for spinal cord injury patients. Spine Research 2016; 2 (2); p 18. Peer review Nachweis siehe Link: <http://spine.imedpub.com/>
- Prasetyo, J.A., Yushev, A. & Sikora, A. (2016):** Investigations On The Performance Of Bluetooth Enabled Mesh Networking. Proceed. 3rd IEEE IDAACS Symposium on Wireless Systems within the IEEE International Conferences (IEEE IDAACS-SWS 2016), 26-27 Sep 2016, Offenburg; pp 56-61
- Rekun, I., Seifert, T. & Jörg, R. (2016):** Determination of stable and robust material properties for the assessment of thermomechanically loaded components of rocket engines with viscoplastic constitutive equations. Proceed. 14th Europ. Conf. on Spacecraft Structures, Materials and Environmental Testing (ECSSMET), Toulouse, France; 15 Norms. https://extranet.insightoutside.fr/upload/compte748/Base/inscriptions_projets/fichier2/57435-fichier2.pdf
- Riske, A., Schappacher, M. & Sikora, A. (2016):** Entwicklung eines DGPS-gestützten Fahrdynamikmesssystems unter Verwendung des FPGAs Zynq-7000 mit einem Dual-Core Bare-Metal asymmetrischen Multiprozessorsystem. MPC-Workshop 5. Feb. 2016, Karlsruhe.; 6 Normseiten
- Ritter, S., Trahasch, S., Slotosch, S., von Suchodoletz, D., & Münchenberg, J. (2016):** bwLehrpool: Durchführung von elektronischen Prüfungen in virtualisierten Umgebungen. Lucke, U. & Schwill, A. (Hrsg.): Vol. 262. LNI, DeLFI 2016 - Die 14. e-Learning Fachtagung Informatik der Gesellschaft für Informatik e.V. (GI), Potsdam, 12.-14. September 2016; S. 291-297
- Ritter, S., Trahasch, S., Slotosch, S., v. Suchodoletz, D. & Münchenberg, J. (2016):** bwLehrpool: Durchführung von elektronischen Prüfungen in virtualisierten Umgebungen. Lucke, U. (Hrsg.), Bonn 2016, Die 14. E-Learning Fachtagung Informatik, Lecture Notes in Informatics (LNI), Gesellschaft für Informatik; S. 149-154

Saldsieder, N. (2016): Ordnungsfragen zweiseitiger Märkte im professionellen Fußballsport. Zerres, C. (Hrsg.): Hamburger Schriften zur Marketingforschung, Rainer Hampp Verlag, München und Mering, Band 97; 523 Seiten. ISBN 978-3-95710-062-7 (print) (Herausgeberschaft)

Sarstedt, P., Kachel, G., Ettrich, J. & Bühler, K. (2016): Topology Optimization for Fluid Flow employing local Optimality Criteria. Proceed. of 7th European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering (ECCOMAS), vol. 1; pp 967-978. 7th European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering, ECCOMAS Congress 2016; Crete; Greece; 5 June 2016 through 10 June 2016; Code 124195; ISBN 978-618828440-1

Schickl, L., Dorer, K., Wülker, M., D'Antilio Y. & Hochberg, U. (2016): Development of a Six-Axis Force and Torque Sensor for the Humanoid Robot Sweaty 2.0. Proceed. of the 11th Workshop on Humanoid Soccer Robots, IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots; 6 Normseiten

Schmidt, M. & Mayer, O. (2015): Forecast accuracy measures for micro-grid operation. 2015 International Conference on Smart Grid and Clean Energy Technologies (ICSGCE); pp 176-179. 10.1109/ICSGCE.2015.7454292

Schoeneberg, K.-P., Zerres, C., Frass, A. & J. Igelbrink (2016): Textmining - Markenführung mittels Social Media Analytics. Lang, M. (Hrsg.): Business Intelligence erfolgreich umsetzen, Symposium Publishing, Düsseldorf; S. 75-99. ISBN: 978-3-86329-682-7 (Buchbeitrag)

