

forschung im fokus

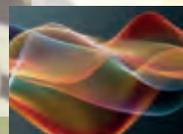
Ausgabe Nr. 19 / 2016



Die Welt nachhaltig verändern –
NaSiO, das Institut für nachhaltige
Silikatforschung Offenburg



Physikalische Charakterisierung
von Solarmaterialien



„Künstlerisch forschen in der Musik“
als KlangKomposition und RadioKunst



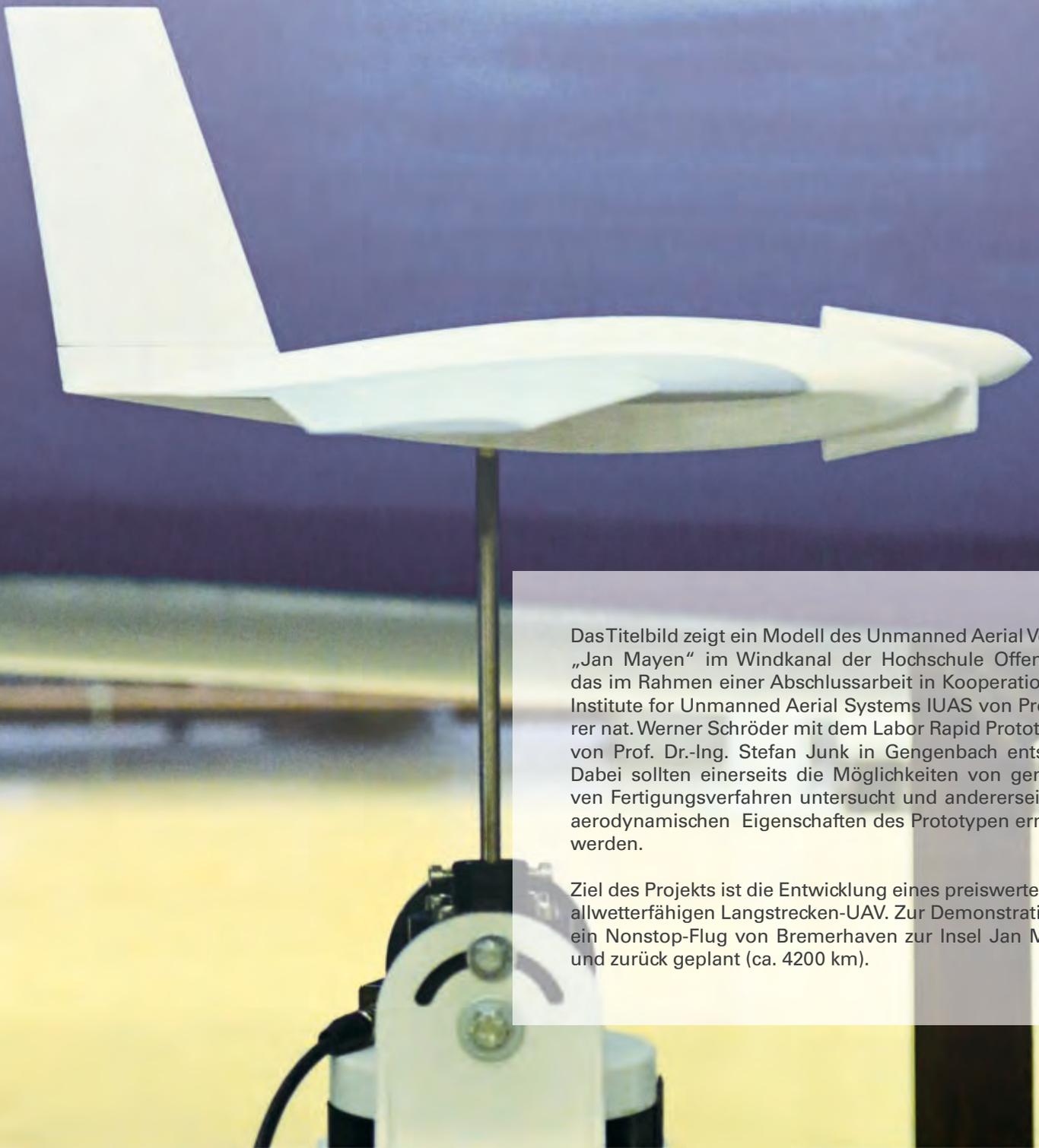
Aktiv für eine saubere Zukunft

m Ideen sprudeln, Grenzen fließen, Menschen unterschiedlicher Kulturen kommen zusammen und arbeiten gemeinsam an einer Vision: die Welt sauberer und hygienischer machen. Das ist MEIKO. Einzigartig wie unser Markenzeichen mit dem weißen M, unser Symbol einer Wasser und Leben spendenden Brunnenfontäne, sind auch unsere sauberen Lösungen zum professionellen Spülen, Reinigen und Desinfizieren. Für Mensch und Umwelt – für eine saubere Zukunft. Weltweit über 2.150 MEIKOianer entwickeln und fertigen diese Spitzentechnik und prägen so den Geist eines wertegeleiteten Unternehmens, das seine Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter nachhaltig fördert und die Erfolge teilt. Willkommen am MEIKO Brunnen! www.meiko.de



forschung im fokus

Ausgabe Nr. 19 / 2016



Das Titelbild zeigt ein Modell des Unmanned Aerial Vehicle „Jan Mayen“ im Windkanal der Hochschule Offenburg, das im Rahmen einer Abschlussarbeit in Kooperation des Institute for Unmanned Aerial Systems IUAS von Prof. Dr. rer. nat. Werner Schröder mit dem Labor Rapid Prototyping von Prof. Dr.-Ing. Stefan Junk in Gengenbach entstand. Dabei sollten einerseits die Möglichkeiten von generativen Fertigungsverfahren untersucht und andererseits die aerodynamischen Eigenschaften des Prototypen ermittelt werden.

Ziel des Projekts ist die Entwicklung eines preiswerten und allwetterfähigen Langstrecken-UAV. Zur Demonstration ist ein Nonstop-Flug von Bremerhaven zur Insel Jan Mayen und zurück geplant (ca. 4200 km).



„Anwendungsorientierte Forschung ist eine der tragenden Säulen des Innovationsgeschehens. Deshalb steht sie neben Lehre und Internationalisierung gleichberechtigt im Fokus der Hochschule Offenburg.“

In dieser 19. Ausgabe **„forschung im fokus“** berichten unsere Forschungsteams und -institute über ihre aktuellen Aktivitäten aus dem breiten Portfolio der Hochschule mit technischen, wirtschaftswissenschaftlichen sowie medientechnisch/gestalterischen Schwerpunkten. Die Forschungsergebnisse fließen in Form von Publikationen, Promotionen, Innovationen und Technologietransfers sowohl zurück in die Wissenschaft als auch an die Unternehmen.

Nach mehrjähriger Vorbereitungsphase nahm die „European University Association“ (EUA) die Hochschule Offenburg aufgrund ihrer hohen Forschungsleistung als Vollmitglied auf. Die EUA ist die größte Hochschulvertretung auf europäischer Ebene, die Universitäten und forschungsstarke Hochschulen sowie nationale Rektorenkonferenzen als Mitglieder umfasst.

Die Hochschule unterstützt und fördert die Forschung in vielfältiger Weise. Die hochschul-eigenen Forschungsinstitute mit wissenschaftlicher Schwerpunktbildung haben großen Anteil an der Forschungsstärke der Hochschule. Sie sind Ausdruck und Ergebnis langjähriger erfolgreicher Forschungstätigkeit mit internationaler Ausstrahlung. Die Gründung zweier weiterer Forschungsinstitute gab strategisch wichtigen Forschungsthemen zukunftsgerichtete Rahmbedingungen: Das *Institut für Nachhaltige Silikatforschung Offenburg (NaSiO)* wird geleitet von Prof. Dr. Spangenberg; das *Institut für verlässliche Embedded Systems und Kommunikationselektronik (ivESK)* wird geleitet von Prof. Dr.-Ing. Sikora.

An den Forschungsprojekten partizipieren zugleich unsere Studierenden, insbesondere aus den Master-Studiengängen, indem sie an

wissenschaftlichen Fragestellungen mitarbeiten und zugleich erste Forschungserfahrung sammeln.

Derzeit forschen ca. 40 DoktorandInnen an der Hochschule mit dem Ziel einer kooperativen Promotion an einer Universität im In- oder Ausland. Dank der Gewährung von weiteren Promotionsstipendien seitens des Ministeriums für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg kann nun ein zweites Promotionskolleg – in Kooperation mit dem Karlsruher Institut für Technologie (KIT) – aufgebaut werden.

Neben den im **„fif“** genannten direkten Verantwortlichen und WissenschaftlerInnen ist das „Institut für Angewandte Forschung“ (IAF) zentraler Ansprechpartner und freut sich auf Ihre Kontaktaufnahme. Es begleitet, unterstützt und koordiniert die hochschuleigenen Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten.

Mein ausdrücklicher Dank gilt der wissenschaftlichen Leitung des IAF, Prof. Elmar Bollin und Prof. Dr.-Ing. Axel Sikora, als dessen Vertreter sowie dem gesamten IAF-Team. Sie verstehen es seit vielen Jahren hervorragend, unsere Hochschule in das lebendige Netzwerk aus Universitäten, Forschungseinrichtungen und Unternehmen zu integrieren. Auch danke ich allen ProfessorInnen der Hochschule, sowie den vielen MitarbeiterInnen, die aktiv in der Angewandten Forschung tätig sind und einen wesentlichen Beitrag zur Zukunftsfähigkeit der Hochschule und für unser gesellschaftliches und wirtschaftliches Umfeld leisten.

Prof. Dr.-Ing. Andreas Christ
Prorektor für Forschungsangelegenheiten
der Hochschule Offenburg



Institut für Angewandte Forschung



Die HAW Offenburg leistet mit über 70 forschungsaktiven Professoren und weiteren über 70 für die Forschung tätigen Mitarbeiter einen wesentlichen Beitrag zur Angewandten Forschung in Baden-Württemberg. Das Forschungsmagazin **forschung im fokus „fif“**, herausgegeben vom IAF, dem Institut für Angewandte Forschung der Hochschule Offenburg, bietet ihren Forschungsakteuren die Möglichkeit, ihre Projekte in den unterschiedlichsten Anwendungsbereichen einem breiten innovations-interessierten Leserpublikum zu vermitteln, ganz im Sinn: „Tue Gutes und rede darüber!“ Als Geschäftsführender Leiter des IAF ist es mir ein Anliegen, dass sowohl die Hochschulmitglieder als auch die interessierte Öffentlichkeit mehr über die vielfältigen Forschungsaktivitäten an unserer Hochschule erfährt. Neben dem „fif“ nutzen wir auch die hochschulöffentlichen Veranstaltungen „Forschung auf dem Campus“ regelmäßig dazu, neue Forschungsthemen vorzustellen.

Die vorliegende 19. Ausgabe bietet zunächst den Fakultäten die Möglichkeit, ausgewählte Forschungsthemen zu präsentieren. Danach folgen die sechs Forschungsinstitute mit ausgewählten Beiträgen. Abschließend erhalten Sie einen Überblick über die in 2015 begonnenen und laufenden Forschungsprojekte, laufenden Promotionen sowie die wissenschaftlichen Publikationen unserer Forschungsakteure in 2015.

Auch im Jahr 2015 konnte sich die Forschung an der HAW Offenburg im Wettbewerb der Hochschulen in Baden-Württemberg bestens behaupten. Mit einem Jahresbudget an wettbewerblich neu eingeworbenen

Drittmitteln von 5,6 Mio. € konnte so ein neuer Spitzenwert erreicht werden. Damit hält sich die HAW Offenburg im landesweiten Forschungsranking der Baden-Württembergischen HAWs an der Spitze. Dies ist nicht zuletzt auch das Ergebnis einer konsequenten und soliden Forschungsförderung durch unsere Hochschulleitung, der hier mein besonderer Dank gilt. Nur durch eine Freistellung für die Durchführung der Forschungsarbeiten und Bereitstellung von zusätzlichen Ressourcen können die Professoren zusammen mit ihren wissenschaftlichen Mitarbeitern konsequent und erfolgreich über Jahre hinweg solche Forschungsleistungen erbringen und wichtige Forschungsfelder besetzen.

Wie erwartet wurde auch der diesjährige „fif“ mit viel Engagement und hervorragenden Fachbeiträgen aus den vielfältigen Fachgebieten der Hochschul-Forschungsakteure vom IAF zusammengestellt und gestaltet. Mein besonderer Dank gilt daher der fif-Redaktion, namentlich Frau Sandra Lutz-Vogt, dem Lektor Günter Grosshans sowie den Kollegen und wissenschaftlichen Mitarbeitern, die diese interessanten Fachbeiträge verfasst haben. Ich bin davon überzeugt, dass die spannenden Forschungsthemen, die sich in der vorliegenden Ausgabe präsentieren, Ihr Interesse finden werden und Sie an der Faszination Forschung teilhaben lassen. In diesem Sinn wünsche ich viel Spaß beim Lesen und erwarte gern Ihre Rückmeldungen und Anregungen.

Prof. Elmar Bollin
Geschäftsführender Leiter
Institut für Angewandte Forschung
der Hochschule Offenburg

Editorial

7 Fakultät E+I

Elektrotechnik und Informationstechnik

- 8 Echtzeitortung mit UWB-Funksignalen
- 12 Kardiale Desynchronisation bei Resynchronisationstherapie
- 15 Rhythmologisches Qualitätsmanagement mit MediConnect® & LATITUDE™
- 19 Regelungstechnik einfach verpackt
- 23 Ultraschall-Computertomographie in der Medizintechnik

25 Fakultät M+V

Maschinenbau und Verfahrenstechnik

- 26 Durchdringungskerben – Das Thum'sche Verfahren unter der Lupe
- 29 Biologische Methanisierung von Wasserstoff in Biogasanlagen
- 33 Lackschichten im Kraftfluss von Schraubenverbindungen
- 37 Das (richtig berechnete Umform-) Werkzeug macht den Unterschied
- 40 Mit Bestimmtheit höhere Bauteilsicherheit durch Probabilistik
- 43 A new insensitive TLC method to measure trans-Resveratrol in red wine
- 46 Physikalische Modellierung zur Optimierung industrieller Prozesse

53 Fakultät M+I

Medien und Informationswesen

- 54 Theoretische Skizzierung einer sozial-wissenschaftlichen Wirtschaftskriminologie
- 58 Risikoorientierte Business Resilience
- 61 Geschäftsmodelle der Plattformen zum „Local Commerce“
- 65 „Künstlerisch forschen in der Musik“ – als KlangKomposition und RadioKunst¹
- 68 „Making Art Together“
- 71 Usability-Test einer internen Anwendungssoftware
- 74 Computation of Aggregates over Decentralized Tree-based Networks

79 Fakultät B+W

Betriebswirtschaft und Wirtschaftsingenieurwesen

- 80 Durch mehr Arbeitszufriedenheit zu kundenorientiertem Verhalten
- 82 Gesundheitsmanagement – durchführen oder unterlassen?
- 86 Export Credit and Investment Guarantees
- 90 Modern Monastic Leadership
- 93 Hochschulsteuerung auf Basis eines kaufmännischen Rechnungswesens
- 95 Optimierung eines Prüfkörpers für biaxiale Zugversuche

99 IUAS

Institute for Unmanned Aerial Systems

- 100 Rohrleitungsnavigation
- 102 Entwurfsprozess eines unbemannten Fluggeräts
- 105 „Jan Mayen“ – Entwicklung eines kleinen unbemannten Fluggeräts für die Langstrecke

109 Eco-PhARO

Eco Photonics Advanced Research
at Oberrhein

- 110 Optische Messverfahren zur
3-D-Visualisierung von Kanalrohrsystemen

115 INES

Institut für Energiesystemtechnik

- 116 Elektrische Energiespeicherung
mit Batterien und Brennstoffzellen
- 120 PräTABS – Erprobung und
Validierung an der Klimakammer
- 124 Physikalische Charakterisierung
von Solarmaterialien
- 126 Nachhaltige Energiewirtschaft

129 POI

Peter Osyпка Institute for Pacing and Ablation

- 130 Neu am POI: Miniaturisierter
Eventrekorder Medtronic Reveal LINQ
- 133 Inadäquate Schocks:
Herausforderung für Arzt und Industrie

137 NaSiO

Institut für nachhaltige Silikatforschung
Offenburg

- 138 Ein neuer Zugang zu einer
effektiven Holzverkieselung

141 ivESK

Institut für verlässliche Embedded Systems
und Kommunikationselektronik

- 142 emb::6 – Ein 6LoWPAN OpenSource-Projekt

146 Forschungs- und Entwicklungsprojekte 2015

148 Publikationen 2015

156 Promotionen 2015

157 Patente 2015

158 FadC – Forschung auf dem Campus
im sechsten Veranstaltungsjahr

159 Kontakt

160 Forschungslandkarte
der Hochschule Offenburg

Impressum

Herausgeber:
Institut für Angewandte Forschung (IAF)
Hochschule Offenburg
Badstraße 24 77694 Offenburg
www.iaf.hs-offenburg.de

Redaktion, Projektkoordination, Layout:
Sandra Lutz-Vogt, Prof. Elmar Bollin,
Hochschule Offenburg

Verantwortlich für den Inhalt:
Die Autoren und Projektleiter der jeweiligen Projekte

Lektorat:
Günter F. R. Grosshans, Hochschule Offenburg
Titelbild:
Sandra Lutz-Vogt, Hochschule Offenburg

Bildnachweis:
Hochschule Offenburg

Druckerei:
VKM Verlag für Marketing und Kommunikation
GmbH & Co. KG, 67590 Monsheim

Auflage:
2500 Exemplare - ISSN 1866-9352

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



PARTNER FOR PRECISION

**JUNKER
GROUP**

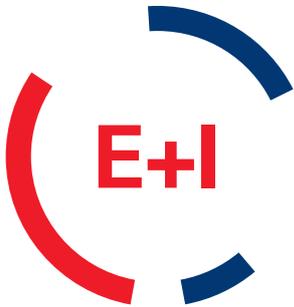
JUNKER GRUPPE:

Die JUNKER Gruppe ist weltweit der Partner für alle Fragen der Schleiftechnologie und Filtrationslösungen. Maximale Präzision und absolute Leidenschaft machen uns zu einem zukunftsweisenden Technologieführer, der stetig neue Maßstäbe setzt und so das Vertrauen anspruchsvoller Kunden aus unterschiedlichsten Branchen rechtfertigt.

Erwin Junker
Maschinenfabrik GmbH
Junkerstraße 2
77787 Nordrach
+49 (0)7838 84-0
personal@junker.de

**Nähere Informationen zu
Ausbildung und Studium:**
www.junker-group.de/karriere





Elektrotechnik und Informationstechnik

2015 war in der Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik (E+I) in Bezug auf Forschung vor allem durch die Etablierung neuer Einrichtungen geprägt. So wurde z. B. aus der Fakultät heraus ein neues Institut gegründet sowie ein Promotionskolleg beantragt. Bei der Institutsgründung handelt es sich um das nun fakultätsübergreifend agierende Institut für verlässliche Embedded Systems und Kommunikationselektronik (ivESK) unter der Leitung von Prof. Dr. Axel Sikora. Das genehmigte Promotionskolleg wurde von Prof. Dr. Jasmin Aghassi-Hagmann initiiert und befasst sich thematisch mit der Modellierung, dem Entwurf, der Realisierung und Automatisierung von gedruckter Elektronik und ihren Materialien. Es wird gemeinsam mit dem Karlsruher Institut für Technologie (KIT) durchgeführt und ab 2016 gefördert. Hierbei wird Prof. Dr. Aghassi-Hagmann seitens der Hochschule Offenburg durch Prof. Dr. Elke Mackensen und Prof. Dr. Axel Sikora unterstützt. Darüber hinaus sind im fakultätsübergreifenden, bereits im Jahr 2014 ins Leben gerufene Promotionskolleg DENE (Dezentrale nachhaltige Energiesysteme), das zusammen mit der Universität Freiburg durchgeführt wird, Stipendiaten und akademische Mitarbeiter der Fakultät E+I sowie ihre Betreuer involviert. Hinsichtlich der Implementierung neuer Forschungseinrichtungen ist zudem die Gründung der Forschungsgruppe Analytics and Data Science unter Beteiligung der Professoren Dr. Tobias Lauer, Dr. Jan Münchenberg und Dr. Stephan Trahasch aus der Fakultät E+I sowie der fakultätsinitiierte Beitritt der Hochschule Offenburg zum Kompetenznetzwerk NanoMAT unter maßgeblicher Beteiligung von Prof. Dr. Jasmin Aghassi-Hagmann zu nennen.

In den schon seit längerer Zeit bestehenden Forschungsfeldern der Fakultät E+I wurde auch 2015 weiter intensiv geforscht. Neue Fahrt aufgenommen hat die fakultätsseitige Forschung im Bereich der elektrischen Energietechnik:

Prof. Dr. Michael Schmidt, seit dem Wintersemester 2014/15 an der Hochschule für die Fakultät E+I tätig, und Prof. Dr. Sven Meier, der seit dem Sommersemester 2015 die Professur für elektrische Übertragungs- und Verteilnetze innehat, bauen die elektrische Energietechnik an der Fakultät kontinuierlich aus. So ist das Labor für regenerative Energiesysteme von Prof. Dr. Michael Schmidt inzwischen eingerichtet und hat den Lehr- und Forschungsbetrieb aufgenommen. Erste Projekte wie „Licht für Marokko“ und „C/sells“ sowie weitere sind dort bereits angelaufen. Ganz neu hinzugekommen ist ein Modellkraftwerk, das Prof. Dr. Sven Meier aufgebaut hat, mit dem reale Betriebssituationen in Kraftwerken und in der Energieübertragung studiert werden können.