Schöne, E. & Klasen, A. (2016): Erfolgsfaktor Hermesdeckungen. ICC Germany Magazin 1/2016; S. 36-39. ISSN 2365-7103

Sebastian E.J., Yushev, A., Sikora, A., Schappacher, M. & Prasetyo, J.A. (2016): Performance Investigation Of 6Lo With RPL Mesh Networking For Home And Building Automation. Proceed. 3rd IEEE IDAACS Symposium on Wireless Systems within the IEEE International Conferences (IEEE IDAACS-SWS 2016), 26-27 Sep 2016, Offenburg; pp 127-133

Sedlak, M. & Hagen, T. (2016): Dos and Don'ts im Dashboard-Design: Wie Eyetracking-Verfahren bei der Datenvisualisierung helfen. BI-SPEKTRUM 03-2016; S. 26-29

Seeger, C. & Breyer-Mayländer, T. (2016): Vom Studenten zum Chef. UVK Konstanz; 247 Seiten. ISBN: 978-3-86764-4 (Monografie)

Selzer, M., Nestler, B., Sarstedt, P. & Kachel, G. (2016): Optimierungen des Gewichts und des Energieverlusts von um- und durchströmten Bauteilen. Horizonte 48 (Okt. 2016); S. 23-25

Sharma, R., Sairam, A.S., Yadav, A. & Sikora, A. (2016): Tunable Synchronization in Duty-cycled Wireless Sensor Networks. 10th IEEE International Conference on Advanced Networks and Telecommunications Systems, 6-9 November 2016 – Bangalore, India; pp 856-860

Sikora, A., Jäckle, D., Rahusen, D. & Weber, P. (2016): lexible and Open Source Usage of LoRaWAN. Proceed. Wireless Congress 2016; S. 547-571. ISBN 978-3-645-50161-3

Sikora, A., Sebastian, E.J., Yushev, A., Schmitt, E. & Schappacher, M. (2016): Automated Physical Testbeds for Emulation of Wireless Networks. MATEC Web of Conferences, ICMIE 2016; pp 1-5, <http://dx.doi.org/10.1051/matec-conf/20167506006>

Sikorski, E. & Canz, M. (2016): A Cheer-and-Challenge Approach in Teaching Mechanics to Demotivated Freshmen. 5th IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering, Bangkok, Thailand, Dec. 2016; 6 Normseiten

Sikorski, E., Canz, M., Zell, C. & Kachel, G. (2016): From a Teaching Disaster to a Teaching Success. Int. Conference New Perspectives in Science Education, 5th edition, Florence, Italy, Apr. 2016; 5 Norms.

Spangenberg, B. & Weyandt-Spangenberg, M. (2016): A Validated Quantification of Methadone in Liquids Using Thin-Layer Chromatography and a Flatbed Scanner. Journal of Planar Chromatography 29; pp 59 - 65

Spohn, P. & Weber, J. (2016): Steuerliche Behandlung von ergebniskompensatorischen Wertpapierversicherungsgeschäften. Recht der Finanzinstrumente; S. 148-156

Tajan, L., Westhoff, D., Reuter, C. & Armknecht, F. (2016): Private Information Retrieval and Searchable Encryption for Privacy-Preserving Multi-Client Cloud Auditing. 11th International Conference for Internet Technology and Secured Transactions (ICITST-2016), Barcelona, Dez. 2016; S. 1-8

Toumassian, S., Werner, R., & Sikora, A. (2016): Performance Measurements for Hypervisors on Embedded ARM Processors. 2016 Intl. Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics (ICACCI), Sept. 21-24, 2016, Jaipur, India; pp 851 - 855

Trahasch, S., Zimmer, M., & Krawatzek, R. (2016): Agile Business Intelligence als Beispiel für ein domänenspezifisch angepasstes Vorgehensmodell. Engstler, Fazal-Baqae, Hanser, Linssen, Mikusz, & Volland (Eds.), LNI: Vol. 263. Projektmanagement und Vorgehensmodelle 2016. GI, Tagungsbd. 6.+7.10.2016, Paderborn; S. 187-195. https://www.gi.de/fileadmin/redaktion/2016_LNI/lnip-263.pdf

Vauderwange, O., Wozniak, P., Javahiraly, N. & Curticapean, D. (2016): A blended learning concept for an engineering course in the field of color representation and display technologies. Proceed. SPIE 9946, Optics Education and Outreach IV, 99460Y (September 27, 2016); 9 Norms. DOI:10.1117/12.2237612

Voß, W. & Ismer, B. (2016): Langzeit-EKG-Scripte 3. Auflage. Schriften aus dem POI an der Hochschule Offenburg; 91 Seiten. ISBN 978-3-943301-22-9, Prof. Dr. rer. nat. habil. Bruno Ismer (Monografie)

Weber, P., Jäckle, D., Rahusen, D. & Sikora, A. (2016): IPv6 over LoRaWAN. Proceed. 3rd IEEE IDAACS Symposium on Wireless Systems within the IEEE International Conferences (IEEE IDAACSSWS 2016), 26-27 Sep 2016, Offenburg; pp 75-79

Weißhar, B. & Bessler, W.G. (2016): Model-Based Degradation Assessment of Lithium-Ion Batteries in a Smart Microgrid. Proceed. of the 2015 International Conference on Smart Grid and Clean Energy Technologies, Offenburg, Germany IEEE-Xplore; pp 134-138. DOI: 10.1109/ICSGCE.2015.7454284