Nach Zahlen schlägt sich die Forschungsleistung der Fakultät E+I in Drittmitteleinwerbungen 2015 in Höhe von ca. 1,2 Millionen € nieder. Darin ist eine Ende 2015 erhaltene zweckgebundene Großspende über 1 Million € für die Erforschung von Hochfrequenz-Prüf- und Testverfahren zur Erhöhung von Lebensmittel- und Medikamentensicherheit, die Prof. Dr. Lothar Schüssele eingeworben hat, noch nicht enthalten. Außerdem wurden im Jahr 2015 vier Promotionen mit Referenten aus dem Kreis der Professoren der Fakultät E+I abgeschlossen. Drei neue Doktoranden mit einem Arbeitsplatz an der Hochschule Offenburg kamen 2015 hinzu und fünf weitere sind schon länger in ihre Forschungstätigkeit an der Hochschule Offenburg vertieft. Auch ist die beachtliche Zahl von 63 Veröffentlichungen 2015 aus dem Kreis der Professoren und Mitarbeiter der Fakultät E+I zu erwähnen.

Der vorliegende Forschungsbericht des IAF spiegelt die oben skizzierte Forschungsvielfalt in der Fakultät E+I wider. Ich wünsche den Lesern beim Studium der Beiträge viel Freude sowie zahlreiche Anregungen für weitere Projekte.

Echtzeitortung mit UWB-Funksignalen

Prof. Dr.-Ing. Tobias Felhauer, Jonas Holzer, Thomas Pietsch B. Eng.

Echtzeitortungssysteme (engl. Real Time Location Systems (RTLS)) sind Systeme, die die Funkortung von Objekten im Raum in Echtzeit ermöglichen. Ein RTLS-System besteht aus mehreren Referenzstationen (Anker) und zu ortenden Mobilgeräten (Tags). In diesem Projekt werden unterschiedliche RTLS-Systeme mit Ultra-Wideband (UWB)-Signalen und unterschiedlichen Auswertemechanismen bewertet. Ziel ist es, eine Testumgebung zu schaffen, mit der Studierende im Labor diese Zukunftstechnologien analysieren können.

Short-range wireless sensor network applications are getting increasingly popular in particular in the context of Industry 4.0. Due to the importance of location-awareness in wireless networks in the IEEE 802.15.4a standard an ultra-wideband (UWB)-signal based on a physical layer with precision ranging capability has been specified. In this project, a test environment has been build up that allows to analyse the protocols and position errors in different real time location systems (RTLS) using UWB-signals according to the IEEE 802.15.4a standard. Position errors in a RTLS-system are determined not only by the range measurements between a tag and an anchor but also by the geometric constellation between the anchors and the tag typically quantified by the position dilution of precision (PDOP-)factor.

In einer zunehmend automatisierten Welt gewinnen Echtzeitortungssysteme (RTLS) mehr und mehr an Bedeutung. Eine zuverlässige und präzise Ortung von Produktionsgütern und die daraus generierbaren Echtzeitinformationen über laufende Fertigungsprozesse sind Schlüsseltechnologien auf dem Weg zu „Industrie 4.0“. Um eine Position möglichst genau bestimmen zu können, spielt neben dem verwendeten Algorithmus vor allem die Genauigkeit der Laufzeitmessung und damit die Bandbreite der verwendeten Funksignale eine wesentliche Rolle. Ultra-Wideband (UWB-)Signale haben eine Bandbreite von mindestens 500 MHz und sind deshalb für die hochpräzise Funkortung in RTLS-Systemen besonders geeignet [1]. Ein Echtzeitortungssystem mit UWB-Signalen besteht in der Regel aus verschiedenen ortsfesten Referenzstationen (Anker) sowie mobilen Geräten (Tags), deren Position im Funkfeld der Anker in Echtzeit bestimmt wird. Dazu werden die Entfernungen eines Tags zu den Ankern über Signallaufzeitmessungen bestimmt und anschließend weiter verarbeitet. Aufbauend auf dem Funkstandard IEEE 802.15.4 wurde als neuer Physical Layer UWB in IEEE802.15.4a definiert, um eine Entfernungsmessung zwischen Tag und Anker deutlich unter einem Meter zu ermöglichen. Vertreiber von Echtzeitortungssystemen, wie beispielsweise Decawave,

Sewio oder OpenRTLS verwenden UWB-Signale zur Positionsermittlung und bieten IEEE 802.15.4a konforme Produktlösungen an.

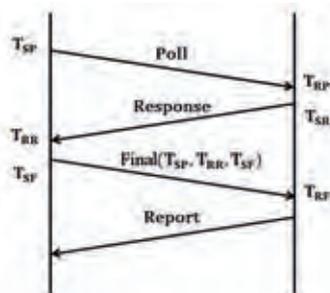


Abb. 1:
Two-Way-Ranging
(TWR)-Protokoll nach
IEEE 802.15.4a

In IEEE 802.15.4a wird zur Bestimmung der Signallaufzeit das sogenannte Two-Way-Ranging (TWR)-Protokoll spezifiziert. Nach diesem Protokoll sendet nach Abbildung 1 ein Tag eine Poll Message an die Anker. Der Tag speichert sich den Sendezeitpunkt T_{SP} der Poll Message dabei intern ab. Der Anker empfängt die Poll Message und antwortet dem Tag daraufhin mit einer Response Message. Die Anker merken sich dabei den Zeitpunkt des Empfangs der Poll Message T_{RP} und den Zeitpunkt des Sendens der Response T_{SR} . Der Tag sendet nach dem Empfang der Response Message eine Final Message zum Zeitpunkt T_{SF} . Diese enthält alle Zeitstempel des Tags. Der Anker kann seinerseits nach dem Empfang der Final Message

zum Zeitpunkt T_{RF} mithilfe seiner Zeitstempel die Flugzeit (ToF) ermitteln nach

$$ToF = \frac{((T_{RR} - T_{SP}) - (T_{SR} - T_{RP}) + (T_{RF} - T_{SR}) - (T_{SF} - T_{RR}))}{4}$$

Multipliziert man die Flugzeit ToF mit der Lichtgeschwindigkeit erhält man so die Entfernung zwischen Anker und Tag.

Durch eines in diesem Projekt verwendeten Sniffers kann der Paketaustausch zwischen Anker und Tag genau analysiert werden. Der Sniffer kopiert die versendeten Pakete, bettet sie in weitere Protokolle ein und leitet sie via Ethernet an die Analysesoftware Wireshark weiter [2]. Dort besteht nun die Möglichkeit, die Paketstruktur und die Zeitstempel zu visualisieren.

Für die Bestimmung der Tag-Position von zentraler Bedeutung ist die Genauigkeit, mit der die Entfernungen zwischen den Anker und dem Tag mithilfe der Signallaufzeitmessungen bestimmt werden kann. Dazu wurden umfangreiche Feldmessungen mit dem UWB-Ranging-Kit der Firma Sewio durchgeführt, das die UWB-Transceiver-Module DW1000 der Firma Decawave verwendet. Bei verschiedenen Entfernungen zwischen Tag und Anker wurden Langzeitmessungen durchgeführt, um eine statistische Auswertung der gemessenen Entfernungen zu ermöglichen. Zum Vergleich wurde die Entfernung jeweils mit einem Laser-Distanzmessgerät ermittelt. Abbildung 2 zeigt das Ergebnis einer exemplarischen Langzeitmessung bei einer Entfernung zwischen Tag und Anker von 2,68 m. Der Mittelwert, der über einen Zeitraum von 15 Minuten im Sekundentakt gemessenen Entfernungen mit dem UWB-Kit beträgt 2,66 m; die Standardabweichung 0,02 m. Mithilfe des sogenannten Kolmogorow-Smirnow-Tests wurde im Anschluss verifiziert, dass die statistischen Schwankungen der Entfernungsmessungen in guter Näherung als normalverteilt angenommen werden können. Weitere Messungen bei unterschiedlichen Entfernungen zwischen Tag und Anker haben ergeben, dass die Genauigkeit der Entfernungsmessungen bis zu einer Reichweite von ca. 130 m und ohne Mehrwegeausbreitung der UWB-Signale nur unwesentlich von der Baseline-Länge abhängig ist und die Messungen statistisch in guter Näherung einer Normalverteilung genügen.

Durch die Weiterverarbeitung der durch Signallaufzeitmessungen bestimmten Distanzen zwischen dem Tag und den Anker werden die Positionskoordinaten des Tags bei bekannten Positionskoordinaten der Anker berechnet.

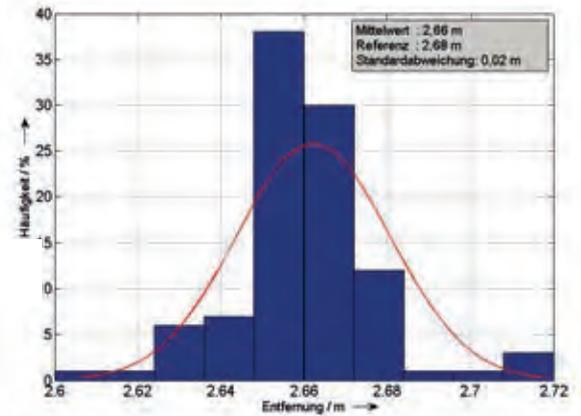


Abb. 2: Statistische Auswertung der Messgenauigkeit einer exemplarischen Entfernungsmessung

Wird die Tag-Position direkt aus den gemessenen Distanzen mit Trilateration ermittelt, spricht man von einem TOA (Time of Arrival)-System; wird die Position aus den Differenzen der gemessenen Distanzen durch Multilateration ermittelt – von einem TDOA (Time Difference of Arrival)-System. Bei einem TOA-System ist eine zeitliche Synchronisation zwischen den Anker und dem Tag erforderlich, was in den meisten Fällen mit einem größeren Softwareaufwand verbunden ist. Bei einem TDOA-System müssen lediglich die Anker synchronisiert sein; eine Synchronisation zwischen Tag und Anker ist nicht notwendig.

Die Positionsbestimmung in TOA-Systemen durch Trilateration lässt sich grafisch sehr anschaulich zeigen. Nach Abbildung 3 werden um die Anker Kreise bestimmt, deren Radien den jeweils gemessenen Distanzen entsprechen. Der Punkt, in dem sich alle Kreise schneiden, stellt die Tag-Position dar. Schneiden sich die Kreise nicht in einem Punkt, wird als Tag-Position der Punkt ermittelt, dessen Abstandsquadratsumme von den Kreisen minimal ist (Least-Squares-Verfahren).

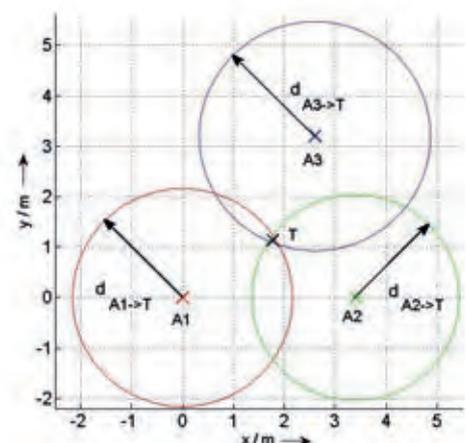


Abb. 3: Trilateration bei TOA-Auswertung (A: Anker; T: Tag)

Wird in einem RTLS-System das TDOA-Verfahren angewandt, werden zunächst die Differenzen der Entfernungen zu jeweils zwei Anker bestimmt und daraus die Tag-Position ermittelt. Nach Abbildung 4 liegen alle Punkte, deren Entfernungsdifferenz zu jeweils zwei Anker konstant ist, auf einer Hyperbel. Schneiden sich die unterschiedlichen Hyperbeln in einem Punkt, ist dies die gesuchte Tag-Position; ansonsten kann auch hier das Least-Squares-Verfahren angewandt werden. Mathematisch gesehen stellen die Hyperbelgleichungen ein nichtlineares Gleichungssystem dar. Dieses Gleichungssystem wird um eine Initialposition durch die Taylor-Approximation ersten Grades linearisiert und anschließend gelöst [3]. Die Approximation wird so lange iterativ durchgeführt, bis die Abweichung zwischen der tatsächlichen Tag-Position und der Initialposition einen vorgegebenen Wert erreicht.

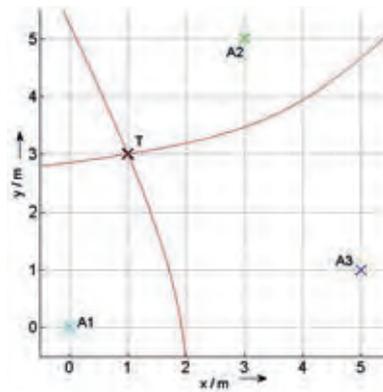


Abb. 4: Multilateration bei einer TDOA-Auswertung (A: Anker; T: Tag)

Die Genauigkeit der mithilfe des TOA- bzw. TDOA-Verfahrens ermittelten Tag-Positionen ist bestimmt durch die Genauigkeit der Entfernungsmessungen zwischen Tag und Anker und durch die geometrische Anordnung der Anker relativ zur Tag-Position im Funkfeld. Durch mathematische Betrachtungen lässt sich zeigen, dass die Wurzel aus dem mittleren quadratischen Fehler der Tag-Positionen p bestimmt wird durch das Produkt aus der Standardabweichung δ_d der Entfernungsmessungen und dem Faktor PDOP (Position Dilution of Precision), der allein durch die geometrische Anordnung der Anker relativ zur Tag-Position im Funkfeld bestimmt wird, d. h.

$$\sqrt{p^2} = PDOP \cdot \delta_d$$

Der PDOP-Faktor kann damit als Übertragungsfaktor betrachtet werden, der angibt, wie sich Fehler bei den Entfernungsmessungen zwischen Tag und Anker letztlich auf die Genauigkeit der Tag-Position auswirken.

Mathematisch wird der PDOP-Faktor aus den Diagonalelementen der Kovarianzmatrix der Positionsparameter bestimmt. Im Rahmen dieses Projekts wurde eine MATLAB-Analysesoftware erstellt, die es erlaubt, bei einer festen Anker-Konstellation den PDOP-Faktor im Funkfeld der Anker ortsabhängig zu berechnen und zu visualisieren.

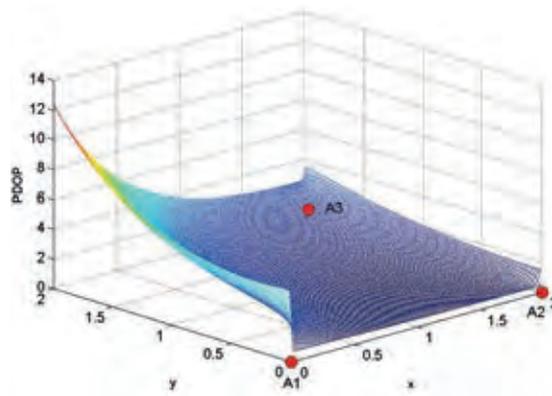


Abb. 5: Ortsabhängiger PDOP-Faktor bei drei Anker

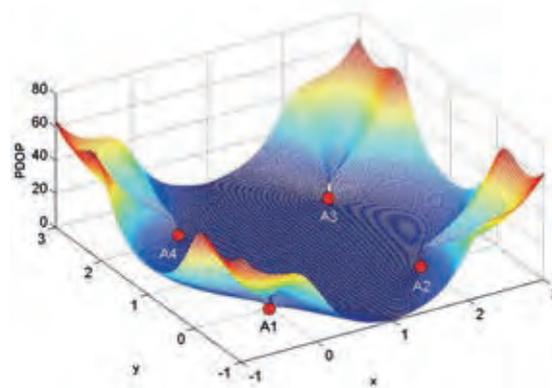


Abb. 6: Ortsabhängiger PDOP-Faktor bei vier Anker

Das Ergebnis einer solchen PDOP-Analyse ist in Abbildung 5 dargestellt. Es wird ein RTLS-System, bestehend aus drei Ankern, betrachtet. Die drei Anker befinden sich in drei der vier Ecken der zwei mal zwei Meter großen Testfläche. Wie Abbildung 5 zeigt, ist der PDOP-Faktor innerhalb des Dreiecks, bestehend aus den drei Ankern, relativ gering und nahezu konstant. Bewegt man sich nun in die Ecke, in der kein Anker steht, nimmt der PDOP-Faktor dagegen signifikant zu.

Abhilfe kann hier beispielsweise ein RTLS-System, bestehend aus vier Ankern, wie in Abbildung 6 dargestellt, bieten. Die Anker spannen nun ein Quadrat von zwei mal zwei Metern auf. Innerhalb des aufgespannten Quadrats ist der PDOP-Faktor nun annähernd konstant. In Bereichen unmittelbar hinter den Ankern nimmt der PDOP-Faktor jedoch deutlich zu.

AUTOREN

Prof. Dr.-Ing. Tobias Felhauer

Prodekan Fakultät E+I, wissenschaftl. Leiter Labor Telekommunikationstechnik, IAF-Forschungsgruppe Kommunikationstechnik, Lehrgebiete: Digitale Informationsübertragung, Funkkommunikation; Zellulare Mobilfunknetze, Advanced Channel Coding, felhauer@hs-offenburg.de



Jonas Holzer

Bachelorand Labor Telekommunikationstechnik, Student im Bachelor-Studiengang Elektrotechnik / Informationstechnik-plus jholzer@stud.hs-offenburg.de



Thomas Pietsch, B. Eng.

Assistent Labor Telekommunikationstechnik, Student im Master-Studiengang Elektrotechnik / Informationstechnik thomas.pietsch@hs-offenburg.de



Informationsquellen:

- [1] Z. Sahinoglu, S. Gezici, und I. Guvenc, Ultra-Wideband Positioning Systems: Theoretical Limits, Ranging Algorithms an Protocols, 978-0-521-87309-1, 2008
- [2] L. Chappell. Wireshark: Einführung in die Protokollanalyse, 978-3-8266-9713-52013
- [3] Sewio UWB Sniffer Datasheet
- [4] L. Zwirello, Realization of Impulse-Radio UWB Indoor Localization Systems, KIT Scientific Publishing, 2013

Kardiale Desynchronisation bei Resynchronisationstherapie

Prof. Dr.-Ing. med. habil. Matthias Heinke, Dr. med. Gudrun Dannberg, Priv.-Doz. Dr. med. habil. Helmut Kühnert

Optimale atrioventrikuläre und interventrikuläre Stimulationsdelays sind bei Patienten mit Sinusrhythmus, Herzinsuffizienz, ventrikulärer Desynchronisation und reduzierter linksventrikulärer Ejektionsfraktion für die kardiale Resynchronisationstherapie von Bedeutung. Das Ziel der Studie besteht in der Bestimmung der interatrialen, linksatrialen und interventrikulären Desynchronisation bei kardialen Resynchronisationstherapie Respondern und Nonrespondern.

Cardiac resynchronization therapy with optimal atrioventricular and interventricular pacing delays is an established device therapy in heart failure patients with sinus rhythm, ventricular desynchronization and reduced left ventricular ejection fraction. The aim of this study was to evaluate electrical interatrial, left atrial and interventricular desynchronization in cardiac resynchronization therapy responder and non-responder.

Einleitung

Bei Patienten mit Sinusrhythmus, medikamentös therapierefraktärer Herzinsuffizienz New York Heart Association Klasse II bis IV, reduzierter linksventrikulärer Ejektionsfraktion kleiner gleich 35 % und Linksschenkelblock mit QRS Dauer > 150 ms handelt es sich nach europäischen Leitlinien um eine IA-Indikation mit Empfehlungsgrad I und Evidenzgrad A zur kardialen Resynchronisationstherapie. Die Optimierung des atrioventrikulären und interventrikulären Delays der vorhofsynchronen biventrikulären Stimulation wird bei kardialen Resynchronisationstherapie Nonrespondern empfohlen [1, 2]. Das Ziel der Studie besteht in der präoperativen Bestimmung der elektrischen interatrialen, linksatrialen und interventrikulären Desynchronisation bei kardialen Resynchronisationstherapie, Respondern und Nonrespondern im Langzeitverlauf der vorhofsynchronen biventrikulären Stimulation.

Methoden

DGK Mannheim & World Congress Biomedical Engineering Toronto 2015

Die in diesem Forschungsbericht vorgestellten Methoden, Simulationen und Forschungsergebnisse zur elektrischen interatrialen, linksatrialen und interventrikulären Desynchronisation bei Sinusrhythmus und kardialer Resynchronisationstherapie wurden in einem Vortrag und Publikation auf der 81. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für

Kardiologie – Herz- und Kreislaufforschung DGK 2015, 8.–11. April 2015, in Mannheim [3] und in zwei Vorträgen und Publikationen auf dem World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, June 7–12, 2015, in Toronto [4, 5] vorgestellt und sind Bestandteil dieses Forschungsberichts. Für die Statistikanalyse wurde OriginPro® 2015 (OriginLab Corporation, Northampton, MA, USA) mit einer statistischen Signifikanz von $p < 0,05$ und der Pearson-Korrelation angewendet.