- Werner, H.U. (2016):** Zeit, Raum, Design. Ipsen, D., Reichardt, U. & H.U. Werner (Hrsg.): Klang Orte(n) Zeit Raum. Landschaften und Medien des Hörens. Massenmedien und Kommunikation (MuK) 197/198, universi Verlag Siegen; S. 42-45, 64-76, 82-86, 110-122. ISSN 07213271 (Buchbeitrag)
- Wesarg, T., Arndt, S., Aschendorff, A., Laszig, R., & Zirn, S. (2016):** Interaural stimulation timing in SSD CI users and bimodal CI/HA users. 14th International Conference on Cochlear Implants and Other implantable devices, Toronto.; p 33. <http://www.ci2017sf.org/site/landing/index.html>
- Wilke, K. & Weber, J. (2016):** Lehrbuch Internationales Steuerrecht. 13. Auflage, NWB Verlag, Herne; S. 100-120, 253-299, 369-411. ISBN 978-3-482-63963-0 (Buchbeitrag)
- Wozniak, P., Vauderwange, O., Mandal, A., Javahiraly, N. & Curticepan, D. (2016):** Possible applications of the LEAP Motion controller for more interactive simulated experiments in Augmented or Virtual Reality. Proceed. SPIE 9946, Optics Education and Outreach IV, 99460P (27 Sep. 2016); 12 Norms. DOI: 10.1117/12.2237673
- Wüstemann, J., Koch, C. & A. Najderek (2016):** Fall 6: Prüfung von Einzelnormen - Beispiel Rückstellungen. Wüstemann, J. u. Koch C. (Hrsg.), Wirtschaftsprüfung case by case, 4. Auflage, Frankfurt 2016; S. 107-132. (Buchbeitrag)
- Yushev, A., Schappacher, M. & Sikora, A. (2016):** Titan TTCN-3 Based Test Framework for Resource Constrained Systems. MATEC Web of Conferences, ICMIE 2016; pp 1-5. <http://dx.doi.org/10.1051/mateconf/20167506005>
- Yushev, A., Sikora, A. & Schappacher, M. (2016):** Verification and Validation of 6Lo Protocol Stacks. Proceed. Wireless Congress 2016; S. 903-907. ISBN 978-3-645-50161-3
- Yushev, A., Sikora, A. & Sebastian, J. (2016):** Open source 6Lo protocol stack for wireless embedded systems. 2016 Wireless Telecommunications Symposium (WTS), London, UK, 2016; pp 1-7
- Zeiser, M. & Westhoff, D. (2016):** Re-visited: On the Value of purely Software-based Code Attestation for Embedded Devices. Innovative Internet Computing Systems/Community/Computing Systems, 16th IACS, Wien, ISBN 978-3-319-49465-4; S. 75-89
- Zell, C., Bauer, A. & Hochberg, U. (2016):** Biogas Upgrading by In situ Methanation of Hydrogen in a Membrane Biogas Reactor. Ibio - BIT's 9th Annual World Congress of Industrial Biotechnology, 16.-18. März 2016, Seoul; p 66
- Zell, C., Hochberg, U., Haas, K. & Bauer, A. (2016):** Populationsdynamik methanogener Archaeen bei der biologischen Methanisierung von Wasserstoff in Biogasanlagen. Chemie Ingenieur Technik 88 (9) 1273, ProcessNet-Jahrestagung und 32. DECHEMA-Jahrestagung der Biotechnologen, Aachen, 12.-15. Sept.; 1 Normseite
- Zell, C., Hochberg, U., Haas, K. & Bauer, A. (2016):** Feasible operating conditions for biological in situ methanation in biogas reactors. Environmental Best Practices, The Fifth International Conference in Offenburg, 20-22 Sept. 2016, Abstract Book; p 21
- Zerres, C. & Drechsler, D. (2016):** Predictive Analytics als Governance- und Managementanwendung - Zukunftsorientiertes Controlling. Management-Journal; 2 Norms. ISSN (Online) 2199-9430; veröffentlicht am 21.4.2016; URL: <https://goo.gl/Wl8ZjL>
- Zerres, C. & Israel, K. (2016):** Online-Marketing. Nutzung bei klein- und mittelständischen Unternehmen. Hochschulverlag Offenburg, Schriften der Hochschule Offenburg Nr. 3; 47 S. ISBN: 978-3-943301-19-9 (Monografie)
- Zerres, T. & Zerres, C. (2016):** Arbeitsrechtlicher Rahmen von Managemententscheidungen. Zerres, C. (Hrsg.): Schriftenreihe „Arbeitspapiere für Marketing und Management“, Nr. 12, Nov. 2016, Offenburg; 17 Seiten. ISSN: 2510-4799 (Monografie)
- Zerres, T., Zerres, C. & Israel, K. (2016):** Marketingrecht. Ein Leitfaden für den Mittelstand. Hochschulverlag Offenburg, Schriften der Hochschule Offenburg Nr. 4; 59 Seiten. ISBN: 978-3-943301-20-5 (Monografie)
- Zirn, S., Arndt, S. & Wesarg, T. (2016):** Coding of interaural phase differences in BiCI users. Santurette ,S., T. Dau, J. C. Dalsgaard, L. Tranebjærg, and T. Andersen (eds.), Individual hearing loss – Characterization, modelling, compensation strategies; pp. 341 - 348. ISBN: 978-87-990013-5-4 (Buchbeitrag)
- Zirn, S., Arndt, S., Aschendorff, A., Laszig, R. & Wesarg, T. (2016):** BiCI users' sensitivity to interaural phase differences for single- and multi-channel stimulation. Association for Research in Otolaryngology, 39th Annual MidWinter Meeting, San Diego; p 153. http://c.ymcdn.com/sites/www.aro.org/resource/resmgr/Abstract_Archives/UPDATED_2016_ARO_Abstract_Bo.pdf
- Zirn, S., Arndt, S., Aschendorff, A., Laszig, R. & Wesarg, T. (2016):** Coding and perception of interaural phase differences in BiCI users. 14th International Conference on Cochlear Implants and Other implantable devices, Toronto; p 32. <http://www.ci2017sf.org/site/landing/index.html#ac-introduction>

Kategorie: Dissertation

Autor(en), Titel, Verlag

Fülleborn, A. (2016): Methods to Create, Retrieve and Apply Cross-Domain Problem Solutions: A Problem-Oriented Pattern Management Approach. Shaker Verlag (Berichte aus der Informatik), Aachen; 708 Seiten. DOI 10.2370/9783844046090 (Dissertation des neuberufenen Professors)

Lange, M. (2015): Sorption von C4-Kohlenwasserstoffen an strukturell flexiblen, porösen Koordinationspolymeren. Hochschulschrift der Universität Leipzig; 129 Seiten. <https://katalog.ub.uni-leipzig.de/Record/0016597134#description> (Betreuer an der HSO: Prof. Dr. Reiner Staudt)

Metzger, M. (2016): Mikrostruktur- und mechanismusbasierte Werkstoffmodelle zur Beschreibung des Deformations- und Lebensdauerverhaltens von thermomechanisch beanspruchten Graugusswerkstoffen. Fraunhofer IWM Forschungsberichte Bd 12, Fraunhofer Verlag, Stuttgart; 175 Seiten. ISBN 978-3-8396-1115-9 (Betreuer an der HSO: Prof. Dr. Thomas Seifert)

Rotter, K.M. (2016): Zur semi-invasiven Erfassung des interventrikulären Delays bei chronischer Herzinsuffizienz. Reihe Schriften aus dem Peter Osypka Institute for Pacing and Ablation an der HSO 111 Seiten. ISBN: 978-3-943301-16-8 (Betreuer an der HSO: Prof. Dr. rer. nat. habil. Bruno Ismer)

Promotionen 2016

Name, Titel, HSO Betreuer, Betreuer - kooperierende Universität

Intern, laufend:

Altan, Lokman: DigiKer-Digitaldruckverfahren für Keramikfarben, HSO Prof. Dr. Günther Waibel, *Albert-Ludwigs-Universität Freiburg* - Prof. Dr. Leonhard Reindl

Betz, Johann-Wolfram: Unterbindung von Seitenkanalangriffen in Cloud Umgebungen, HSO Prof. Dr. Dirk Westhoff, *Albert-Ludwigs-Universität Freiburg* - Prof. Dr. h.c. Günter Müller

Bhattacharayya, Mayukh: Wireless ultra low power sensor systems for passive and semi-passive applications, HSO Prof. Dr. Dirk Jansen, *Albert-Ludwigs-Universität Freiburg* - Prof. Dr. Leonhard Reindl

Brenner, Corinna: Kardiale Verschluss-Systeme, HSO Prof. Dr. Bruno Ismer, *Universität Rostock* - Prof. Dr. Christoph Nienaber

Brudsche, Markus: Extrakardiale Ablation, HSO Prof. Dr. Bruno Ismer, *Universität Rostock* - Prof. Dr. Christoph Nienaber

da Costa Fernandes, Jesus Salazar: Prädiktive Systeme zur Betriebsoptimierung kleinskaliger Energienetze mit hohem erneuerbarem Energieanteil, HSO Prof. Elmar Bollin, *Albert-Ludwigs-Universität Freiburg* - Prof. Dr. Leonhard Reindl

Dongol, Deepranjan: Battery management for smart grids with renewable energy sources based on predictive control and demand side management, HSO Prof. Elmar Bollin, *Albert-Ludwigs-Universität Freiburg* - Prof. Dr. Leonhard Reindl

Fey, Simon: Entwicklung IT-basierter Kommunikationsstrukturen und Systemarchitekturen für neuartige Energieversorgungsnetze, HSO Prof. Dr. Andreas Christ, *Albert-Ludwigs-Universität Freiburg* - Prof. Dr. Christian Schindelbauer