Transösophageale Elektrokardiographie vor biventrikulärer Stimulation

Bei Patienten mit Sinusrhythmus und therapierefraktärer Herzinsuffizienz erfolgte eine fokussierte transösophageale linkskardiale Elektrokardiographie mit multipolaren halbkugelförmigen Elektroden und einer distalen unipolaren zylinderförmigen Elektrode, die mithilfe elektrischer Spannungs- und Feldsimulationen optimiert wurden. Die multipolaren halbkugelförmigen Elektroden mit 6 mm Elektrodenlänge (TO4/8 Osypka) befanden sich auf der herznahen Seite der Ösophagussonde in posteriorer Position des linken Herzens und ermöglichten eine fokussierte bipolare transösophageale linkskardiale Elektrokardiographie und eine fokussierte bipolare linksatriale Stimulation (Abb. 1). Die fokussierte bipolare linkskardiale Elektrokardiographie erfolgte mit halbkugelförmigen Elektroden in Höhe der maximalen linksatrialen und linksventrikulären

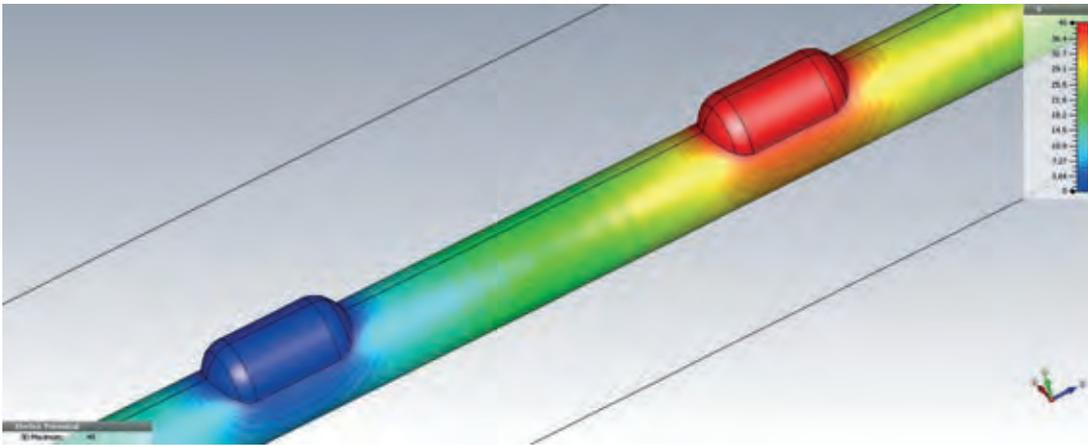


Abb. 1: Simulation der transösophagealen bipolaren linksatrialen Stimulation mit halbkugelförmigen Ösophagus-elektroden, 6 mm Elektrodenlänge und 40 V Stimulationsspannung

Signale in posteriorer linkskardialer Lage. Zur präoperativen Evaluierung der atrialen und ventrikulären Desynchronisation wurden die elektrischen Parameter interatriale, linksatriale und interventrikuläre Leitungszeit vor kardialer Resynchronisationstherapie bei Sinusrhythmus bestimmt. Die hämodynamisch optimierte biventrikuläre Stimulation erfolgte bei normfrequentem Sinusrhythmus als rechtsatrial getriggerte biventrikuläre Stimulation und bei bradykardem Sinusrhythmus als rechtsatrial stimulierte biventrikuläre Stimulation mit optimalen atrioventrikulären und interventrikulären Stimulationsdelays (Abb. 2).

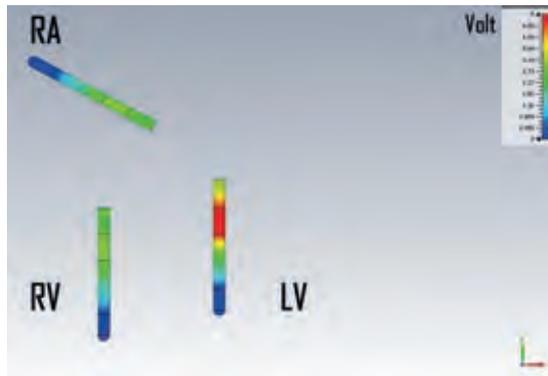


Abb. 2: Stimulation der kardialen Resynchronisationstherapie mit bipolarer rechtsatrialer, rechtsventrikulärer und linksventrikulärer Stimulation bei erhöhter linksventrikulärer Stimulationsspannung. RA – rechter Vorhof, RV – rechter Ventrikel, LV – linker Ventrikel

Ergebnisse

Kardiale Resynchronisationstherapie Responder

In der in Mannheim und Toronto vorgestellten Studie zur interatrialen und interventrikulären Desynchronisation [3, 4] erhielten 38 Patienten (35 Männer und 3 Frauen) mit Sinusrhythmus, Herzinsuffizienz New York Heart Association Klasse $3,0 \pm 0,2$, $25,4 \pm 6,9$ % linksventrikuläre Ejektionsfraktion und $171,7 \pm 36,2$ ms verbreiteter QRS-Dauer eine kardiale Resynchronisationstherapie. Im Langzeitverlauf der biventrikulären Stimulation ergaben sich 32 kardiale Resynchronisationstherapie Responder, bei denen das interatriale Delay $75,19 \pm 33,49$ ms, interventrikuläre Delay $78,91 \pm 24,73$ ms, interatriale Delay-interventrikuläre

Delay-Verhältnis $1,04 \pm 0,66$ betragen (Abb. 3).

Die kardialen Resynchronisationstherapie Responder verbesserten in der New York Heart Association Klasse von $3,0 \pm 0,2$ auf $2,0 \pm 0,3$ ($P < 0,001$) während $16,5 \pm 18,9$ Monaten biventrikulärer Stimulation.

In der in Toronto vorgestellten Studie zur linksatrialen Desynchronisation und linksventrikulären Ejektionsfraktion [5] wurde bei 20 Patienten das transösophageale elektrische linksatriale Delay vor kardialer Resynchronisationstherapie untersucht. Im Langzeitverlauf der biventrikulären Stimulation ergaben sich 16 kardiale Resynchronisationstherapie Responder, bei denen das linksatriale Delay $49,6 \pm 14,2$ ms betrug und eine negative Korrelation zwischen linksatrialem Delay und $26,0 \pm 6,2$ % linksventrikulärer Ejektionsfraktion (Pearson Korrelation $r = -0,53$, $P = 0,034$) nachgewiesen werden konnte. Die kardialen Resynchronisationstherapie Responder verbesserten in der New York Heart Association Klasse von $3,0 \pm 0,29$ auf $2,1 \pm 0,2$ während $9,41 \pm 10,96$ Monaten biventrikulärer Stimulation.



Abb. 3: Beispiel der elektrischen interatrialen und interventrikulären Desynchronisation mit einem IAD-IVD-Verhältnis von 0,8 bei Sinusrhythmus, dilatativer Kardiomyopathie, Herzinsuffizienz NYHA III und linksventrikulärer Ejektionsfraktion von 15 % vor kardialer Resynchronisationstherapie. IAD – elektrisches interatriales Delay, IVD - elektrisches interventrikuläres Delay, QRS – QRS Dauer, I, V3 – transthorakales EKG, Oe – bipolare transösophageales EKG

Kardiale Resynchronisationstherapie Nonresponder

In den in Mannheim und Toronto vorgestellten Studien zur interatrialen und interventrikulären Desynchronisation [3, 4] verringerte sich bei 6 kardialen Resynchronisationstherapie Nonrespondern (Abb. 4) das interventrikuläre Delay auf $50,0 \pm 28,26$ ms ($P=0,014$) und das interatriale Delay-interventrikuläre Delay-Verhältnis erhöhte sich auf $1,92 \pm 1,65$ ($P=0,029$). Das interatriale Delay betrug $67,0 \pm 24,9$ ms und korrelierte mit dem interatrialen Delay-interventrikulären Delay-Verhältnis ($r=0,85$, $P=0,031$). Die kardialen Resynchronisationstherapie Nonresponder verbesserten nicht in der New York Heart Association Klasse von $3,0 \pm 0,3$ auf $2,9 \pm 0,5$ während $14,3 \pm 13,7$ Monaten biventrikulärer Stimulation.

In der in Toronto vorgestellten Studie zur linksatrialen Desynchronisation und linksventrikulären Ejektionsfraktion [5] ergab sich bei 4 kardialen Resynchronisationstherapie Nonrespondern ein linksatriales Delay von $75,25 \pm 19,17$ ms ohne Korrelation zur linksventrikulären Ejektionsfraktion von $20,75 \pm 6,4$ % ($r= -0,831$, $P=0,169$). Die kardialen Resynchronisationstherapie Nonresponder verbesserten nicht in der New York Heart Association Klasse von $3,0 \pm 0,4$ auf $2,8 \pm 0,5$ während $13,9 \pm 16,4$ Monaten biventrikulärer Stimulation.

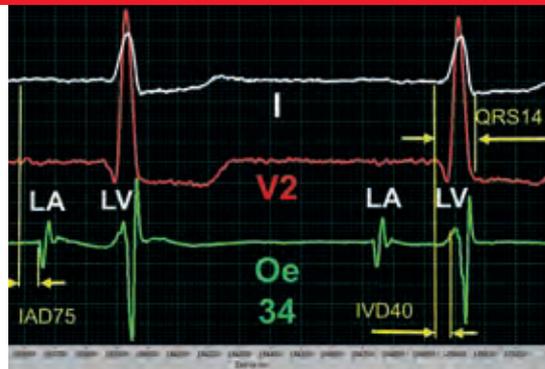


Abb. 4:

Beispiel der elektrischen interatrialen und interventrikulären Desynchronisation mit einem IAD-IVD-Verhältnis von 1,9 bei Sinusrhythmus, ischämischer Kardiomyopathie, Herzinsuffizienz NYHA II-III und linksventrikulärer Ejektionsfraktion von 20 % eines kardialen Resynchronisationstherapie Nonresponders. IAD – elektrisches interatriales Delay, IVD – elektrisches interventrikuläres Delay, QRS – QRS Dauer, I, V3 – transthorakales EKG, Oe – bipolare transösophageales EKG, LA – linksatriales Signal, LV - linksventrikuläres Signal

Schlussfolgerungen

Die fokussierte transösophageale linksatriale Elektrokardiographie ermöglicht bei Patienten mit Herzinsuffizienz und Sinusrhythmus die Evaluierung der elektrischen interatrialen, linksatrialen und linksventrikulären Desynchronisation. Die elektrischen Desynchronisationsparameter interatriales Delay, linksatriales Delay, interventrikuläres Delay und interatriales Delay, interventrikuläres Delay-Verhältnis können möglicherweise zur Vorhersage kardialer Resynchronisationstherapie Responder und kardialer Resynchronisationstherapie Nonresponder bei Sinusrhythmus genutzt werden.

Literatur:

- [1] ESC Pocket Guidelines Schrittmacher- und kardiale Resynchronisationstherapie. 2013 ESC Guidelines on cardiac pacing and cardiac resynchronization therapy. The Task Force on cardiac pacing and resynchronization therapy of the European Society of Cardiology (ESC). Bömm Bruckmeier Verlag GmbH. 978-3-89862-950-8, 1-57
- [2] The Task Force on cardiac pacing and resynchronization therapy of the European Society of Cardiology (ESC). Developed in collaboration with the European Heart Rhythm Association (EHRA): 2013 ESC Guidelines on cardiac pacing and cardiac resynchronization therapy European Heart Journal (2013), 1-49, doi:10.1093/eurheartj/eh1150
- [3] M. Heinke, G. Dannberg, H. Kühnert: Interatriales und interventrikuläres elektrisches Delay Verhältnis bei kardialen Resynchronisationstherapie Respondern und Nonrespondern mit Sinusrhythmus. Clin Res Cardiol 104, Suppl 1, April 2015, V165, DOI 10.1007/s00392-015-1100-4
- [4] M. Heinke, G. Dannberg, T. Heinke, B. Ismer, T. Haber, J. Tumamos, H. Kühnert: Electrical Interatrial to Interventricular Conduction Delay Ratio 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_25
- [5] 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, DECHEMA-Fachgruppe Ads

AUTOREN

Prof. Dr.-Ing. med. habil. Matthias Heinke

Fachingenieur der Medizin, Praktikantenamtsleiter Medizintechnik, Wissenschaftlicher Leiter Labor Kardiovaskuläre Gerätetechnik und Rhythmologie, Lehrgebiete Biosignal Processing, Kardiale Elektrophysiologie, Rhythmologische Device-Therapie, Hämodynamik, Telemedizin, Medizinische Statistik, Qualitätssicherung
matthias.heinke@hs-offenburg.de



Dr. med. Gudrun Dannberg

Oberärztin Kardiologie, Klinik für Innere Medizin I, Universitätsklinikum der Friedrich-Schiller-Universität Jena
gudrun.dannberg@med.uni-jena.de



Dr. med. habil. Helmut Kühnert

Privatdozent, Lehrgebiete Kardiologie, Elektrophysiologie, Innere Medizin, Universitätsklinikum der Friedrich-Schiller-Universität Jena
helmkue@gmail.com



Rhythmologisches Qualitätsmanagement mit MediConnect® & LATITUDE™

Prof. Dr.-Ing. med. habil. Matthias Heinke, Jonas Tumampos B. Sc., Patrick Hoch B. Sc.

Die Qualitätsanforderungen an die Herzschrittmacher-, implantierbare Kardioverter/Defibrillator (ICD) und kardiale Resynchronisationstherapie (CRT) sind sehr hoch. Die MediConnect®-Herzschrittmacherdatenbank der Firma Fleischhacker und das Fernnachsorgesystem LATITUDE™ von Boston Scientific sind Systeme, die zu einer erhöhten Qualität und Effizienz im Bereich der Rhythmologie beitragen können. Das Ziel der Herzrhythmusimulation bestand in der Analyse und Darstellung des rhythmologischen Qualitätsmanagements mit MediConnect® und LATITUDE™.

The quality requirements in cardiac pacemaker, implantable cardioverter defibrillator (ICD) and cardiac resynchronization therapy (CRT) are very high. The MediConnect® pacemaker data base and the remote monitoring system LATITUDE™ from Boston Scientific are systems that could contribute to an increased quality and efficiency in rhythmology. The aim of the heart rhythm simulation was to analyse and constitute the possibilities of rhythmological quality management with MediConnect® and LATITUDE™.

Einleitung

Die Rhythmologie als Teilgebiet der Kardiologie beschäftigt sich mit der Diagnostik und Therapie bradykarder und tachykarder Herzrhythmusstörungen. Als nichtmedikamentöse Therapie bradykarder Rhythmusstörungen (ventrikuläre Tachykardien und Kammerflimmern) werden sehr erfolgreich implantierbare Kardioverter/Defibrillatoren (ICD) angewendet. Bei Patienten mit medikamentös therapierefraktärer Herzinsuffizienz New York Heart Association Klasse II bis IV, reduzierter linksventrikulärer Pumpfunktion und elektrischer ventrikulärer Desynchronisation kann die kardiale Resynchronisationstherapie (CRT) mit vorhofsynchroner biventrikulärer Stimulation bei Sinusrhythmus die New York Heart Association Klasse der Herzinsuffizienz verbessern [1].

Durch diese neue Device-Therapie bei Herzrhythmusstörungen und Herzinsuffizienz wächst die Anzahl der auf diesem Weg behandelten Patienten ständig. Für die behandelnden Krankenhäuser bedeutet dies einen erhöhten Aufwand an Dokumentation von Patienten- und Aggregatdaten bei Implantation, Nachsorge und Revision nach deutschen und europäischen Leitlinien für die Device-Therapie bei Herzrhythmusstörungen und Herzinsuf-

fizienz. Die MediConnect®-Software der Firma Fleischhacker und das Fernnachsorgesystem LATITUDE™ von Boston Scientific (Abb. 1) kommen mit HSM, ICD und CRT in Kombination mit dem Herzrhythmusimulator InterSim II im Labor für Kardiovaskuläre Gerätetechnik und Rhythmologie der Hochschule Offenburg zur Anwendung [2].

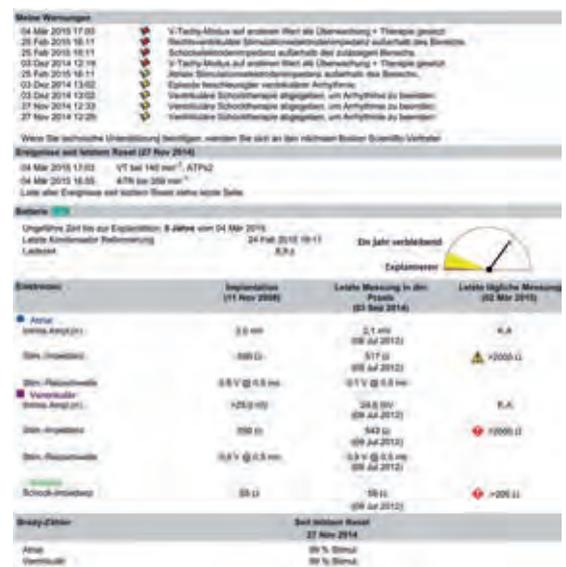


Abb. 1: Warnungen, Ereignisse seit letztem Reset, Batterie, Elektroden und Brady-Zähler im LATITUDE™ Patienten-Management-Quick-Notes-Bericht eines Boston Scientific TELIGEN 100 F110 implantierbaren Doppelkammer Cardioverter/Defibrillator (DDD-ICD)

Methoden

MediConnect® Management- und Datenbanksystem

MediConnect® der Firma Fleischhacker GmbH & Co. KG ist eine Softwarelösung zum Management aller klinischen Prozesse und Daten im Bereich der Inneren Medizin, Kardiologie und Rhythmologie mit über 400 Geräteschnittstellen und ermöglicht die Einbindung in das Krankenhausinformationssystem. MediConnect® speichert alle klinischen Daten als plattformunabhängiges System und hilft, vorhandene Prozesse der Vorbereitung, Planung, Auswertung und Archivierung von Patientendaten zu strukturieren. MediConnect® ist das derzeit führende Management- und Datenbanksystem für HSM, ICD, CRT und kardiale Kontraktilitätsmodulation (CCM) und wird als Einzelplatzversion in einer Praxis oder als komplexe Serverversion in einem großen Klinikum in Kombination mit dem Krankenhausinformationssystem eingesetzt. Im Bereich der Schrittmachernachsorge bietet MediConnect® elektronische Schnittstellen für Nachsorgedaten von Programmiergeräten der Firmen Medtronic GmbH, Boston Scientific, St. Jude Medical, Biotronik und Sorin Group, die zur Anbindung, Archivierung, Überprüfung und Dokumentation der Implantation, Nachsorge und Revision von HSM, ICD, CRT und CCM dienen.

LATITUDE™ Patienten-Management-System

Das Boston Scientific LATITUDE™ Patienten-Management-System wird zur Fernüberwachung (Remote Monitoring) von Patienten mit implantierten Herzschrittmachern, ICD und CRT-Systemen von Boston Scientific verwendet [3]. LATITUDE™ stellt dem Arzt und Klinikpersonal alle wichtigen Messwerte, Elektrokardiogramme, programmierbare Parameter, Alarmmeldungen und Statistiken der implantierten HSM, ICD und CRT sehr übersichtlich auf einer gesicherten Website zur Verfügung (Abb. 1). Der LATITUDE™-Communicator fragt das implantierte Gerät in regelmäßigen Abständen, beim Auftreten lebensbedrohlicher Herzrhythmusstörungen und bei technischen Störungen (z.B. Elektrodenbruch) telemetrisch ab und überträgt die Daten (Abb. 2) an den Arzt (Abb. 3).



Abb. 2:

Einstellungen und Ereignisse seit letztem Reset im LATITUDE™-Patienten-Management – Quick-Notes-Bericht eines Boston Scientific TELIGEN 100 implantierbaren Doppelkammer Cardioverter/Defibrillator (DDD-ICD)

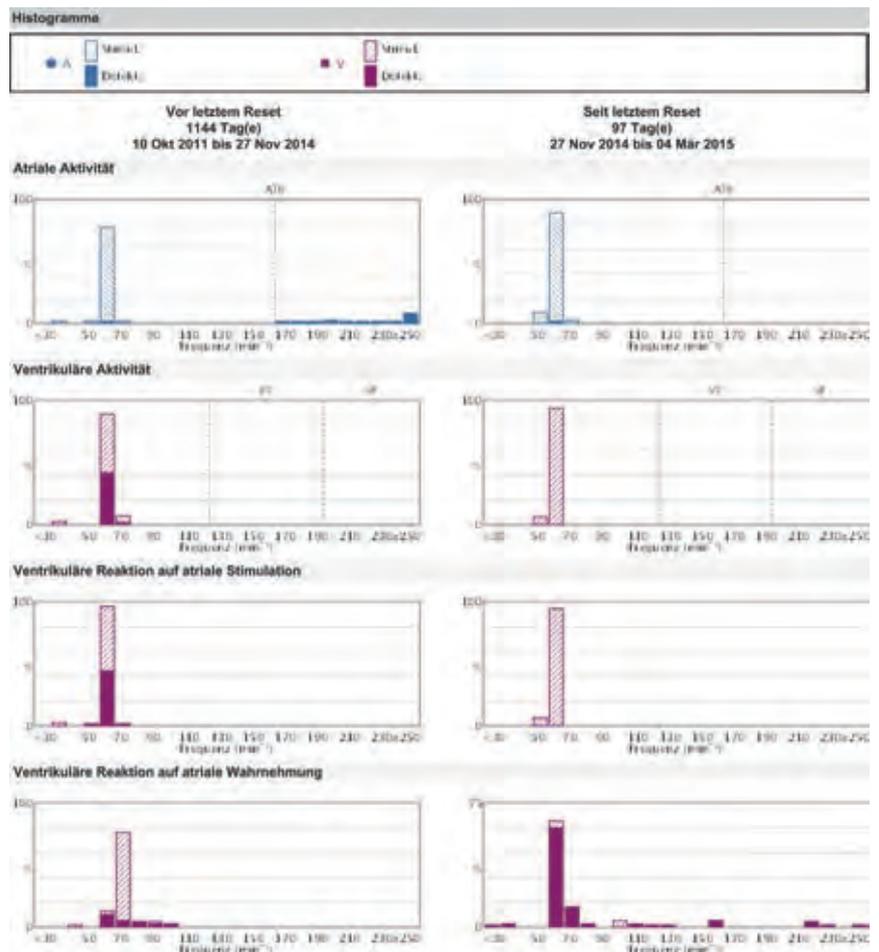


Abb. 3:

Histogramme, atriale Aktivität, ventrikuläre Aktivität, ventrikuläre Reaktion auf atriale Stimulation und ventrikuläre Reaktion auf atriale Wahrnehmung im LATITUDE™-Patienten-Management – Quick-Notes-Bericht eines Boston Scientific TELIGEN 100 implantierbaren Doppelkammer Cardioverter/Defibrillator (DDD-ICD)

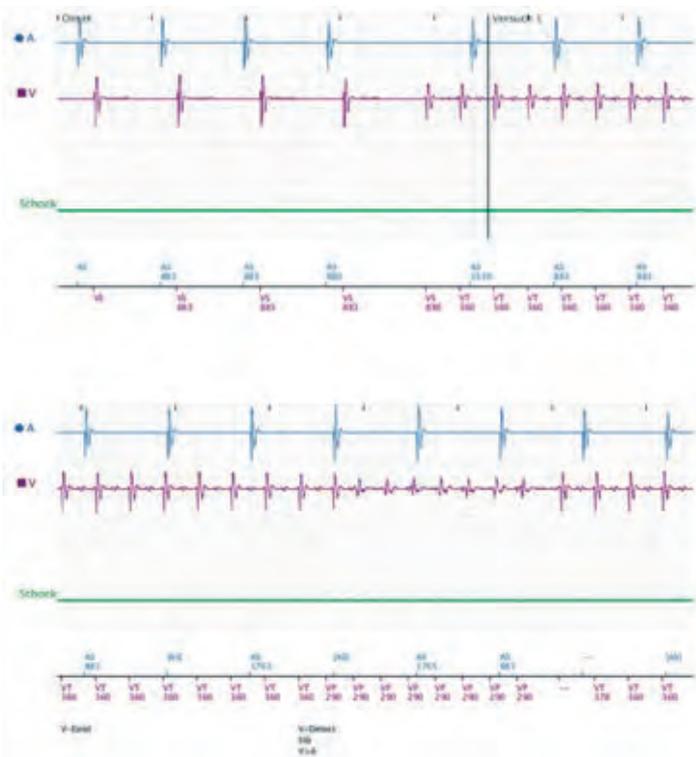


Abb. 5: Ventrikulärer Tachykardie Onset mit durchschnittlicher atrialer Frequenz 58 /min, ventrikulärer Frequenz von 167 /min, ineffektiver erster Versuch der antitachykarden ventrikulären Burststimulation bei normofrequentem atrialen Rhythmus im LATITUDE™-Patienten-Management - Ereignisdetailbericht eines Boston Scientific TELIGEN 100 implantierbaren Doppelkammer Cardioverter/Defibrillator (DDD-ICD)

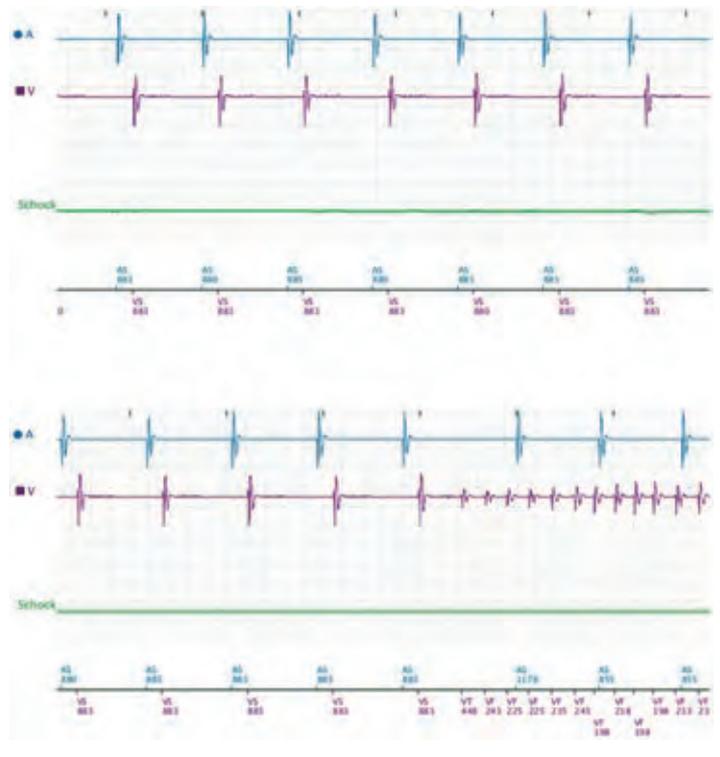


Abb. 6: Sinusrhythmus und Onset von Kammerflimmern mit ventrikulärer Frequenz von 275 /min und durchschnittlicher atrialer Frequenz von 64 /min im LATITUDE™-Patienten-Management - Ereignisdetailbericht eines Boston Scientific TELIGEN 100 implantierbaren Doppelkammer Cardioverter/Defibrillator (DDD-ICD)

Schlussfolgerungen

Die Herzrhythmusimulation mit InterSim II, ICD, CRT, LATITUDE™ Patient-Management-System und MediConnect® ermöglichte eine Evaluierung des rhythmologischen Qualitätsmanagements. LATITUDE™ und MediConnect® können sehr effektiv die automatisierte Fernachsorge bei rhythmologischer Device-Therapie unterstützen und die Diagnostik und Therapie von Herzrhythmusstörungen und Herzinsuffizienz verbessern.

AUTOREN

Prof. Dr.-Ing. med. habil. Matthias Heinke
 Fachingenieur der Medizin, Praktikantenamtsleiter Medizintechnik, Wissenschaftlicher Leiter Labor Kardiovaskuläre Gerätetechnik und Rhythmologie, Lehrgebiete Biosignal Processing, Kardiale Elektrophysiologie, Rhythmologische Device-Therapie, Hämodynamik, Telemedizin, Medizinische Statistik, Qualitätssicherung, matthias.heinke@hs-offenburg.de



Jonas Tumampos B. Sc.
 Akademischer Mitarbeiter
 Labor Kardiovaskuläre Gerätetechnik
 jonas.tumampos@hs-offenburg.de



Patrick Hoch B. Sc.
 Medizintechnik, Hochschule Offenburg
 phoch@stud.hs-offenburg.de



Literatur:

- [1] The Task Force on cardiac pacing and resynchronization therapy of the European Society of Cardiology (ESC). Developed in collaboration with the European Heart Rhythm Association (EHRA): 2013 ESC Guidelines on cardiac pacing and cardiac resynchronization therapy European Heart Journal (2013), 1-49, doi:10.1093/eurheartj/eh1150
- [2] P. Hoch: Rhythmologisches Qualitätsmanagement mit MediConnect und LATITUDE, Hochschule Offenburg, 2015
- [3] Boston Scientific LATITUDE Patienten Handbuch, 2014
- [4] M. Heinke, G. Dannberg, T. Heinke, B. Ismer, T. Haber, J. Tumampos, H. Kühnert: Electrical Interatrial to Interventricular Conduction Delay Ratio 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_25

Regelungstechnik einfach verpackt

Ein aufwandsarmer Entwurf von Zustandsreglern für spezielle Systeme

Prof. Dr.-Ing. habil. Uwe Nuß

Es wird gezeigt, wie Zustandsregler für eine bestimmte Klasse von Regelstrecken auf sehr einfache Weise berechnet werden können. Im Vordergrund stehen hierbei Systeme, deren Streckenkern um Totzeitglieder und Reglerintegratoren erweitert wurde und bei denen der Streckenkern ebenso viele Zustandsgrößen wie Stellgrößen aufweist. Veranschaulicht wird die vorgeschlagene Methode an einem Beispiel aus der elektrischen Antriebstechnik.

The paper figures out how state space controllers can be designed very simply for a specific class of plants. Particularly systems are regarded whose kernel is extended by dead time transfer elements and integral-action components of the controller and whose amount of state variables is the same as the amount of the manipulated variables. The method is illustrated at an example from the field of electrical drives.

Einführende Übersicht

Zustandsregler sind die leistungsfähigsten Regler, die einem Regelungstechniker zur Formung des dynamischen Verhaltens von Regelstrecken zur Verfügung stehen. Die Basis hierfür ist die Rückführung aller Zustandsgrößen auf die Stellgrößen. Können sie nicht gemessen werden, dann erfolgt ihre Schätzung mithilfe eines Beobachters.

Die Herausforderungen beim Entwurf und der Implementierung einer Zustandsregelung bestehen in der Regel darin, die vorhandenen Freiheitsgrade zielgerichtet einzusetzen und den oft in Echtzeit erforderlichen Aufwand für die Reglerberechnung in Grenzen zu halten. Aber auch für die Lehre wäre es wünschenswert, wenn die Berechnung eines Zustandsreglers für Systeme mittlerer Ordnung noch von Hand durchgeführt werden könnte. Für spezielle Systeme lässt sich hierzu die Regelstrecke so aufgliedern, dass zunächst der Reglerentwurf für einen Streckenkern mit geringerer Ordnung erfolgt und anschließend mit determinierten Beziehungen der dort ermittelte Zustandsregler auf das Gesamtsystem übertragen wird. Systeme, die sich hierfür eignen, sind Regelstrecken mit in Reihe angeordneten Totzeitgliedern sowie Regelkreise mit Reglerintegratoren zur Sicherstellung der stationären Genauigkeit beim Vorhandensein von nicht messbaren Störgrößen oder ungenau bekannten Streckenparametern [1]. Hat der Streckenkern nur noch so viele Zustandsgrößen wie Stellgrößen, dann wird der Zustandsreglerent-

wurf besonders einfach. So können z. B. für Antriebsregelkreise 6. Ordnung (zwei Totzeitglieder, zwei Reglerintegratoren, zwei weitere Zustandsgrößen für den Streckenkern) mit zwei Stellgrößen sehr aufwandsarm äußerst hochdynamische Zustandsregler entworfen werden. Ein Beispiel aus diesem Applikationsbereich illustriert die Wirksamkeit der nachfolgend beschriebenen Methode.

Lineares Zustandsraummodell einer Regelstrecke

Für die Modellierung einer linearen oder linearisierten sowie zeitinvarianten Regelstrecke im Zustandsraum wird üblicherweise die Zustandsdifferentialgleichung

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{A} \cdot \mathbf{x} + \mathbf{B} \cdot \mathbf{u} + \mathbf{E} \cdot \mathbf{z} \quad (1)$$

zugrunde gelegt [2, 3]. Hierbei bezeichnet \mathbf{x} den n -dimensionalen Zustandsvektor, \mathbf{u} den p -dimensionalen Stellgrößenvektor und \mathbf{z} den r -dimensionalen Störgrößenvektor. \mathbf{A} ist die Dynamikmatrix, \mathbf{B} die Steuereingangsmatrix und \mathbf{E} die Störeingangsmatrix. Wird die Regelstrecke mit der Abtastzeit T diskretisiert – bei konstant angenommenen Stell- und Störgrößen innerhalb des Abtastintervalls –, dann erhält man die Zustandsdifferenzgleichung [3, 4]

$$\mathbf{x}_{k+1} = \Phi \cdot \mathbf{x}_k + \mathbf{H} \cdot \mathbf{u}_k + \mathbf{H}_z \cdot \mathbf{z}_k \quad (2)$$

Reglerentwurf für ein System mit Reglerintegratoren bei schon vorhandenem Zustandsregler für ein System ohne Reglerintegratoren

Der Index k bzw. $k+1$ weist hierbei auf den Abtastzeitpunkt kT bzw. $(k+1)T$, $k \in \mathbb{N}_0$ hin. ϕ ist die Transitionsmatrix, H die zeitdiskrete Steuerungseingangsmatrix und H_z die zeitdiskrete Störungseingangsmatrix.

Häufig kommt es bei zeitdiskreten Systemen vor, dass Rechenzeiten für die Algorithmusarbeitung wegen eines genauen Streckenabbildes beim Reglerentwurf modelliert werden müssen [5]. Beträgt diese sogenannte Rechentotzeit genau ein Abtastintervall – was durch die Synchronisation der Messwerterfassung mit der Stellgrößenbereitstellung möglich ist –, dann werden die berechneten Stellgrößen erst ein Abtastintervall später in der Strecke wirksam. Modelliert wird das mithilfe des Teilzustandsvektors \mathbf{v}_T der die Ausgangsgrößen der Totzeitglieder beschreibt und die Differenzgleichung

$$\mathbf{v}_{T,k+1} = \mathbf{u}_k \quad (3)$$

aufweist. Aus Gl. (2) wird dann die Zustandsdifferenzgleichung

$$\mathbf{x}_{k+1} = \phi \cdot \mathbf{x}_k + H \cdot \mathbf{v}_{T,k} + H_z \cdot \mathbf{z}_k \quad (4)$$

Schließlich kann der Regler – wie bereits erwähnt wurde – noch Reglerintegratoren enthalten. Bezeichnet man den Vektor der Regelgrößen mit \mathbf{y}_R sowie den Vektor der Führungsgrößen mit \mathbf{w} und geht man darüber hinaus davon aus, dass jede Regelgröße einen eigenen Reglerintegrator erhält, dann lautet die vektorielle Differentialgleichung der Reglerintegratoren

$$\dot{\mathbf{v}}_I = \mathbf{w} - \mathbf{y}_R \quad (5)$$

wenn \mathbf{v}_I der Vektor der Reglerintegratorausgangsgrößen ist [2, 3]. Um daraus wieder eine Zustandsdifferentialgleichung zu machen, muss der Regelgrößenvektor \mathbf{y}_R durch die Ausgangsgleichung

$$\mathbf{y}_R = \mathbf{C}_R \cdot \mathbf{x} \quad (6)$$

mit der Regelgrößenausgangsmatrix \mathbf{C}_R ersetzt werden. Somit ergibt sich für die Reglerintegratoren die Zustandsdifferentialgleichung

$$\dot{\mathbf{v}}_I = \mathbf{w} - \mathbf{C}_R \cdot \mathbf{x} \quad (7a)$$

Bei einem zeitdiskret realisierten Regler lautet die zugehörige Zustandsdifferenzgleichung der Reglerintegratoren [5]

$$\mathbf{v}_{I,k+1} = \mathbf{v}_{I,k} + \mathbf{w}_k - \mathbf{C}_R \cdot \mathbf{x}_k \quad (7b)$$

Wurde in einem vorangehenden Entwurfschritt für die Regelstrecke ohne Berücksichtigung von Reglerintegratoren bereits eine Zustandsreglermatrix \mathbf{K} ermittelt, dann lässt sich auf dieser Basis aufwandsarm die Reglermatrix $\mathbf{K}' = [\mathbf{K}'_a \ \mathbf{K}'_b]$ für das Gesamtsystem ermitteln. Mit der Forderung, dass sich das Führungsverhalten durch das Einfügen der Reglerintegratoren nicht ändert, lautet das Ergebnis für zeitkontinuierliche Systeme

$$\mathbf{K}'_a = \mathbf{K} + \mathbf{M} \cdot \mathbf{\Lambda}_{R,I} \cdot \mathbf{C}_R \cdot (\mathbf{A} - \mathbf{B} \mathbf{K})^{-1} \quad (8a)$$

$$\mathbf{K}'_b = \mathbf{M} \cdot \mathbf{\Lambda}_{R,I} \quad (8b)$$

Mit \mathbf{K}'_a wird darin derjenige Teil der Reglermatrix \mathbf{K}' bezeichnet, der mit dem Streckenzustandsvektor \mathbf{x} multipliziert wird. \mathbf{K}'_b ist dagegen derjenige Teil von \mathbf{K}' , der mit dem Vektor \mathbf{v}_I der Reglerintegratorausgangsgrößen verknüpft ist. Darüber hinaus bezeichnet \mathbf{M} die Vorfiltermatrix, über die der Führungsgrößenvektor \mathbf{w} der Stellgrößenbildung zugeführt wird und für die im ersten Entwurfsschritt unter der Annahme, dass genauso viele Stellgrößen wie Regelgrößen vorhanden sind, das Ergebnis

$$\mathbf{M} = -(\mathbf{C}_R \cdot (\mathbf{A} - \mathbf{B} \mathbf{K})^{-1} \cdot \mathbf{B})^{-1} \quad (9)$$

ermittelt wurde [3, 4]. Es lässt sich zeigen, dass dieser Wert für \mathbf{M} beibehalten werden muss, wenn die Erfüllung der Forderung nach identischem Führungsverhalten bei Systemen mit und ohne Reglerintegratoren aufrechterhalten werden soll. Schließlich kennzeichnet $\mathbf{\Lambda}_{R,I}$ die Diagonalmatrix der wegen der Reglerintegratoren zusätzlich vorhandenen Regelungseigenwerte.

Erfolgt die Regelung zeitdiskret, dann lauten die den Gln. (8a), (8b) und (9) entsprechenden Beziehungen

$$\mathbf{K}'_a = \mathbf{K} - \mathbf{M} \cdot (\mathbf{I} - \mathbf{Z}_{R,I}) \cdot \mathbf{C}_R \cdot (\phi - \mathbf{H} \mathbf{K} - \mathbf{I})^{-1} \quad (10a)$$

$$\mathbf{K}'_b = -\mathbf{M} \cdot (\mathbf{I} - \mathbf{Z}_{R,I}) \quad (10b)$$

$$\mathbf{M} = (\mathbf{C}_R \cdot (\mathbf{I} - \phi + \mathbf{H} \mathbf{K})^{-1} \cdot \mathbf{H})^{-1} \quad (11)$$

mit der Diagonalmatrix $\mathbf{Z}_{R,I}$ der von den Reglerintegratoren zusätzlich hervorgerufenen zeitdiskreten Regelungseigenwerte [1]. Anzumerken ist schließlich sowohl im Fall eines zeitkontinuierlichen als auch für den Fall eines

Literaturverzeichnis:

- [1] Nuß, U.: Ein einfacher Zustandsreglerentwurf im Zuge der Erweiterung der Systemstruktur um Reglerintegratoren und Rechentotzeiten. at – Automatisierungstechnik 64 (2016), S. 29 - 40
- [2] Föllinger, O.: Regelungstechnik, 11. Aufl., Berlin, Offenbach, VDE Verlag, 2013
- [3] Lunze, J.: Regelungstechnik 2, 7. Auflage, Heidelberg, Dordrecht, London, New York, Springer-Verlag, 2013
- [4] Föllinger, O.: Lineare Abtastsysteme, 4. Auflage, München, Wien, Oldenbourg Verlag, 1990
- [5] Nuß, U.: Hochdynamische Regelung elektrischer Antriebe. Berlin, Offenbach: VDE Verlag, 2010

zeitdiskreten Systems, dass der vorgestellte Zustandsregler dazu führt, dass die Regelungseigenwerte, die in der Eigenwertmatrix $\Lambda_{R,I}$ bzw. $Z_{R,I}$ zusammengefasst sind, von den Führungsgrößen aus gesehen nicht steuerbar sind.

Reglerentwurf für ein System mit Rechentotzeit bei schon vorhandenem Zustandsregler für ein System ohne Rechentotzeit

Liegt für ein zeitdiskretes System ohne Rechentotzeit bereits ein Zustandsregler vor und wird dieses System um die die Rechentotzeit T beschreibenden, im Vektor \mathbf{v}_T zusammengefassten Zustandsgrößen erweitert, dann lässt sich aus einer bereits zuvor ermittelten Reglermatrix \mathbf{K} für das System ohne Rechentotzeit die Zustandsreglermatrix $\mathbf{K}'' = [\mathbf{K}''_a \quad \mathbf{K}''_b]$ mit

$$\mathbf{K}''_a = \mathbf{K} \cdot \boldsymbol{\phi}, \quad (12a)$$

$$\mathbf{K}''_b = \mathbf{K} \cdot \mathbf{H} \quad (12b)$$

für das System mit Rechentotzeit berechnen [1]. \mathbf{K}''_a kennzeichnet hierbei diejenigen Rückführkoeffizienten von \mathbf{K}'' , die mit den Zustandsgrößen der ursprünglichen Regelstrecke ohne Rechentotzeitberücksichtigung multipliziert werden, während \mathbf{K}''_b diejenigen Rückführkoeffizienten enthält, die mit den in \mathbf{v}_T enthaltenen Ausgangsgrößen der Rechentotzeitglieder multipliziert werden. Handelt es sich bei der ursprünglichen Regelstrecke bereits um ein System mit Reglerintegratoren, dann sind in den Gln. (12a) und (12b) anstatt \mathbf{K} , $\boldsymbol{\phi}$ und \mathbf{H} des Streckenkerns die Matrizen $\mathbf{K}' = [\mathbf{K}'_a \quad \mathbf{K}'_b]$ entsprechend den Gln. (10a) und (10b) sowie

$$\boldsymbol{\phi}' = \begin{bmatrix} \boldsymbol{\phi} & \mathbf{0} \\ -\mathbf{C}_R & \mathbf{I} \end{bmatrix} \quad \mathbf{H}' = \begin{bmatrix} \mathbf{H} \\ \mathbf{0} \end{bmatrix} \quad (13)$$

einzusetzen, wodurch sich schließlich

$$\mathbf{K}'' = [\mathbf{K}'_a \quad \mathbf{K}'_b] \cdot \begin{bmatrix} \boldsymbol{\phi} & \mathbf{0} & \mathbf{H} \\ -\mathbf{C}_R & \mathbf{I} & \mathbf{0} \end{bmatrix} = [\tilde{\mathbf{K}}''_a \quad \tilde{\mathbf{K}}''_b \quad \tilde{\mathbf{K}}''_c] \quad (14a)$$

mit

$$\tilde{\mathbf{K}}''_a = \mathbf{K} \cdot \boldsymbol{\phi} \cdot \mathbf{M} \cdot (\mathbf{I} - \mathbf{Z}_{R,I}) \cdot \mathbf{C}_R \cdot (\boldsymbol{\phi} - \mathbf{H} \cdot \mathbf{K} \cdot \mathbf{I})^{-1} \cdot \boldsymbol{\phi} + \mathbf{M} \cdot (\mathbf{I} - \mathbf{Z}_{R,I}) \cdot \mathbf{C}_R, \quad (14b)$$

$$\tilde{\mathbf{K}}''_b = -\mathbf{M} \cdot (\mathbf{I} - \mathbf{Z}_{R,I}), \quad (14c)$$

$$\tilde{\mathbf{K}}''_c = \mathbf{K} \cdot \mathbf{H} + \mathbf{M} \cdot (\mathbf{I} - \mathbf{Z}_{R,I}) \cdot \mathbf{M}^{-1} \quad (14d)$$

ergibt. Zu erwähnen ist noch, dass sämtliche durch die Modellerweiterung um Rechentotzeitglieder hinzugekommenen Regelungseigenwerte bei $z = 0$ liegen.