Gast, Oliver: User Experience im E-Commerce: Verfahren zur validen apparativen Messung von Emotionen bei der Nutzung interaktiver Anwendungen, HSO Prof. Dr. Andrea Müller, *PH Freiburg* - Prof. Dr. Rolf Plötzner, Prof. Dr. Josef Nerb

Gopisetty, Bala Venkata Satyanarayana: Model reduction optimization for energy planning process of distributed energy resources, HSO Prof. Dr. Peter Treffinmger, *Albert-Ludwigs-Universität Freiburg* - Prof. Dr. Leonhard Reindl

Grübl, Daniel: Modellierung von Elektrochemie, Phasenumwandlung und Transport in Metall-Luft-Batterien, HSO Prof. Dr. Wolfgang Bessler, *Justus-Liebig-Universität Gießen* - Prof. Dr. Jürgen Janek

Grünwald, Waldemar: Untersuchung für Eignung niederfrequenter magnet-basierter Übertragungsverfahren zur Telemetrie bei medizinischen Implantaten mit metallischer Kapselung, HSO Prof. Dr. Dirk Jansen, *Albert-Ludwigs-Universität Freiburg* - Prof. Dr. Leonhard Reindl

Haber, Tobias: Ingenieurtechnische Lösungen zur Didaktik der Elektrotherapie des Herzens, HSO Prof. Dr. Bruno Ismer, *Albert-Ludwigs-Universität Freiburg* - Prof. Dr. Leonhard Reindl

Habib, Mustapha: Control and energy management of smart grid with high integration rate of renewable energy and storage, HSO Prof. Elmar Bollin, *University of Science and Technology Houari Boumediene (U.S.T.H.B.)* - Prof. Ahmed Amine LADJICI

Himmelsbach, Urban: A novel approach of achieving SIL3 with wireless communication in safety-critical industrial applications, HSO Prof. Dr. Thomas Wendt, *Albert-Ludwigs-Universität Freiburg* - Prof. Dr. Leonhard Reindl

Huber, Andreas: Netzankopplung von regenerativen Energiesystemen mittels neuartiger Filter- und Regelungskonzepte, HSO Prof. Dr. Uwe Nuß, *Albert-Ludwigs-Universität Freiburg* - Prof. Dr. Leonhard Reindl

Isele, Dietmar: Vorspannkraftverluste und Leistungsfähigkeit von Schraubenverbindungen mit Lackschichten im Kraftfluss, HSO Prof. Alfred Isele, *Justus-Liebig-Universität Gießen* - Prof. Dr.-Ing. Christoph Friedrich

Klemm, Martin: Intraoperative Planning and Execution of Arbitrary Orthopedic Interventions Using Handheld Robotics and Augmented Reality, HSO Prof. Dr. Harald Hoppe, *KIT Karlsruhe* - Prof. Dr.-Ing. Uwe D. Hanebeck

Künzel, Thomas: ÖkoFlex-Flexibilität als ökonomisches Gut im intelligenten Energiesystem zur effizienten Einbindung erneuerbarer Energien, HSO Prof. Dr. Anke Weidlich, *KIT Karlsruhe* - Prof. Dr. Orestis Terzidis

Kupper, Christian: Lebensdauer von Lithium-Ionen-Batterien für die dezentrale Speicherung regenerativer Energien: experimentelle Untersuchung und modellbasierte Optimierung, HSO Prof. Dr. Wolfgang Bessler, *Albert-Ludwigs-Universität Freiburg* - Prof. Dr. Holger Reinecke

Mandal, Avikarsha: Security of Electric Payment Systems, HSO Prof. Dr. Erik Zenner, *Universität Mannheim* - Prof. Dr. Frederik Armknecht