Reglerentwurf für eine Regelstrecke mit ebenso vielen Zustandsgrößen wie Stell- bzw. Regelgrößen

Liegt der Sonderfall vor, dass eine Regelstrecke genauso viele Stellgrößen wie Zustandsgrößen und wie Regelgrößen hat, dann lässt sich bei invertierbarer Steuereingangs- und Regelgrößenausgangsmatrix jedes beliebige lineare Führungsverhalten der Regelgrößen erzeugen. Insbesondere können die Regelgrößen dann voneinander entkoppelt werden. Für sie gilt in diesem Fall bei zeitkontinuierlichen Systemen und vernachlässigten Störgrößen die Regelgrößendifferentialgleichung

$$\dot{\mathbf{y}}_R = \Lambda_R \cdot (\mathbf{y}_R - \mathbf{w}) \quad (15)$$

mit der Diagonalmatrix Λ_R der Regelungseigenwerte des betrachteten Systems. Die zugehörige Zustandsdifferentialgleichung lautet dann

$$\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{C}_R^{-1} \cdot \Lambda_R \cdot \mathbf{C}_R \cdot \mathbf{x} - \mathbf{C}_R^{-1} \cdot \Lambda_R \cdot \mathbf{C}_R \cdot \mathbf{w} \quad (16)$$

Um die Streckenzustandsdifferentialgleichung (1) bei vernachlässigten Störgrößen in diese Form zu bringen, sind die Reglermatrix

$$\mathbf{K} = \mathbf{B}^{-1} \cdot (\mathbf{A} - \mathbf{C}_R^{-1} \cdot \Lambda_R \cdot \mathbf{C}_R) \quad (17)$$

und die Vorfiltermatrix

$$\mathbf{M} = -(\mathbf{C}_R \cdot \mathbf{B})^{-1} \cdot \Lambda_R \quad (18)$$

erforderlich. Bei zeitdiskreten Systemen lauten die entsprechenden Entwurfsgleichungen

$$\mathbf{K} = \mathbf{H}^{-1} \cdot (\boldsymbol{\phi} - \mathbf{C}_R^{-1} \cdot \mathbf{Z}_R \cdot \mathbf{C}_R), \quad (19)$$

$$\mathbf{M} = (\mathbf{C}_R \cdot \mathbf{H})^{-1} \cdot (\mathbf{I} - \mathbf{Z}_R). \quad (20)$$

Liegt also eine Regelstrecke vor, die eine Struktur wie die zuvor geschilderte aufweist, so können zunächst die Reglermatrix \mathbf{K} gemäß Gl. (19) und die Vorfiltermatrix \mathbf{M} gemäß Gl. (20) bestimmt sowie daraus dann mittels den Gln. (14a) bis (14d) die endgültige Reglermatrix für das Gesamtsystem aufwandsarm ermittelt werden.

Beispiel aus der elektrischen Antriebstechnik

Ein Applikationsbeispiel, das die zuvor beschriebenen Streckeneigenschaften aufweist, ist die frequenzumrichter gespeiste permanentmagneterregte Synchronmaschine. Im Fall magnetischer Symmetrie lauten die relevanten Systemmatrizen der Stromregelstrecke bei vorhandener, aber bei der Stellgrößenindizierung unberücksichtigter Rechenzeit von einem Abtastintervall sowie ohne Reglerintegratoren

$$\Phi = e^{-\frac{T}{\tau_s}} \begin{bmatrix} \cos \omega T & \sin \omega T \\ -\sin \omega T & \cos \omega T \end{bmatrix}, \quad H = \frac{1 - e^{-\frac{T}{\tau_s}}}{R_s} \begin{bmatrix} \cos \omega T & \sin \omega T \\ -\sin \omega T & \cos \omega T \end{bmatrix}$$

τ_s ist darin die Statorzeitkonstante, R_s der Statorwiderstand und ω die Winkelgeschwindigkeit des rotorfesten Koordinatensystems, von dem aus die Systembeschreibung erfolgt. Regel- und zugleich Zustandsgrößen sind die Statorstromraumzeigerkomponenten $i_{S,d}$ und $i_{S,q}$ weshalb $C_R = I$ gilt. Stellgrößen sind die Steuerspannungsraumzeigerkomponenten $u_{S,d}$ und $u_{S,q}$. Bei vorgegebenen, in der Diagonalmatrix Z_R zusammengefassten Regelungseigenwerten $z_{R,1}$ und $z_{R,2}$ folgen aus den angegebenen Systemmatrizen nach den Gln. (18) und (19) die Reglermatrix

$$K = \frac{R_s}{1 - e^{-\frac{T}{\tau_s}}} \begin{bmatrix} \cos \omega T & -\sin \omega T \\ \sin \omega T & \cos \omega T \end{bmatrix} \cdot \left(e^{-\frac{T}{\tau_s}} \begin{bmatrix} \cos \omega T & \sin \omega T \\ -\sin \omega T & \cos \omega T \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} z_{R,1} & 0 \\ 0 & z_{R,2} \end{bmatrix} \right)$$

bzw. die Vorfiltermatrix

$$M = \frac{R_s}{1 - e^{-\frac{T}{\tau_s}}} \begin{bmatrix} \cos \omega T & -\sin \omega T \\ \sin \omega T & \cos \omega T \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 - z_{R,1} & 0 \\ 0 & 1 - z_{R,2} \end{bmatrix}$$

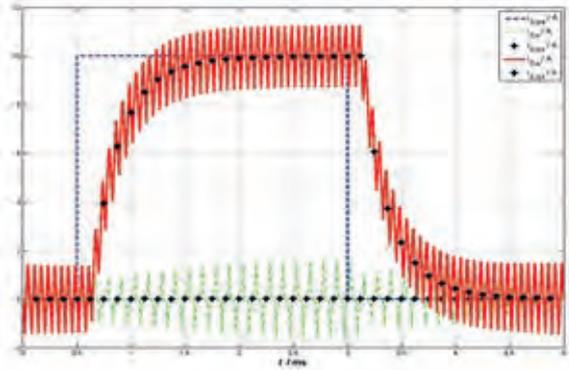
für das Kernsystem. Die Einbeziehung der Rechenzeit und der Reglerintegratoren in die Modellbildung liefert dann entsprechend den Gln. (14b) bis (14d) die finale Reglermatrix.

$$K_s^* = \frac{R_s}{1 - e^{-\frac{T}{\tau_s}}} \begin{bmatrix} \cos \omega T & -\sin \omega T \\ \sin \omega T & \cos \omega T \end{bmatrix} \cdot \left(e^{-\frac{T}{\tau_s}} \begin{bmatrix} \cos \omega T & \sin \omega T \\ -\sin \omega T & \cos \omega T \end{bmatrix} + e^{-\frac{T}{\tau_s}} \begin{bmatrix} 1 - z_{R,1} - z_{R,1,2} & 0 \\ 0 & 1 - z_{R,2} - z_{R,1,2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \omega T & \sin \omega T \\ -\sin \omega T & \cos \omega T \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} (1 - z_{R,1}) \cdot (1 - z_{R,1,2}) & 0 \\ 0 & (1 - z_{R,2}) \cdot (1 - z_{R,1,2}) \end{bmatrix} \right)$$

$$K_s^* = \frac{R_s}{1 - e^{-\frac{T}{\tau_s}}} \begin{bmatrix} \cos \omega T & -\sin \omega T \\ \sin \omega T & \cos \omega T \end{bmatrix} \cdot \left(\begin{bmatrix} (1 - z_{R,1}) \cdot (1 - z_{R,1,2}) & 0 \\ 0 & (1 - z_{R,2}) \cdot (1 - z_{R,1,2}) \end{bmatrix} \right)$$

$$K_s^* = \begin{bmatrix} \cos \omega T & -\sin \omega T \\ \sin \omega T & \cos \omega T \end{bmatrix} \cdot \left(e^{-\frac{T}{\tau_s}} \begin{bmatrix} \cos \omega T & \sin \omega T \\ -\sin \omega T & \cos \omega T \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 - z_{R,1} - z_{R,1,2} & 0 \\ 0 & 1 - z_{R,2} - z_{R,1,2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \omega T & \sin \omega T \\ -\sin \omega T & \cos \omega T \end{bmatrix} \right)$$

Abb. 1: Verlauf der Statorstromkomponenten $i_{S,d}$ und $i_{S,q}$ nach einem Sprung von $i_{S,q,w}$ von 0 auf 10 A und wieder zurück auf 0 bei einer Motordrehzahl von 3000 min^{-1}



Diese Ergebnisse können zwar auch mit der klassischen Vorgehensweise erzielt werden (siehe z. B. [5]). Die hier vorgestellte Variante benötigt jedoch den mit Abstand geringsten Aufwand.

Zur Veranschaulichung der Entkopplungswirkung des entworfenen Stromzustandsreglers zeigt das Bild 1 das Einschwingverhalten der Statorstromkomponenten $i_{S,d}$ und $i_{S,q}$ einer sechspoligen, frequenzumrichter gespeisten Maschine bei einem Sollwertsprung der Führungsgröße $i_{S,q,w}$ von 0 auf 10 A und wieder zurück auf 0 bei einer Motordrehzahl von 3000 min^{-1} und einer Schaltfrequenz von 8 kHz. Für die Regelungseigenwerte wurden hierbei je zweimal die Werte 0,607, 0,779 und 0 gewählt. Der erste der genannten Werte ist der das Führungsverhalten prägende und entspricht einer Einschwingzeitkonstante von 0,25 ms. Für die Beurteilung heranzuziehen sind hierbei allerdings nur die Regelgrößenwerte in den Abtastzeitpunkten. Im Bild 1 sind sie durch Kreuze markiert. Der Regelgrößenverlauf zwischen den Abtastzeitpunkten ist durch die hier nicht näher erläuterte Pulsweitenmodulation geprägt und somit prinzipbedingt.

Wie der Verlauf der Regelgrößen zeigt, wird $i_{S,d}$ beim Sollwertsprung von $i_{S,q,w}$ in den Abtastzeitpunkten praktisch nicht beeinflusst. Außerdem strebt $i_{S,q}$ seinem Sollwert $i_{S,q,w}$ asymptotisch in der vorgegebenen Zeit entgegen. Das Entwurfsziel der Regelung ist somit erreicht, und zwar mit relativ geringem mathematischem Aufwand.

AUTOR

Prof. Dr.-Ing. habil. Uwe Nuß

Dekan der Fakultät E+I, Leiter des Labors Elektrische Antriebe und Leistungselektronik, Mitglied des IAF, Lehrgebiete: Elektrische Antriebstechnik, Leistungselektronik, Regelungstechnik
uwe.nuss@hs-offenburg.de



Ultraschall-Computertomographie in der Medizintechnik

Prof. Dr. med. Andreas Otte

Die Ultraschall-Computertomographie ist ein zerstörungsfreies, nicht-ionisierendes Schnittbildverfahren, das in der (Bio-)Medizintechnik von vielfältiger Bedeutung sein könnte. Um diese Hypothese zu überprüfen, werden in einem Proof-of-Concept-Pilotprojekt unterschiedliche Gegenstände und standardisierte Phantome unter Verwendung und Variation verschiedener Parameter in einem Ultraschall-CT-Gerät getestet. Erste Daten dieser Methode sind vielversprechend.

Ultrasound computerized tomography is a non-destructive, non-ionizing tomographic procedure interesting for (bio)medical engineering. To verify this hypothesis, various objects and standardized phantoms are tested in a proof-of-concept pilot study. Therefore, different parameters of the device are chosen and modified. First data of this method are promising.

Die Durchleuchtung von Menschen und Gegenständen mit Röntgenstrahlen wird seit ihrer Entdeckung Ende 1895 mit anhaltendem Eifer durchgeführt. Allein im Jahr 1896 entstanden 1044 Publikationen über Röntgenstrahlen [1]; dabei wurden auch schon bereits in dieser Zeit 2-D-Röntgenaufnahmen von Mumien und nicht-medizinischen Gegenständen angefertigt. Erst durch die Entwicklung der Röntgen-Computertomographie durch Godfrey Newbold Hounsfield und Allan McLeod Cormack in den 1960er Jahren konnte man allerdings die durch den Überlagerungseffekt entstehenden Superpositionsbilder der klassischen Röntgenaufnahme durch überlagerungsfreie Substitutionsbilder ersetzen; 1971 wurde erstmals das Gehirn einer Frau gescannt [2].

Die Ultraschall-Computertomographie könnte als zerstörungsfreies, nicht-ionisierendes Verfahren insbesondere bei der Materialprüfung in der Medizintechnik ebenfalls oder sogar noch vorteilhafter als die Röntgen-CT von vielfältiger Bedeutung sein. Beim Röntgen-CT wird die Absorption der verwendeten Röntgenstrahlung beim Durchgang durch das Objekt gemessen, beim Ultraschall-CT wird die Dämpfung des Schalls ermittelt. Dabei sind die Algorithmen zur Rekonstruktion der 3-D-Bilder gleich. Im Gegensatz zum Röntgen-CT lässt sich aber beim Ultraschall-CT die sog. *time of flight* des Schalls ermitteln, also die Zeit, die der Schall benötigt, um das Objekt zu durchdringen.

Derzeit werden in einem Pilotprojekt unterschiedliche Gegenstände und standardisierte Phantome unter Variation verschiedener Parameter in einem Ultraschall-CT-Gerät (Fa. Gampt, Abb. 1) getestet [3]. Dabei wird das jeweilige Objekt mit zwei gegenüberliegenden 2-MHz-Sonden geschallt (wobei die eine Sonde auf Dauertransmission und die andere Sonde auf Dauerempfang geschaltet ist). Da es nur einen Empfänger gibt, lässt sich die gedämpfte Schallintensität jeweils nur an einem Ort messen. Daher werden nach dem Translations-/Rotationsprinzip für jeden Winkel die Dämpfungswerte des Objekts an mehreren Scanner-Positionen nacheinander gemessen (Abb. 2). Anschließend wird mithilfe der Radontransformation das Schnittbild rekonstruiert [4]. Hierbei werden das Dämpfungs- und das Schallgeschwindigkeitsbild ungefiltert sowie die beim Bildaufbau mit einer Filterfunktion (Shepp-Logan) gefalteten Bilder dargestellt.

Referenzen/References:

1. Glasser O. Wilhelm Conrad Röntgen und die Geschichte der Röntgenstrahlen. Röntgenkunde in Einzeldarstellungen, Bd. 3, Springer Verlag Heidelberg, 1931.
2. Hounsfield GN. Nobel Prize Lecture, 1979. Link: http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/1979/hounsfield-lecture.pdf [Zugriff: 2. November 2015]
3. Fa. Gampt. PHY09 Ultraschall-computertomographie. S. 1-10.
4. Radon J. Über die Bestimmung von Funktionen durch ihre Integralwerte längs gewisser Mannigfaltigkeiten. In: Berichte über die Verhandlungen der Königlich-Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig. Mathematisch-Physische Klasse, 1917, Band 69, S. 262-277

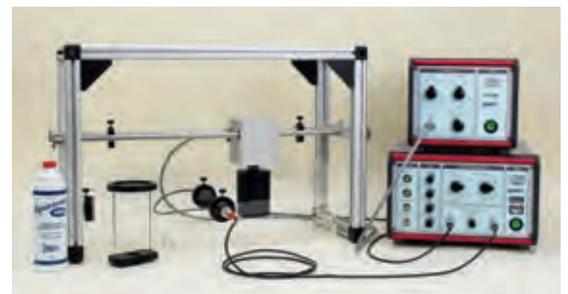


Abb. 1:

Ultraschall-CT-Gerät: Gemessen wird in einem Wasserbad, in dem die Probe in einem Halter gedreht wird

Quelle: Gesellschaft für Angewandte Medizinische Physik und Technik (Gampt) mbH, Merseburg, mit freundlicher Genehmigung

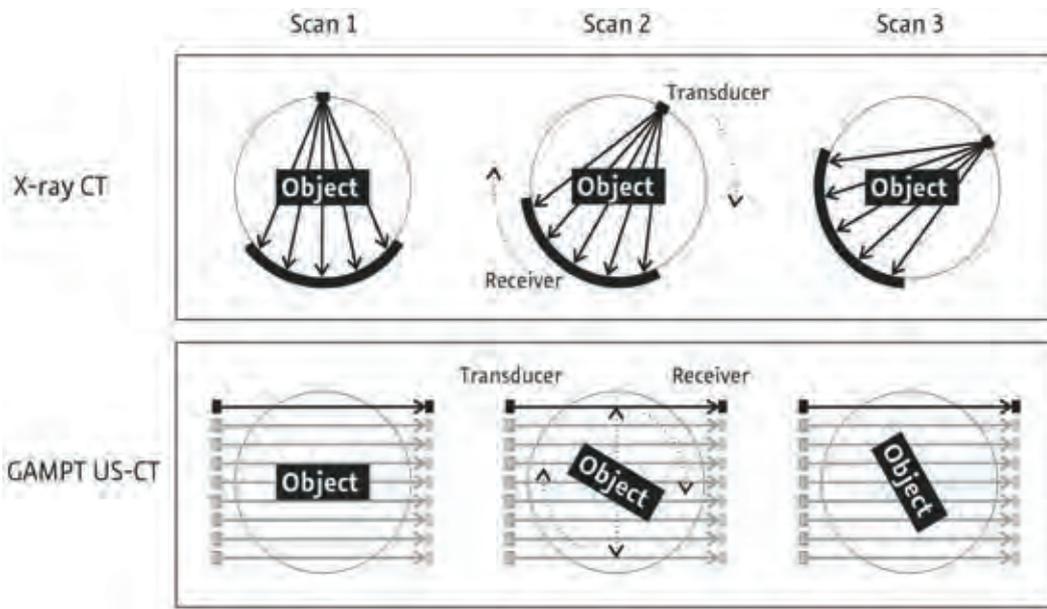
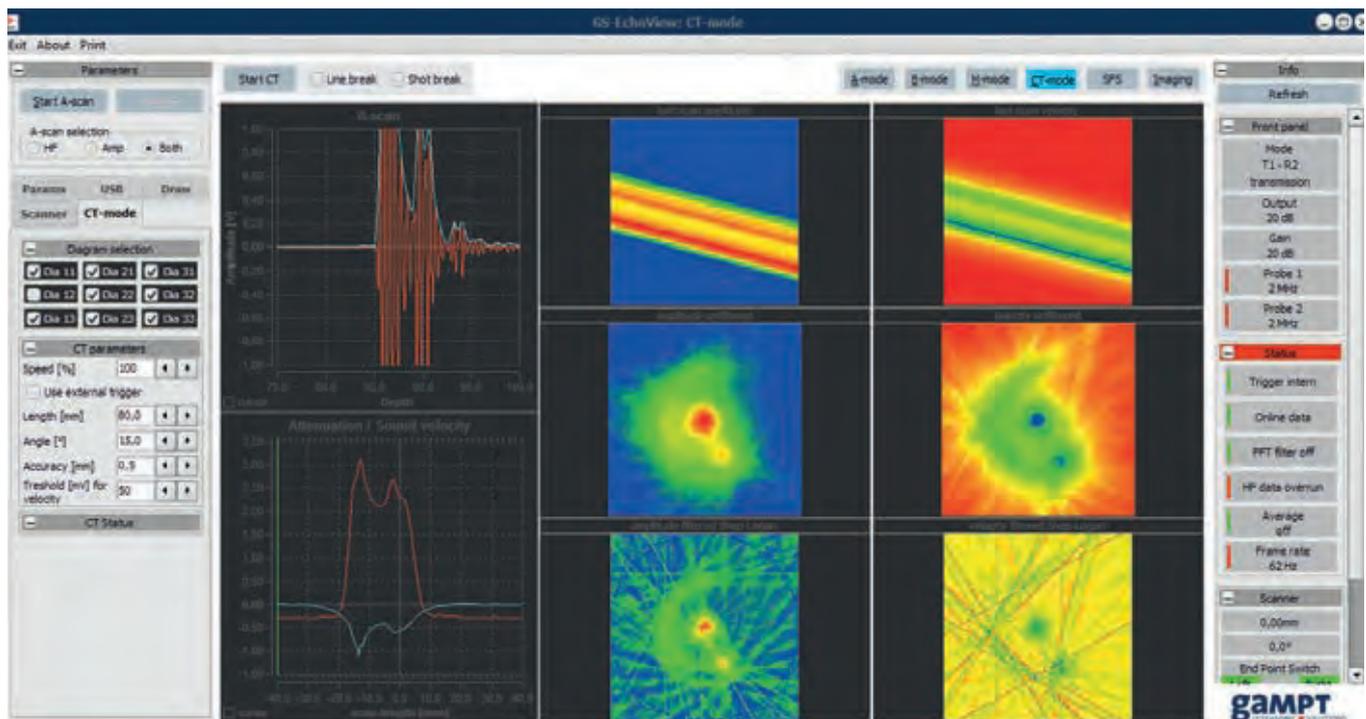


Abb. 2: Vergleich Röntgen-CT-Technik versus Ultraschall-CT-Technik
Quelle: Gampt, Merseburg, mit freundlicher Genehmigung

Durch Variation der oben beschriebenen Geräteparameter soll untersucht werden, ob und wie sich für die Materialprüfung in der Medizintechnik (wie Stents, Mikroelektroden, 3-D-Druckerpräparate etc.) relevante Sachverhalte ableiten lassen.

Ein erstes Beispiel ist in Abb. 3 zu sehen.

Abb. 3: Ultraschall-CT-Messblatt einer Ingwerknolle im Transaxialschnitt



AUTOR

Prof. Dr. med. Andreas Otte

Facharzt für Nuklearmedizin, Bachelor- und Master-Studiengang Medizintechnik, Fakultät E+I, Mitglied des IAF, Mitglied des Eco-PhARO Photonics Instituts, Forschungsgebiete: Biomedizinische bildgebende Verfahren, Neurowissenschaften (NeuroScience)
andreas.otte@hs-offenburg.de



Dank

Ich danke Herrn Emre Erten, MTM3, für die Anfertigung des Scans in Abb. 3.



Maschinenbau und Verfahrenstechnik

Prof. Dipl.-Ing. Alfred Isele, Dekan der Fakultät Maschinenbau und Verfahrenstechnik

The Department has research activities in major up to date areas of mechanical and process engineering. The Mechanical engineering field centers tools for virtual design and optimization of components and flows as well as automation and mechatronic systems research as a prerequisite for "Industry 4.0". One multidisciplinary project is the record holder vehicle "Schluckspecht"; it requires research approaches e.g. for new mobility concepts and light weight construction.

Process and energy engineering encompasses especially different research aspects of renewable energies with an emphasis on the optimization of biogas processes. According to the growing need for energy storage there are also the realms computer aided battery and fuel cell technology as well as biological methanation.

Maschinenbau

In der „Virtuellen Produktentwicklung/Simulation“ wird an neuen Anwendungen und Methoden rund um die konstruktionsbegleitenden CAx-Werkzeuge geforscht. U. a. werden hier neue Methoden zur Analyse automatisierter Optimierung von Tragstrukturen und von Strömungsprozessen entwickelt. Verwandte Themen finden sich im Forschungsschwerpunkt „Technische Mechanik und FEM“, in dem es um die Entwicklung und Validierung neuer Werkstoffmodelle geht, mit denen neuartige Produkte deutlich früher im Entwicklungsprozess „virtuell“ beurteilt werden können.

Der Forschungsschwerpunkt „Automation und mechatronische Systeme“ liefert wichtige Forschungsimpulse für die Produktion – Stichwort Industrie 4.0 – im Bereich der automatisierten Erkennung und flexiblen Handhabung von Werkstücken. Im Forschungsfeld Werkstofftechnologie werden u. a. Methoden zur zerstörungsfreien Werkstoffprüfung und zur Schadensanalyse erforscht.

Im Bereich der multidisziplinären Projekte werden Aktivitäten zu systemischen Mobilitätskonzepten, neuen Antriebskonzepten und Leichtbau gebündelt. Ein herausragendes Projekt ist hier das Rekordfahrzeug „Schluckspecht“, das in unterschiedlichen Ausführungen jährlich neue Lösungsansätze erfolgreich umsetzt.

Verfahrenstechnik

Ein wichtiges Forschungsthema ist die Optimierung von Biogasanlagen. Vom mikrobiologischen Stoffumsatz, der Auswahl und Vorbehandlung der verwendeten Substrate über die Anlagen- und Prozessoptimierung bis zur Gasreinigung wird in einem integrativen Gesamtkonzept eine Steigerung der Biogasausbeute angestrebt. Im Forschungsansatz ARTHYMES (Archaea Transform Hydrogen to Methane for Energy Storage) wird Wasserstoff zusammen mit vorhandenem Restkohlendioxid direkt im Biogasprozess in Methan umgewandelt. Dadurch soll Überschussenergie direkt im Erdgasnetz speicherbar werden.

Nanoporöse Stoffe werden für die Biogasreinigung und als Wärmespeicher erforscht und optimiert.

Mit der Entwicklung sensitiver Nachweissysteme für Hormone in Abwässern mit gentechnisch veränderten Hefen beschäftigt sich der Bereich Umweltanalytik. Beim Kontakt mit dem Hormon wird ein nachweisbares Signal produziert.

Energietechnik

In der Forschungsgruppe Elektrische Energiespeicherung gibt es das Arbeitsgebiet Computergestützte Batterie- und Brennstoffzellentechnik. Hierbei werden z. B. hoch energetische Metall-Luft-Batterien, thermisches Verhalten und Sicherheit von Lithium-Ionen-Batterien, Methoden zur Lebensdauervorhersage von Polymerelektrolytmembran-Brennstoffzellen und das Verhalten elektrochemischer Zellen im System wie Smart Microgrid und Elektrofahrzeug untersucht.

Durchdringungskerbent – Das Thum'sche Verfahren unter der Lupe

Prof. Dr.-Ing. Ali Daryusi

Die Weiterentwicklung der Lehre von der Tragfähigkeitsberechnung höchst beanspruchter Maschinenelemente macht es notwendig, sich mit der Durchdringungskerbewirkung eingehend zu befassen. Thum und Svenson [1] entwickelten im Jahr 1949 ein Näherungsverfahren zur Abschätzung der Formzahl an einem zugbelasteten Stab mit Durchdringungskerbent. In vielen Lehrbüchern findet dieses Verfahren Anwendung. Aus heutiger Sicht erscheint die Eignung der aus diesem Ansatz erzielten Ergebnisse als dringend überprüfungswürdig. Das Thum'sche Verfahren wird unter die Lupe genommen. Der hier vorliegende Beitrag präsentiert mit Hilfe der Finiten-Elemente-Methode (FEM) neue Untersuchungsergebnisse an zugbeanspruchten Stäben mit Halbkreisnut und überlagerter Querbohrung. Diese ergaben, dass die Berechnung nach [1] Lücken aufweist. Der Ansatz nach [1] ist für den heutigen Entwicklungsstand eine mit zu großen Abweichungen behaftete Näherungshypothese.

The development of the teaching of the Calculation of load capacity (ultimate limit) of highly stressed machine elements (shafts and axles) makes it necessary to deal in detail with the multiple notches. Thum and Svenson [1] developed in 1949 an approximate method to estimate the stress concentration factor at one tension-loaded rod with the superimposed (overlapping) notches. This method is used in many teaching books. From today's perspective, the suitability of the results obtained from this approach appears to be evaluated urgently. The Thum'sche method has to be examined more precisely. This paper presents new results with the finite element method (FEM) to the tensile rods with semicircular notch and layered cross hole. The results showed that the calculation according to [1] is vitiated by gaps. The approach of [1] is afflicted by a large percentage deviation to the FEM results.

Einander sich durchdringende Kerbwirkungen

Viele hoch beanspruchte Bauteile müssen zur Erfüllung ihres konstruktiven Zwecks mit Durchdringungskerbent versehen werden. Infolge der gegenseitigen Wechselwirkung gilt für die Kerbwirkung von Mehrfachkerbent eine andere Gesetzmäßigkeit als bei Einzelkerbent. Räumliche Durchdringungskerbent sind dadurch gekennzeichnet, dass eine Kerbe eine andere Kerbe in Richtung ihres größten Spannungsgefälles durchdringt. Sie liegen so ineinander, dass sich ihre Störungsbereiche überschneiden und ihre Kerbwirkungen überlagern [1] und [2]. Infolgedessen steigt die resultierende Kerbwirkung erheblich an. Diese örtlich starke Steigerung der Spannungskonzentrationen vermindert die Dauerfestigkeit von dynamisch beanspruchten Bauteilen. Solche Mehrfachkerbwirkungen sind eine im Maschinenbau verhältnismäßig häufig vorkommende Form. In der Fachliteratur liegen bisher kaum

systematische Untersuchungen an Durchdringungskerbent vor.

Bestimmungsmöglichkeit der Formzahl nach Thum-Svenson

Wenn von den Einzelkerbent der Spannungsverlauf und die Spannungsüberhöhung bekannt sind, lassen sich in einfachen Fällen die resultierende Formzahl und der Spannungsverlauf in der Umgebung der Durchdringungskerbe abschätzen. Die betrachteten Stäbe mit rechteckigen Querschnitten nach [1] beinhalten eine beiderseitige halbkreisförmige Nut mit im Nutgrund überlagerter durchgehender Querbohrung. Thum/Svenson erläutern das entwickelte Verfahren am in Bild 1 gezeigten Beispiel. Dabei wird der mehrachsige Spannungszustand im Bereich der Durchdringungskerbent vernachlässigt.

Das Querloch erhöht somit die Spannung innerhalb der Randkerbe um das gleiche Maß wie in einer in Bild 1 gestrichelt eingezeich-

Numerische Ergebnisse

neten mit einer Biegemoment M_b gebogenen Ersatzplatte. Maßgeblich ist hierbei das bezogene Spannungsgefälle in unmittelbarer Umgebung der Spannungsspitze. Die Breite der Ersatzplatte entspricht der Stabdicke h . Die Dicke h_p der Ersatzplatte wird durch das Anlegen der Tangente an die gemessene Spannungsverteilungskurve bestimmt. Sie ist gleich dem Krümmungsradius ρ der Halbkreisnut angenähert. Wenn nun der Neigungswinkel, der bei der Querbiegung auftretenden Spannungsverteilung mit der Tangente der im Grund der Nut auftretenden Spannung übereinstimmt, dann können die beiden Fälle an der kritischen Stelle, also im Grund der Nut, als identisch angesehen werden. Die Randspannung der Ersatzplatte ist durch die auftretende Kerbspannung im Grund der Nut gegeben. Sie beträgt $\sigma_n \cdot \alpha_{k1}$, wo α_{k1} die Formzahl und σ_n die Nennspannung des beiderseitig genuteten Trägers bedeutet. Durch Multiplikation der Randspannung mit der Formzahl α_{kp} der gekerbten Ersatzplatte erhält man die Spannungsspitze in der Doppelkerbe, also $\sigma_{max} = \sigma_n \cdot \alpha_{k1} \cdot \alpha_{kp}$. Die Formzahl α_k des doppelt gekerbten Zugstabs ergibt sich somit als Produkt aus der Formzahl α_{k1} der Rundnut bei Zugbelastung und der Formzahl α_{kp} der in der Mitte durchbohrten Ersatzplatte bei der Querbiegung zu $\alpha_k = \alpha_{k1} \cdot \alpha_{kp}$. Die Formzahlen der Ersatzplatte und der Halbkreis Kerbe können der FKM-Richtlinie [3] oder der Veröffentlichung [4] entnommen werden. Das Thum'sche Verfahren beschränkt sich nur auf den zugbelasteten Stab. Für die Belastungsarten Torsion oder Biegung liegen bisher keine Näherungen vor.

Weiterhin behauptet Thum [5], dass die Überlegung hinter dieser Methode auch zur Berechnung der Spannungserhöhung durch radiale Bohrungen in dickwandigen Hohlzylindern unter der Wirkung von Drücken oder Fliehkräften sowie in dicken gekrümmten Stäben, die auf Biegung beansprucht werden, verwendet werden kann.

Die günstigen Verhältnisse bei der in [1] untersuchten Geometrie erwecken den Anschein, dass die Thum'sche Annahme auch auf andere Verhältnisse übertragbar sei. Um dieser Hypothese auf den Grund zu gehen, wurden zahlreiche FEM-Untersuchungen durchgeführt. Je Untersuchung wurde durch FEM das Verhältnis $B/H = 0,5; 1; 1,25; 1,5$ und 2 , das Verhältnis $b/B = 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8$ und $0,9$ betrachtet.

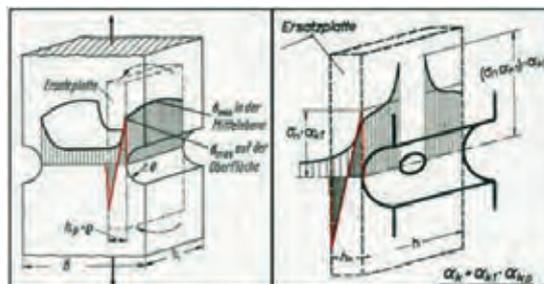
Um die Querbohrung und die Halbkreisnut mit einfließen zu lassen, wurden weiterhin für jedes B/H und b/B das Verhältnis $d/H = 0,04; 0,18; 0,28; 0,40; 0,50$ und $0,60$ sowie das Verhältnis $r/B = 0,30; 0,25; 0,20; 0,15; 0,10$ und $0,05$ variiert.

Bild 2 zeigt exemplarisch einen Vergleich zwischen den mit der FEM errechneten Formzahlen und den nach [1] bestimmten Werten. Für die Kerbkombination unter Zugbelastung bei einem kleinen Seitenverhältnis $B/H = 0,5$ treten Abweichungen von bis zu 35 % auf. Die Größe der prozentualen Abweichung hängt von den verwendeten Geometrieverhältnissen (B/H , b/B und d/H) ab. Sie nimmt mit zunehmendem Verhältnis d/H zu. Die Verwendung der Thum'schen Berechnungsformel anhand der in [3] bekannten Diagramme liefert daher unzureichende Ergebnisse.

An dieser Stelle kann nur empfohlen werden, die Formzahl aus den in diesem Bericht mitgelieferten Diagrammen oder direkt aus einer FEM-Berechnung zu ermitteln. In Bild 3 sind die mit der FEM berechneten Zug/Druck-Formzahlen für $B/H = 1$ exemplarisch dargestellt. Die sich ergebenden Formzahlwerte für die Kerbkombinationen sind bei der Auswertung nach der GE-Hypothese oder der NS-Hypothese gleich. Es kann auch die folgende neu entwickelte Näherungsformel verwendet werden, wobei Abweichungen zu den FEM-Werten nach oben von bis zu 10 % entstehen können.

Abb. 1:

Spannungsverteilung in Kernnähe am unter Zug beanspruchten und beiderseitig genuteten Stab sowie die gedachte biegebeanspruchte Ersatzplatte (links) und der Stab mit zusätzlicher Querbohrung in der Mitte der Nut und die vergrößerte durchbohrte Ersatzplatte (rechts), nach [1]



Näherungsformel:

$$\alpha_{k,d,Drk} = 5,8 \cdot \left(\frac{d}{H}\right)^2 - 6 \cdot \left(\frac{d}{H}\right) + 4,28 \cdot \left(\frac{b}{B}\right)^2 - 2,1 \cdot \left(\frac{b}{B}\right) + 4,28$$

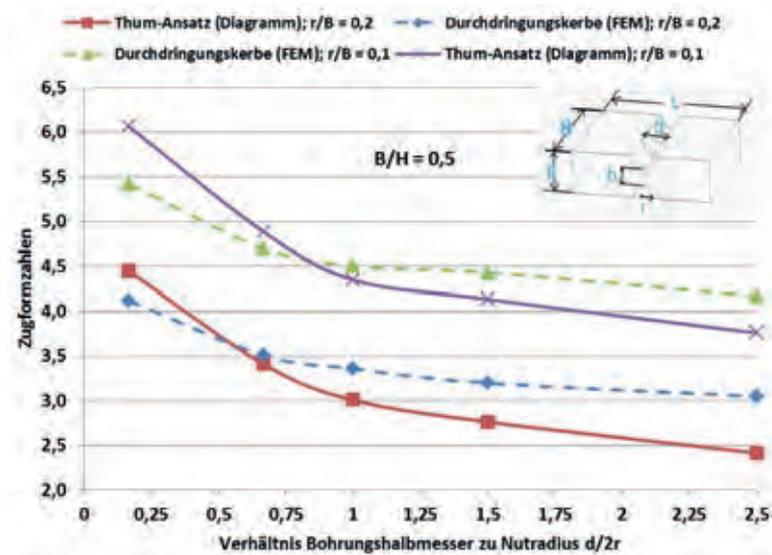


Abb. 2: Spannungverteilung in Kerbnähe am unter Zug beanspruchten und beidseitig genuteten Stab sowie die gedachte biegebeanspruchte Ersatzplatte (links) und der Stab mit zusätzlicher Querbohrung in der Mitte der Nut und die vergrößerte durchbohrte Ersatzplatte (rechts), nach [1]

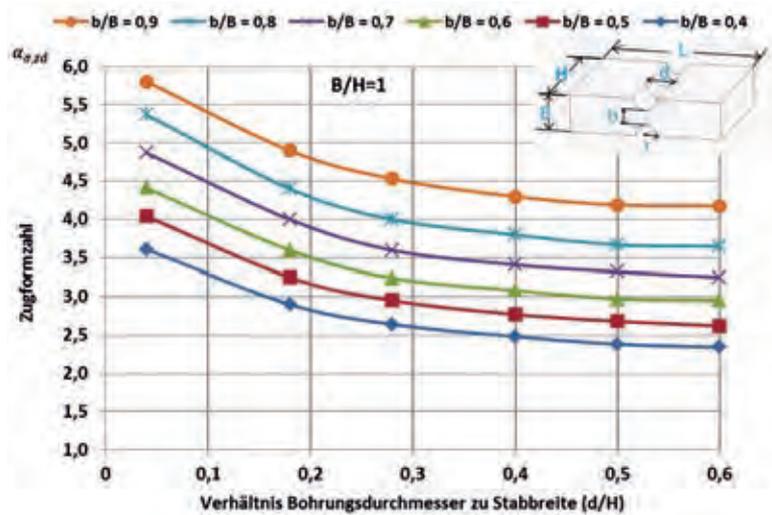


Abb. 3: Darstellung der sich mit der FEM ergebenden Formzahlverläufe bei Zugbelastung in Abhängigkeit vom Verhältnis d/H , für das Zusammentreffen einer Halbkreisnut mit einer Querbohrung an einem Stab, bei einem Seitenverhältnis $B/H = 1$ und bei unterschiedlichen b/B -Verhältnissen.

Zusammenfassung

Das von [1] vorgeschlagene Verfahren zur Ermittlung der Kerbspannungen in Durchdringungskerben mit Hilfe einer einfachen Näherungsbeziehung lässt sich nach Meinung des Verfassers generell nicht anwenden, wenn für die Einzelkerben unterschiedliche Geometrieverhältnisse vorliegen. In diesem Fall lässt

sich beim Zusammentreffen der Einzelkerben ein neuer Spannungszustand ausbilden, der sich nicht in die Spannungsfelder der Einzelkerben zerlegen lässt. Aus diesem Grund führt auch die vereinfachte additive Überlagerung der Einzelkerben, wie sie in [3] vorgeschlagen wird, nicht zu brauchbaren Ergebnissen.

AUTOR

Prof. Dr.-Ing. Ali Daryusi
Leiter des CAD/CAE-Labors,
Hochschule Offenburg
Internet: <https://www.hs-offenburg.de/cax/>
ali.daryusi@hs-offenburg.de



Literaturverzeichnis:

- [1] Thum, A.; Svenson, O.: Beanspruchung bei mehrfacher Kerbwirkung. Entlastungs- und Überlastungskernen. Schweizer Archiv, Angew. Wiss. Technik 15. (1949), Nr. 6, S. 161–174
- [2] Puchner, O.; Kamensky, A.: Spannungskonzentration und Kerbwirkung von Kerben im Kerbrand. Konstruktion 24 (1972) Heft 4, S. 127-134
- [3] FKM-Richtlinie: Rechnerischer Festigkeitsnachweis für Maschinenbauteile aus Stahl, Eisenguss- und Aluminiumwerkstoffen. Forschungskuratorium Maschinenbau (FKM), Frankfurt/Main: VDMA-Verlag, 4. Erweiterte Ausgabe, 2002. – ISBN 3-8163-0424-9
- [4] Thum, A.; Svenson, O.: Die Verformungs- und Beanspruchungsverhältnisse von glatten und gekerbten Stäben, Scheiben und Platten in Abhängigkeit von deren Dicke und Belastungsart. Forschung, Band 13, Heft 1, Berlin, Jan./Feb. 1942
- [5] Thum, A.; Petersen, C.; Svenson, O.: Verformung, Spannung und Kerbwirkung. VDI-Verlag, Düsseldorf, 1960

Biologische Methanisierung von Wasserstoff in Biogasanlagen

Prof. Dr. Ulrich Hochberg, Annika Bauer M. Sc., Prof. Dr. Christiane Zell

In der vorliegenden Arbeit wurden die Möglichkeiten der Umwandlung von elektrolytisch erzeugtem Wasserstoff zu Methan mit Mikroorganismen untersucht. Dabei wurden biologische Vorgänge in Biogasanlagen im Labor nachgestellt. Besondere Bedeutung hatte die Forderung, dass der zugegebene Wasserstoff möglichst vollständig umgesetzt werden soll. Erreicht wurde dies dadurch, dass der Wasserstoff über eine flüssigkeitsdichte Membran diffusiv der Flüssigkeit zugeführt wurde.

The present work describes research with respect to the methanation of hydrogen in biogas plants. A biogas plant was simulated in labscale and the impact of hydrogen on biogas formation was investigated. Special focus was on the minimization of the hydrogen in the gas phase which is essential for the future commercialization of the process for seasonal energy storage. A special non-porous membrane was used for the tests.

Hintergrund

Eine Herausforderung der Energiewende ist die saisonale Energiespeicherung. In dem am 8. April 2014 vom Bundeskabinett verabschiedeten zweiten Monitoring-Bericht „Energie der Zukunft“ wird ein Anteil erneuerbarer Energien von mindestens 80 % am Bruttostromverbrauch und von mindestens 60 % am Bruttoendenergieverbrauch in 2050 angestrebt. Diese Ziele wurden im vierten Monitoring-Bericht bekräftigt [1,2]. Sie können nur erreicht werden, wenn Überschussenergie, die in den Sommermonaten anfällt, für die Nutzung in den Wintermonaten gespeichert wird. Einzig die Energiespeicher des Erdgasnetzes sind groß genug, um die notwendigen Energiemengen zu speichern. Eine Speicherung von Wasserstoff aus der Elektrolyse ist prinzipiell möglich, wobei eine Umwandlung des Wasserstoffs zu Methan vorteilhaft wäre, da Methan eine ca. dreimal so große volumetrische Energiedichte hat wie Wasserstoff und da das Erdgasnetz derzeit nicht zur Speicherung größerer Wasserstoffmengen ausgelegt ist.

Das in Biogasanlagen produzierte Methan ist zu einem Großteil aus Wasserstoff und Kohlenstoffdioxid entstanden. Beide Verbindungen sind Reaktionsendprodukte von Mikroorganismen. Die Umwandlung von Wasserstoff und Kohlenstoffdioxid zu Methan erfolgt hauptsächlich durch methanogene Archaeen. Die Umwandlung des Wasserstoffs ist dabei nahezu vollständig, während Kohlenstoffdioxid

noch zu fast 50 % im entstehenden Biogas enthalten ist. Ziel ist jetzt, das Kohlenstoffdioxid durch Zugabe von Wasserstoff weiter umzusetzen, ohne dass Wasserstoff über das Biogas im größeren Umfang in der Gasphase enthalten ist. Ein nützlicher Nebeneffekt ist dabei, dass die bei der Wasserstofferzeugung anfallende Niedertemperaturwärme unmittelbar in der Biogasanlage genutzt werden kann. Lokale Wasserstoffspeicher können auch kurzzeitige Schwankungen der Wasserstoffproduktion auffangen. Solche Schwankungen treten auf, wenn nur elektrische Energie aus erneuerbaren Energien eingesetzt werden soll.