Marepalli, Sai Manoj: Peer-to-Peer and Cloud Computing Architectures for Resilient Smart Grid Monitoring, HSO Prof. Dr. Andreas Christ, *Albert-Ludwigs-Universität Freiburg* - Prof. Dr. Christian Schindelbauer

Mittag, Steffen: Probabilistische Werkstoffmodelle zur Lebensdauervorhersage von Turbinenkomponenten, HSO Prof. Dr. Thomas Seifert, Otto-von Guericke-Universität Magdeburg - Prof. Dr.-Ing. habil Holm Altenbach

Niro, Sascha: Peer-to-Peer Konzepte für verteilte Datenbanken in Smart-Grid-Strukturen: Time series data, HSO Prof. Dr. Andreas Christ, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg - Prof. Dr. Schindelbauer

Opitz, Florian: Modellierung und Simulation energieintensiver Prozesse am Beispiel des Lichtbogenofenverfahrens, HSO Prof. Dr. Peter Treffinger, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg - Dr. Jürgen Wöllenstein

Pupyrev, Pavel: Linear and nonlinear properties of wedge acoustic waves, HSO Prof. Dr. Andreas Mayer, General Physics Institute Moscow - Dr. Alexey M. Lomonosov

Rogall, Olga: Bestimmung von Materialeigenschaften piezoelektrischer Schichtstrukturen mit Laser-Ultraschall, HSO Prof. Dr. Andreas Mayer, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg - Prof. Dr. Leonhard Reindl

Rösch, Tobias: Untersuchungen zum Ausbau von Verteilnetzen bei einem steigenden Anteil von erneuerbaren Energien unter Nutzung von Geoinformationssystemen (GIS), HSO Prof. Dr. Peter Treffinger, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg - Prof. Dr. Barbara Koch

Sawant, Parantapa: Kleinskalige Kraft-Wärme-Kopplung als netzreaktives System zur energieeffizienten Biogas/Erdgas-Nutzung, HSO Prof. Dr. Jens Pfafferott, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg - Prof. Dr. Leonhard Reindl

Schmelas, Martin: Prädiktive Algorithmen für thermoaktive Bauteilsysteme zum Entlasten des Stromnetzes, HSO Prof. Elmar Bollin, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg - Prof. Dr. Leonhard Reindl

Schwantes, Rebecca: Angepasste Regelung und Fernüberwachung von dezentralen solarbetriebenen Trinkwasseraufbereitungsanlagen, HSO Prof. Dr. Jens Pfafferott, Technische Universität Dresden - Prof. Dr.-Ing. Clemens Felsmann

Speck, Franziska: Gütesiegel in der Markt-, Medien- und Sozialforschung, HSO Prof. Dr. Ute Rohbock, Humboldt-Universität Berlin - Prof. Dr. Wolfgang Mühl-Benninghaus

Walz, Andreas: Testing Embedded Implementations of Cryptographic Protocols using Differential Testing, HSO Prof. Dr. Axel Sikora, Universität Rockstock - Prof. Dr. Dirk Timmermann

Weber, Christian: Automatische Frequenzüberwachung-Signaldetektion und Kanalsegmentierung, HSO Prof. Dr.-Ing. Lothar Schüssele / Prof. Dr. Andreas Christ / Prof. Dr.-Ing. Tobias Felhauer, KIT Karlsruhe - Prof. Dr. Werner Wiesbeck

Wissmann, Kai: Branded Entertainment in Web- + TU-Formate, HSO Prof. Heiner Behring, Universität Basel - Prof. Dr. Klaus Neumann-Braun

Wozniak, Peter: Methods for a realistic range camera based occlusion management for stereoscopic augmented reality, HSO Prof. Dr. Dan Curticapean, University of Strasbourg ICube Institute - Nicolas Javahiry MC habil.