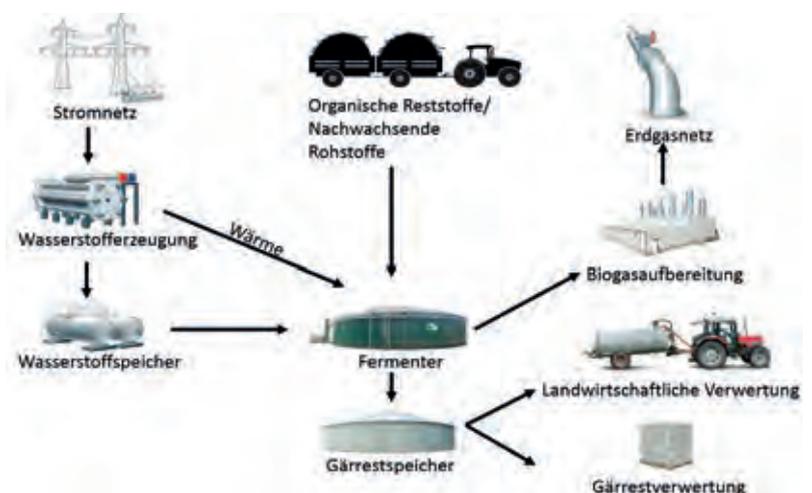


Abb. 1:

Mögliche Nutzung von erneuerbaren Energien in Biogasanlagen zur Erhöhung der Methanproduktion

Untersuchter Biogasprozess

Die Zersetzung von organischem Material in Biogasanlagen erfolgt in mehreren Stufen und wird häufig, wie in Abbildung 2 dargestellt, vereinfachend beschrieben [3, 4]. Organisches Material wird zunächst in der Hydrolyse zu Aminosäuren, Fettsäuren und Zucker aufgespalten, die dann in der Acidogenese und Acetogenese weiter gespalten werden. Es entstehen aus Aminosäuren, Monosacchariden und langkettigen Fettsäuren hauptsächlich Acetat, Wasserstoff und Kohlenstoffdioxid, die dann letztendlich in der Methanogenese zu Methan und Kohlenstoffdioxid umgesetzt werden. Im Biogasprozess wird typischerweise nicht genügend Wasserstoff gebildet, um das gesamte entstehende Kohlenstoffdioxid zu Methan umsetzen zu können. Eine zusätzliche Zugabe von Wasserstoff wird daher den Gehalt an Kohlenstoffdioxid im Biogas reduzieren und den Gehalt an Methan erhöhen. Problematisch könnte der Einfluss des zusätzlichen Wasserstoffs auf die Lebensgemeinschaft der Nicht-Methanbildner sein: Ein erhöhter Wasserstoffpartialdruck könnte die Acetogenese behindern und den Gesamtprozess negativ beeinflussen. Zu beachten ist auch, dass es bei einer zukünftigen technischen Anwendung hinderlich sein könnte, wenn Wasserstoff in größerem Umfang in die Gasphase entweicht, da er nur mit großem Aufwand wieder getrennt werden kann und zudem im derzeitigen Erdgasnetz nur in einer Konzentration von < 2 % toleriert wird.

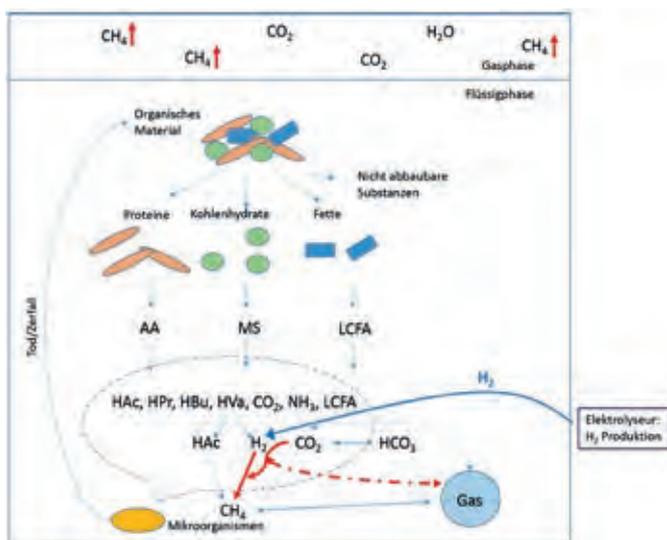


Abb. 2: Stoffwechselwege bei der Biogasproduktion: rot eingezeichnet sind die durch Wasserstoffzufuhr verstärkt ablaufenden Reaktionswege. AA: Aminosäuren, MS: Monosaccharide, LCFA: Langkettige Fettsäuren, HAc: Essigsäure, HPr: Propionsäure, HBu: Buttersäure, HVa: Valeriansäure

Zur Untersuchung des Einflusses des in der flüssigen Phase gelösten Wasserstoffs wurden folgende wesentlichen Vereinfachungen durchgeführt:

1. Die Zugabe des Wasserstoffs erfolgte über eine flüssigkeitsdichte Hochleistungshohlfasermembran, vgl. [5, 6]. Auf diese Weise konnte sichergestellt werden, dass der Wasserstoff nur durch Diffusion in die Flüssigkeitsphase übertragen wurde. Wasserstoffblasen in der Flüssigkeit konnten nur auftreten, wenn der Partialdruck in der Hohlfasermembran größer war als der Umgebungsdruck. Die Zugabe eines Wasserstoffmassenstroms, der größer ist als der in unmittelbarer Umgebung der Membran von den Mikroorganismen verstoffwechselbare Wasserstoffmassenstrom, musste zwangsläufig zur Bildung von Gasblasen führen und konnte über Messungen der Wasserstoffkonzentration in der Gasphase bemerkt werden.
2. Die Kohlenstoffquelle zur Methan- und Kohlenstoffdioxidproduktion war nahezu reine Glucose. Weitere Verbindungen und Spurenelemente wurden nur in einem Maß zugegeben, wie sie von den Mikroorganismen zum Überleben und Wachstum benötigt wurden. Ein möglicher Einfluss der Wasserstoffzugabe auf die Hydrolyse war nicht Gegenstand der Untersuchungen und sollte hier die Ergebnisse keinesfalls verfälschen.



Abb. 3: Hohlfaserkapillarmembran zur Wasserstoffzugabe

Versuchsaufbau und Durchführung

Der Versuchsaufbau ist in Abbildung 4 dargestellt. Das Substrat, das in einem gekühlten Behälter gespeichert vorgelegt war, wurde kontinuierlich umgepumpt. Sechs Rührwerkreaktoren wurden aus der Umpumpleitung gespeist. Jeder Reaktor war auf 37 °C thermostatisiert. Das in ihm produzierte Gas wurde mengenmäßig über ein Durchflussmessgerät erfasst. Die Zusammensetzung des Gases wurde mit einem Gaschromatographen bestimmt. Durch Einsatz von zwei verschiedenen Säulen und Trägergasen konnten alle relevanten Komponenten quantitativ bestimmt werden. Die Probenentnahme erfolgte diskontinuierlich in regelmäßigen Zeitabständen. Die Menge der jeweils entnommenen Probe war so klein, dass sich der Behälterinhalt bei einer Probenentnahme nur unwesentlich verminderte. Sie entsprach der in dem Zeitraum zwischen den Probenentnahmen zugeführten Substratmenge.

Vier der sechs Reaktoren waren Elektrolyseuren zugeordnet, in denen Wasserstoff erzeugt werden konnte. Der Volumenstrom des erzeugten Wasserstoffs konnte über den Strom geregelt werden. Dem Stromregler überlagert war ein Druckregler: Bei Bedarf konnte der Druck in der Membran auf einen festen Sollwert geregelt werden.

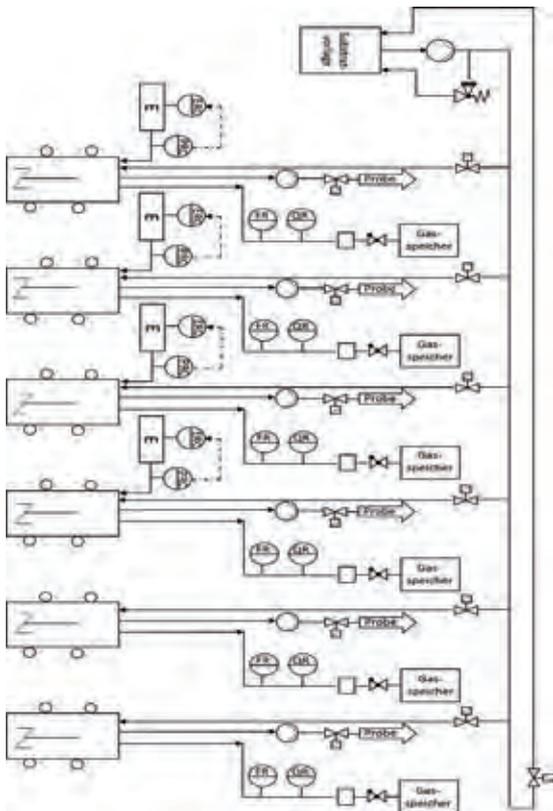


Abb. 4: Fließbild des Versuchsaufbaus

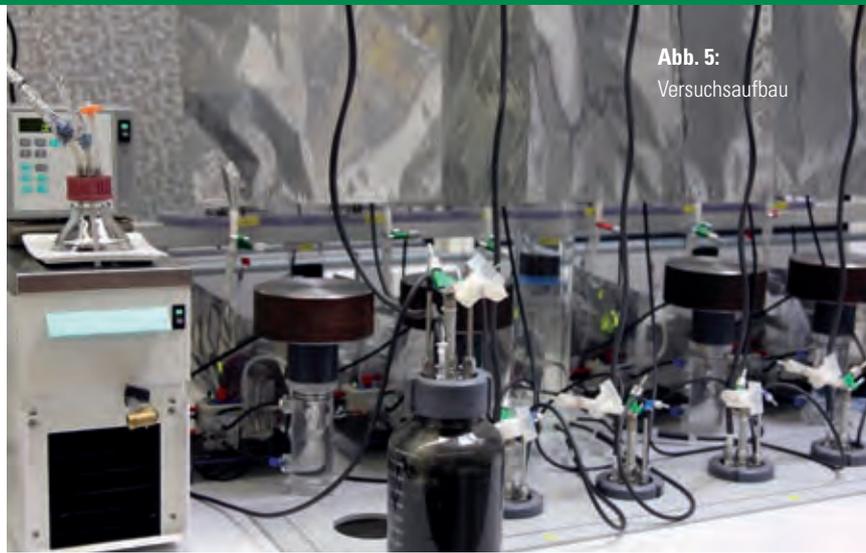


Abb. 5: Versuchsaufbau

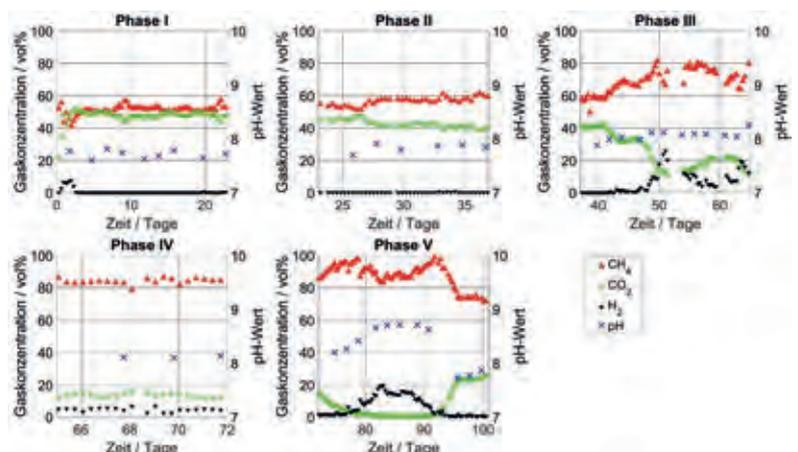
Abbildung 5 zeigt die Gesamtanordnung [7]. Man erkennt links den Thermostat zur Substratkühlung, im Vordergrund einen ausgebauten Reaktor sowie rechts in der Tischplatte eingelassen vier weitere Reaktoren. Zwischen den Gassäcken im Hintergrund zum Auffangen des Biogases und den Reaktoren sind die Elektrolyseuren angeordnet.

Die Gesamtanlage wurde über ein Prozessleitsystem gesteuert. Das Schalten der Ventile und die Regelung erfolgten vollautomatisch, ebenso die Triggerung der Messungen des Gaschromatographen. Über einen OPC-Server wurden alle Messwerte mit Ausnahme der Gasanalysen kontinuierlich erfasst. Die Speicherung der Chromatogramme und deren Auswertung erfolgte nicht mit dem Prozessleitsystem, sondern in einem separaten System. Die Versuchsdauer betrug circa 100 Tage.

Versuchsergebnisse

In Abbildung 6 sind exemplarisch die Versuchsergebnisse für einen Reaktor mit Wasserstoffeinleitung dargestellt. Ein Reaktor ohne Wasserstoffeinleitung lief konstant während der gesamten Versuchsdauer. Zu bemerken war hier lediglich, dass gegen Ende das Verhältnis aus Methan und Kohlenstoffdioxid leicht anstieg. Die Versuche können in fünf Phasen eingeteilt werden.

Abb. 6: Versuchsergebnisse für einen Reaktor mit Wasserstoffeinleitung



Die einzelnen Phasen können folgendermaßen charakterisiert werden:

- Phase I: Hier erfolgte keine Wasserstoffzugabe. Die Gasproduktion veränderte sich nach wenigen Tagen nicht mehr. Der kurze Peak zu Anfang in der Wasserstoffkonzentration wurde auch in den Vergleichsreaktoren beobachtet und lässt sich theoretisch beschreiben [8].
- Phase II: Es wurde eine relativ kleine Menge von Wasserstoff eingeleitet. Der Reaktor lief stabil.
- Phase III: Die Einleitung erfolgte druckgerecht. Es wurde so viel Wasserstoff eingeleitet, dass sich in der Membran ein Überdruck von 300 mbar einstellte. Diese Menge war offensichtlich zu groß: Wasserstoff entgaste und wurde in großem Maß in der Gasphase nachgewiesen. Das Kohlenstoffdioxid konnte nicht vollständig abgebaut werden.
- Phase IV: Die Einleitung erfolgte mengenregelt. Es wurde so viel Wasserstoff eingeleitet, dass ca. 5 % Wasserstoff in der Gasphase detektiert wurden. Der Reaktor lief stabil bei leicht erhöhtem pH-Wert; es konnte allerdings nicht der gesamte Wasserstoff zu Methan umgesetzt werden.
- Phase V: Hier wurden Substratmenge und Wasserstoffmenge variiert. Zunächst wurde die Substratmenge reduziert; damit verminderte sich die produzierte Kohlenstoffdioxidmenge. Nach kurzer Zeit wurde nahezu das gesamte Kohlenstoffdioxid umgesetzt. Anschließend wurde die zugeführte Wasserstoffmenge reduziert. Der pH-Wert stieg an und die Wasserstoffmenge im Gas ging zurück. In der Endphase wurde wieder mehr Substrat zugegeben, ohne dass die Wasserstoffmenge erhöht wurde. Der pH-Wert stieg wieder auf die ursprünglichen Werte an, und der Wasserstoff wurde wieder vollständig verstoffwechselt.

Zusammenfassung und Ausblick

Kohlendioxid lässt sich biologisch mit Wasserstoff in Biogasanlagen gut methanisieren. Wenn der Wasserstoff über flüssigkeitsdichte Membrane zugeführt wird, kann vermieden werden, dass Wasserstoff in die Gasphase übergeht. Die vorhandene Menge an Archaeen scheint nicht ausreichend zu sein, um das Kohlenstoffdioxid vollständig umzusetzen – möglicherweise ist auch die Diffusion des Wasserstoffs in der flüssigen Phase limitierend. Weitere Untersuchungen sollen Klarheit schaffen. Über DNA-Analysen (PCR) soll die Entwicklung der Mikroorganismen während des Versuchs quantitativ bestimmt werden. Darüber hinaus sind Untersuchungen zur Übertragung der Versuchsergebnisse auf den Technikumsmaßstab geplant, ebenso wie die Untersuchung des Einflusses der Wasserstoffzugabe auf die Hydrolyse.

Referenzen:

- [1] BMWi (Herausgeber) Zweiter Monitoring-Bericht Energie der Zukunft. (03/2014)
- [2] BMWi (Herausgeber) Vierter Monitoring-Bericht Energie der Zukunft. (11/2015)
- [3] Batstone, D.J.; Keller, J.; Angelidaki, I.; Kalyuzhnyi, S.; Pavlostathis, S.G.; Rozzi, A.; Sanders, W.; Siegrist, H.; Vavilin, V. (IWA Task Group on Modelling of Anaerobic Digestion Processes) (2002) Anaerobic Digestion Model No. 1 (ADM1). IWA Publishing, London.
- [4] Fuchs, G. (Herausgeber) Allgemeine Mikrobiologie. Stuttgart, (2014)
- [5] Luo, G., & Angelidaki, I.: Hollow fiber membrane based H₂ diffusion for efficient in situ biogas upgrading in an anaerobic reactor. Appl Microbiol Biotechnol 97, S. 3739-3744, (2013).
- [6] Luo, G., & Angelidaki, I.: Co-digestion of manure and whey for in situ biogas upgrading by the addition of H₂: process performance and microbial insights. Appl. Microbiol. Biotechnol. 97, S. 1373-1381. (2013)
- [7] Bauer, A.: The Application of Pressurized Hollow Fiber Membranes for In-situ Methanation of Hydrogen in an Automated Biogas Test Bench. Master Thesis Offenburg (2015)
- [8] Dunn, I.J., et al. Biological Reaction Engineering - Dynamic Modelling Fundamentals with Simulation Examples. s.l. : WILEY-VCH, S. 433-441

AUTOREN

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



Prof. Dr. rer. nat. Christiane Zell
Prodekanin, Fakultät M+V
Forschungsgruppe Biogas (IoC)
Biotechnologie, Bioinformatik,
Biologische Verfahren
christiane.zell@hs-offenburg.de



Annika Bauer M. Sc.
annika.bauer@stud.hs-offenburg.de



Dank

Wir danken der badenova AG & Co. KG, von der die Arbeit im Rahmen des Innovationsfonds gefördert wurde.

Lackschichten im Kraftfluss von Schraubenverbindungen

Prof. Dipl.-Ing. Alfred Isele, Dipl.-Ing. Dietmar Isele, Frank Weber B. Eng.

Der aktuelle Stand von Normen und Richtlinien, insbesondere die international anerkannte Richtlinie VDI 2230 zur „Systematischen Berechnung hoch beanspruchter Schraubenverbindungen“ regelt nicht den Umgang mit organischen Korrosionsschutzlackschichten. Es ist offen, ob und wenn ja, unter welchen Bedingungen eine Nasslack- oder Pulverlackschicht in der Kopf- bzw. der Mutter-Auflagefläche sowie in den Trennfugen verbleiben darf. Um zukünftig auch Schraubenverbindungen mit lackierten Bauteilen prozesssicher zu montieren und im Vorfeld berechenbar machen zu können, betreibt ein Team der Hochschule Offenburg Grundlagenuntersuchungen zu diesem Thema.

The current status of standards, especially the international recognized standard VDI 2230 „systematic calculation of highly stressed bolted joints“ doesn't take powder-coated or painted layers in any consideration. It's an open book if or under which circumstances these corrosion protecting layers can be used and where they are allowed to be applied. To take statement for the future a team at the university Offenburg is in an ongoing research for safe assembling and service reliability of corrosion protected parts in bolted joints.



Einleitung

Schraubenverbindungen sind in der Verbindungstechnik die am häufigsten eingesetzte Verbindungsart. Die Hauptvorteile bestehen darin, dass Schraubenverbindungen zerstörungsfrei wieder gelöst werden können und zudem kostengünstig herstellbar sind.

Die Aufgabe einer Schraubenverbindung ist, mindestens zwei Bauteile betriebssicher miteinander zu verbinden. Die miteinander verschraubten Bauteile sollen als Verbindung in Wirkung und Verhalten einem einzigen, fiktiven Bauteil entsprechen. Um die Funktionsweise einer Schraubenverbindung zu erläutern, wird diese in Abbildung 1 dargestellt. Durch Aufbringen eines Anzugmoments M_A auf den Schraubenkopf (oder Mutter) wird eine axial wirkende Vorspannkraft F_M in der Schraube erzeugt. Die Vorspannkraft führt dazu, dass die Schraube gedehnt und die dazwischen liegenden Bauteile gestaucht werden. Die Vorspannkraft ist die maßgebliche physikalische Größe, die über die Betriebssicherheit einer Schraubenverbindung entscheidet.

Weiteres Augenmerk gilt den Kontaktzonen zwischen Schraubenkopf bzw. Mutter und den verspannten Bauteilen, die als Kopfauflagefläche bzw. Mutter-Auflagefläche bezeichnet werden. Diese sind bei der Dimensionierung der Schraubenverbindung besonders zu beachten, da an den kreisförmigen Kontaktflächen die

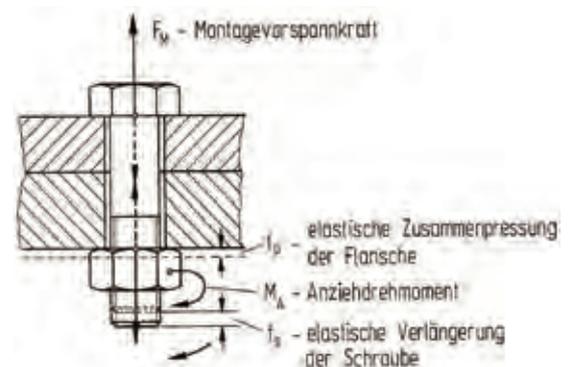


Abb. 1: Schraubenverbindung [1]

maximale Flächenpressung auftritt. Insbesondere aus Sicht der verspannten Bauteile dürfen die zulässigen maximalen Flächenpressungen nicht überschritten werden. Ein Überschreiten hätte eine relevante Beschädigung der Bauteile zur Folge.