Yushev, Artem: Flexible TLS-based secure relay for Cyber Physical Systems, HSO Prof. Dr. Axel Sikora, Universität des Oberelsass - Prof. Dr. Michel Basset

Intern, abgeschlossen:

Metzger, Mario: Mikrostrukturbasierte Werkstoffmodelle zur Lebensdauerbewertung von Hochtemperaturbauteilen aus Eisenguss, HSO Prof. Dr. Thomas Seifert, KIT Karlsruhe - Prof. Dr. rer. nat. Hermann Riedel

Patente 2016

Hoppe H.: Verfahren und Vorrichtung zur Kalibration einer Kamera. Europ. Patentregister; WO2016146105, DE201510103785, Veröffentlichung: 22.09.2016

Spangenberg, B., Hemmer, W. & Futterknecht, S.: Poröse monolithische oder faserrförmige Produkte aus anorganischen Polymeren und deren Herstellung, DPMA-register, DE102015216500.8, Offenlegung: 25.02.2016

Institut für Angewandte Forschung [IAF]

Prof. Dipl.-Ing. Elmar Bollin

Institutsleitung
E-Mail: bollin@hs-offenburg.de

Prof. Dr.-Ing. Thomas Seifert
Stellvertretende Institutsleitung
E-Mail: thomas.seifert@hs-offenburg.de

Telefon: +49 781 205-272
<http://www.hs-offenburg.de/iaf/>

Peter Osypka Institute for Pacing and Ablation [POI]

Prof. Dr. rer. nat. habil. Bruno Ismer

Institutsleitung
E-Mail: bruno.ismer@hs-offenburg.de

Tobias Haber
Stellvertretende Institutsleitung
E-Mail: tobias.haber@hs-offenburg.de

Telefon: +49 781 205-4640
E-Mail: poi@hs-offenburg.de
<http://www.hs-offenburg.de/poi/>

Institute for Unmanned Aerial Systems [IUAS]

Prof. Dr. rer. nat. Werner Schröder

Institutsleitung
E-Mail: w.schroeder@hs-offenburg.de

Prof. Dr. Dan Curticapean
Stellvertretende Institutsleitung
E-Mail: dan.curticapean@hs-offenburg.de

Telefon +49 781 205-271
<http://www.hs-offenburg.de/iuas/>

Institut für Energiesystemtechnik [INES]

Prof. Dr. rer. nat. habil. Wolfgang Bessler

Institutsleitung
E-Mail: wolfgang.bessler@hs-offenburg.de

Prof. Dr. rer. nat. Michael Schmidt
Stellvertretende Institutsleitung
E-Mail: schmidt@hs-offenburg.de

Telefon: +49 781 205-4779
<http://www.hs-offenburg.de/ines/>

Ecological Photonics Advanced Research at Oberrhein [Eco-PhARO]

Prof. Dr. Dan Curticapean

Institutsleitung
E-Mail: dan.curticapean@hs-offenburg.de

Prof. Dr. rer. nat. Werner Schröder
Stellvertretende Institutsleitung
E-Mail: w.schroeder@hs-offenburg.de

Telefon: +49 781 205-271
<http://www.hs-offenburg.de/forschung/eco-pharo/institut/>

Institut für verlässliche Embedded Systems und Kommunikations- elektronik [ivESK]

Prof. Dr.-Ing. Axel Sikora

Institutsleitung
E-Mail: axel.sikora@hs-offenburg.de

Prof. Dr. rer. nat. habil. Dirk Westhoff
Mitglied
E-Mail: dirk.westhoff@hs-offenburg.de

Telefon: +49 781 205-416
<http://ivesk.hs-offenburg.de/>

Institut für nachhaltige Silikat- forschung Offenburg [NaSiO]

Prof. Dr. rer. nat. Bernd Spangenberg

Institutsleitung
E-Mail: spangenberg@hs-offenburg.de

Prof. Dipl.-Ing. Dietmar Kohler
Stellvertretende Institutsleitung
E-Mail: dietmar.kohler@hs-offenburg.de

Telefon: +49 781 205-101