Außerdem sind die Reibungsbedingungen, die in diesen Kontaktflächen vorherrschen, entscheidend daran beteiligt, wie viel Vorspannkraft bei der Schraubmontage entsteht und ob eine Schraubmontage wiederholgenau sowie prozesssicher vollzogen werden kann.

Nach der Montage der Schraubenverbindung kommt es in der Regel zu einer Reduzierung der Vorspannkraft, die man als Vorspannkraftverlust bezeichnet. Ursächlich verantwortlich können u. a. Phänomene wie

Setzen, Relaxation oder Kriechen sein. Ist der Vorspannkraftverlust zu hoch, kann dies zu einem Versagen der Verbindung, zu enormen Schäden oder gar zum vollständigen Ausfall einer Anlage führen.

Höchste Ansprüche werden an hochfeste Schraubenverbindungen gestellt, die im Maschinen-, Stahl- und Anlagenbau zum Einsatz kommen. Ein Beispiel ist die Schraubenverbindung eines Kugeldrehkrans (Abb. 2) an einem Mobildrehkran (Abb. 3). Der Kugeldrehkran, ein sog. Großwälzlager, verbindet den Unterwagen mit dem Oberwagen, wodurch der Oberwagen drehbar gelagert ist.



Abb. 2:
CAD-Modell Kugeldrehkran Liebherr mit Schnittdarstellung

Neben den mechanischen Belastungen ist die Schraubenverbindung am Kugeldrehkran auch extremen Witterungs- und Temperatureinflüssen ausgesetzt. Wegen dieser hohen Anforderungen werden beim Bau der Mobildrehkrane einerseits höchste Ansprüche an die Qualität des eingesetzten Materials und andererseits an den Korrosionsschutz der Bauteile gestellt.

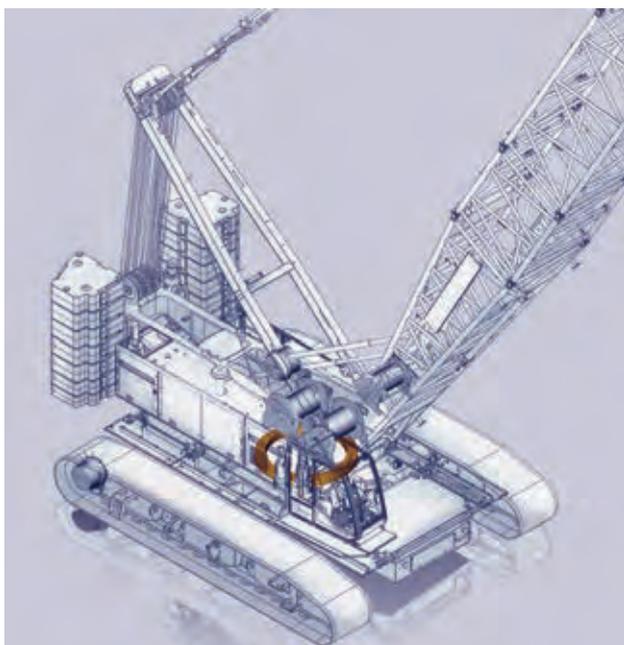


Abb. 3:
Kugeldrehkran im Zentrum eines Liebherr-Mobil-Raupenkran [2]

Um eine prozesssichere Schraubmontage solcher hoch beanspruchter Schraubenverbindungen unter Verwendung lackierter Bauteile zu analysieren und zu bewerten, wurde mit der Firma JUKO Technik GmbH ein gemeinsames Forschungsprojekt initiiert. Es wurden zahlreiche Schraubmontageversuche unter Verwendung mehrerer Schraubmontageverfahren, wie drehmoment-, drehwinkel- oder streckgrenzgesteuerten Anzugsverfahren, mithilfe eines intelligenten hydraulischen Schraubmontagesystems vollzogen. In Abbildung 4 ist das in der Serienfertigung bei Liebherr eingesetzte Eco2Touch-Schraubmontagesystem der Firma JUKOTECHNIK GmbH dargestellt.

So sind zum einen das Ziel aus diesem Forschungsprojekt, insbesondere unter Anwendung des streckgrenzengesteuerten Anzugsverfahrens, zum anderen die Auswirkungen von Lackschichten in der Kopfauftragfläche auf die Prozesssicherheit in der Schraubmontage zu detektieren.



Abb. 4:
Hydraulisches Schraubmontagesystem Eco2Touch [3]

Hersteller und Konstrukteure sind nicht zuletzt durch das Produkthaftungsgesetz dazu verpflichtet, für die Betriebssicherheit ihrer Anlagen zu sorgen. Den erforderlichen Nachweis erbringen sie vor der Montage mitunter durch die Berechnung von Schraubenverbindungen.

Für die Berechnung und Auslegung stehen eine Reihe von Normen und Richtlinien zur Verfügung. Die insbesondere im Maschinenbau international als Standardwerk anerkannte Richtlinie ist die Richtlinie VDI 2230 „Systematische Berechnung hoch beanspruchter Schraubenverbindungen“. Alle Normen und Richtlinien haben gemein, dass sie nach derzeitigem Stand den Sachverhalt einer im Kraftfluss liegenden Lackschicht nicht umfassend regeln.

Würde es einem Lackhersteller nun gelingen, ein Lacksystem zu entwickeln, das den enormen mechanischen Belastungen in der Kopf- bzw. Mutte-Auflagefläche sowie denen in der Trennfuge standhält und gleichzeitig für einen sicheren Korrosionsschutz garantieren kann, so würde dies einen enormen Fortschritt in der Branche bedeuten. Eine hohe Kostenersparnis durch deutlich vereinfachte Lackierprozesse, z. B. Wegfall der Maskierung von Bauteilen, wäre eine Folge eines solchen innovativen Lacksystems.

Die Emil Frei GmbH & Co. KG ist ein Lackhersteller und -entwickler, der es sich zur Aufgabe gemacht hat, ein solch innovatives Lacksystem zu entwickeln. Gemeinsam mit der Hochschule Offenburg wurde ein weiteres Forschungsprojekt ins Leben gerufen, das sich dieser komplexen Aufgabe widmet. Die Erkenntnisse aus den Versuchen, die an der Hochschule am dortigen Institut für Maschinenbau und Verfahrenstechnik durchgeführt werden, fließen direkt in die Lackentwicklung ein.

Und deshalb ist zum anderen das Ziel aus diesem Forschungsprojekt eines geeigneten Lacksystems durch die Emil Frei GmbH & Co. KG zu entwickeln. Das Team der Hochschule soll hierfür ein geeignetes validiertes Prüfverfahren für die Lackentwicklung bereitstellen.

Vorgehensweise

Die Versuche, die an der Hochschule Offenburg durchgeführt werden, orientieren sich an dem Referenzanwendungsfall Liebherr Mobilkran und beschränken sich zunächst auf die Untersuchung der sog. quasi-statischen Belastung. Der Referenzanwendungsfall entspricht einer Einschraubverbindung mit einer Lackschicht sowohl in der Kopfauflagefläche als auch in der Muttern- bzw. Bauteilaufgabe. Die Beeinflussung des Schraubmontageprozesses im Hinblick auf dessen Prozesssicherheit findet allerdings fast ausschließlich in der Kopfaufgabe statt.

Die Bilder a, b, c in Abbildung 5 zeigen den Versuchsaufbau unter Anwendung des Eco2-Touch-Schraubmontagesystems zur Charakterisierung des Einflusses von Lackschichten in der Kopfaufgabe der Einschraubverbindung auf den streckgrenzgesteuerten Schraubmontageprozess.

Mit einer eigens konstruierten und gefertigten Prüfvorrichtung wird das Verhalten des Vorspannkraftverlusts von Verbindungen mit fünf unterschiedlichen Lacksystemen analysiert. Dabei handelt es sich um drei Nasslacke und um zwei Pulverlacke. Um veränderliche Temperatureinflüsse darstellen zu können, werden die Versuche innerhalb einer Klimakammer bei unterschiedlichen Temperaturen durchgeführt. Diese liegen, in Abhängigkeit der Glasübergangstemperatur der jeweiligen Lacksysteme, im Bereich von -20 °C bis $+80\text{ °C}$. Unter der Glasübergangstemperatur versteht man die Temperatur, bei der der Lack beginnt, seine feste Struktur zu verlieren und in eine zähflüssige überzugehen. Die Dauer der Versuche reicht von 24 bis zu 100 Stunden; vereinzelt auch 1000 Stunden.

Um den Grad des Verschleißes der Lackschicht nach den Versuchen beurteilen zu können, wird anschließend eine optische Bewertung der Kontaktzonen vorgenommen. Dies ist gleichzeitig eine erste Abschätzung, ob der Korrosionsschutz im Bereich der Verschraubung erhalten werden kann.

Zur Ermittlung der Eindringtiefe, der in den Kontaktzonen entstandenen kreisringförmigen Eindrücke in das jeweilige Lacksystem, dient ein Weißlicht-Interferometer (TMS-100TopMap Metro.Lab) der Firma Polytec GmbH. Damit ist es möglich, die gesamte Geometrie des Eindrucks digital zu erfassen und im Anschluss softwaregestützt auszuwerten. Abbildung 6 zeigt ein Beispiel für die Aufnahme eines Eindrucks in die Lackschicht mithilfe eines Weißlicht-Interferometers.

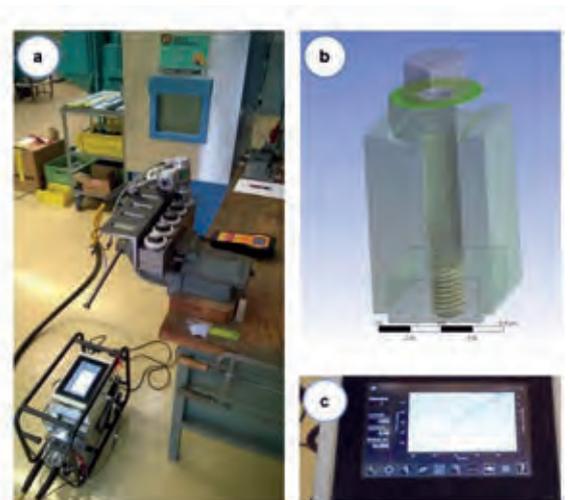


Abb. 5:
Versuchsaufbau unter Anwendung der Eco2Touch

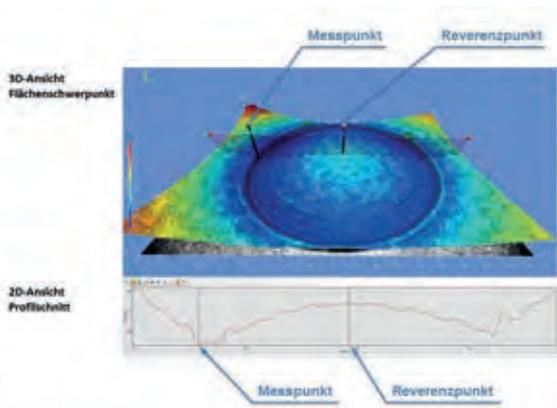


Abb. 6:
Aufnahme eines Weißlicht-Interferometers

Eine weitere Anforderung an die Lackentwicklung ist, ein Lacksystem mit einem definierten Reibungskoeffizienten zu entwickeln, da dieser über die Höhe der erreichbaren Vorspannkraft mitentscheidet. Hierzu wurden auf einem speziellen Analyseprüfstand der Schatz AG Versuche durchgeführt, um die Reibungskoeffizienten der Lacksysteme nach DIN EN ISO 16047 zu ermitteln.

Ergebnisse

Wird das vom Konstrukteur entworfene Produkt bei bestimmten Temperaturen in einer quasi-statischen Anwendung eingesetzt, dann kann bezüglich Kopf- und Mutterauflage von relativ geringen Vorspannkraftverlusten ausgegangen werden.

Fest steht bereits nach den ersten Testreihen, dass die Betriebsbeanspruchung der Schraubenverbindungen entscheidend ist. Dabei kommt es insbesondere auf die Temperaturen an, die während der gesamten Lebensdauer auf die Schraubenverbindungen respektive auf die angestrebten Korrosionsschutzlacke einwirken. Zudem ist relevant, wie viele Trennfugen und somit Lackschichten insgesamt im Kraftfluss vorhanden sind. Generell führen höhere Schichtstärken zu höheren Setzkraftverlusten.

Die Auswertung der bisherigen Versuche zeigt, dass unter bestimmten Bedingungen die getesteten Lacksysteme den hohen mechanischen und thermischen Belastungen, die in einer Kopfauflagefläche herrschen, standhalten können.

Die ermittelten Vorspannkraftverluste lagen in einem Bereich, der nahezu dem von nicht beschichteten Bauteilen entspricht. Dies würde nach den derzeitigen Erkenntnissen keine Gefahr für die Betriebssicherheit der Schraubenverbindung bedeuten. Hinsichtlich des Korrosionsschutzes ist der Erkenntnisstand, dass die resultierende Lackschicht ausreichenden Korrosionsschutz bieten sollte.

Wie sich bei den Schraubversuchen lackierter Bauteile gezeigt hat, ist der Einsatz eines intelligenten Schraubmontagesystems zwingend erforderlich, um prozesssicher arbeiten zu können. Nur ein den Anforderungen einer prozesssicheren Montage entsprechendes intelligentes Schraubmontagesystem kann einen Schraubprozess sicher zu einem optimalen Montagevorspannkraftergebnis führen.

Ausblick

Es sind weiterführende Untersuchungen geplant. So stehen zukünftig auch dynamische Tests an, um sich weiteren Anwendungsfällen anzunähern. Um noch tiefere Einblicke in das rheologische Verhalten lackierter Bauteile zu erhalten, stehen Relaxations- sowie Kriechversuche an der hoch präzisen Zug-Druck-Prüfmaschine der Hochschule Offenburg an. Mit einem sogenannten Salzwasser-Sprüh-Nebelversuch nach DIN EN ISO 9227 wollen die Fachleute zusammen mit den Experten bei der Emil Frei GmbH & Co. KG den Nachweis erbringen, dass der Korrosionsschutz tatsächlich gewährleistet ist und damit die optischen Eindrücke bestätigt werden können.

Quellenangaben:
 [1]Wiegand, H.; Kloos, K.-H.; Thomala, W.; Schraubenverbindungen - Grundlagen, Berechnung, Eigenschaften, Handhabung; Heidelberg 2007, Springer-Verlag Berlin
 [2]Liebherr-Components Biberach GmbH, Großwälzlager von Liebherr - Anwendungsspezifische Kugel- und Rollendrehverbindungen in höchster Qualität, Online im Internet: URL: http://www.liebherr.com/CP/de-DE/default_cp.wfw/tab-131726, [Stand: 2016-02-22]
 [3]HYTORC Seis GmbH, Aggregat - HYTORC Eco2TouchTM, Online im Internet: URL: <http://www.hytorc-seis.de/produkte/aggregate/hytorc-eco2touchtm.html>, [Stand: 2016-02-22]

AUTOREN

Prof. Dipl.-Ing. Alfred Isele
 Dekan M+V
alfred.isele@hs-offenburg.de



Dipl.-Ing. Dietmar Isele
 Akademischer Mitarbeiter
dietmar.isele@hs-offenburg.de



Frank Weber B. Eng.
 Akademischer Mitarbeiter
frank.weber@hs-offenburg.de



Das (richtig berechnete Umform-) Werkzeug macht den Unterschied

Andreas Jilg M. Sc., Prof. Dr.-Ing. Thomas Seifert

Viele Produkte bekommen ihre Form durch Warmumformung. Beim Warmumformen sind die formgebenden Werkzeuge hohen Belastungen ausgesetzt. Damit kein Werkzeugbruch die Produktion lahmlegt, ist ein genaues Verständnis des eingesetzten Werkzeugstahls von großer Bedeutung. Der Werkzeugstahl muss buchstäblich berechenbar werden. Daher werden Ingenieure in Zukunft Werkstoffveränderungen durch den Produktionseinsatz der Werkzeuge bereits bei der Konstruktion berücksichtigen.

Hot work tools are subjected to high loads during hot forming processes. To avoid failure of the tools and, thus, to prevent production stops, a detailed understanding of the used tool steels is of great importance. In particular, computational models are required that can capture the material properties of the steels in simulations of the forming process and the assessment of failure of the tools. In the future, engineers will be able to predict tool failure in simulations by incorporating microstructural changes in the material due to the influence of heat during production and by correlating the changes in microstructure with changes in the material properties.

Einleitung

Seien es Getriebeteile im Auto oder Schauflräder in Flugzeugturbinen die Herstellung dieser Bauteile ist schnell, zuverlässig und kostengünstig durch Warmumformen möglich. Dabei wird zunächst ein metallisches Werkstück teilweise bis auf 1200 °C erwärmt, sodass der Werkstoff gut umformbar ist, und schließlich in einer Presse zu einem Bauteil geformt. Die Form gibt dabei das Warmumformwerkzeug, das die Negativform des Bauteils selbst abbildet. Die Werkstoffe, aus denen die Warmumformwerkzeuge bestehen, bezeichnen die Ingenieure als Werkzeug- oder Warmumformstähle.

Damit die Werkzeuge möglichst hohe Festigkeiten aufweisen, werden sie vor dem Einsatz wärmebehandelt: Sie werden zunächst gehärtet, ähnlich wie bereits die Schwerter von Ritters gehärtet wurden. Der gehärtete Werkstoff ist dann zwar hart und fest, er ist jedoch auch sehr spröde und bricht wie Glas, wenn er überlastet wird. Durch eine weitere Wärmebehandlung, dem sogenannten Anlassen, bekommt der Werkstoff wieder ausreichend Zähigkeit, um sich den hohen Belastungen im Produktionsbetrieb stellen zu können. Die Kombination aus Härten und Anlassen nennen die Fachleute Vergüten. Hierdurch entsteht eine ganz bestimmte Mikrostruktur im Werkstoff. Der Werkzeugstahl kann sich dadurch stärker plastischer Verformung widersetzen, ohne dabei spröde zu brechen.

Bei jeder Herstellung eines Werkstücks wird das Werkzeug erhitzt und es entstehen zudem innerhalb des Werkzeugmaterials hohe Zug- und Druckspannungen. Trotz der erhöhten Festigkeiten kann der Werkzeugstahl in bestimmten Werkzeugbereichen kleine plastische Verformungen erleiden. Es wird also nicht nur das Werkstück gewollt in Form gebracht, sondern auch ungewollt. Ein Werkzeug wird meist zur Herstellung von mehreren 1000 Teilen verwendet.

Die wechselnde Beanspruchung kann zum Werkzeugbruch führen. Diesen Versagensfall nennt man Ermüdung. Um einen Werkzeugbruch und damit teure Produktionsausfälle vermeiden zu können, werden zunehmend Simulationen durchgeführt, in denen in einem Computermodell der Umformprozess abgebildet wird und Einblicke in die Werkstoffbelastungen gewonnen werden können. Damit das Computermodell allerdings realistische Ergebnisse berechnen kann, müssen die Eigenschaften des Werkstoffs im Modell abgebildet werden. Durch Veränderungen im Werkstoff, die unter Wärmeeinfluss im Produktionseinsatz des Werkzeugs auf mikroskopischer Ebene stattfinden, verändern sich jedoch über die Produktionszeit auch die Eigenschaften der Werkzeugstähle.

In einem Forschungsprojekt an der Hochschule Offenburg, das von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG gefördert und gemeinsam mit dem Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen IFUM der Leibniz Universität Hannover durchgeführt wird, wird ein neues Werkstoffmodell für Werkzeugstähle entwickelt. Dieses berücksichtigt mikrostrukturelle Veränderungen und deren Einfluss auf die Eigenschaften von Werkzeugstählen bei der Simulation von Warmumformprozessen. So sollen zukünftig verlässliche Aussagen zum Zeitpunkt des Auftretens eines Werkzeugbruchs getroffen und Produktionsausfälle minimiert werden.

Simulation des Warmumformens und der Werkzeugbelastung

Mithilfe der Simulationen können Ingenieure Warmumformprozesse im Vorfeld berechnen. Sie können somit Vorhersagen zur Qualität des Bauteils, aber auch zur Belastung des Werkzeugs treffen und gegebenenfalls den Prozess im Computer optimieren, bevor Zeit und Geld in teure Versuche gesteckt wird. In Abb. 1 ist ein typischer Umformvorgang dargestellt. Die grau eingefärbten Bauteile werden in Fachkreisen Stempel (oberes Werkzeug) und Matrize (unteres Werkzeug) genannt. Zwischen den beiden Werkzeugen befindet sich das erwärmte Werkstück. Die Werkzeuge bewegen sich aufeinander zu, wodurch das Werkstück den entstehenden Hohlraum ausfüllt und somit seine gewünschte Form erhält. Die farbliche Markierung in der Abbildung gibt Auskunft über die Beanspruchungen im umgeformten Werkstück. Dabei sind hohe Werkstoffbelastungen in Rot und niedere in Blau dargestellt. Das Werkstück übt während des Umformvorgangs selbstverständlich auch Kräfte auf die Matrize und auf den Stempel aus. Die daraus resultierenden Werkstoffbelastungen in der Matrize sind ebenfalls in Abb. 1 dargestellt. Der rote Bereich zeigt die höchste Werkstoffbelastung in der Matrize auf. Wie der Kenner intuitiv vermutet hätte, liegt dieser Bereich in dem vergrößert dargestellten Radius. Die hohe Werkstoffbelastung führt in dieser kritischen Stelle zu plastischen Verformungen am Ende jedes Umformprozesses. Hierdurch kommt es an dieser Stelle zur Bildung von Ermüdungsrissen, was zu einem Werkzeugbruch und zu einem teuren unvorhergesehenen Produktionsstopp führen kann. Durch die Kenntnis der Werkstoffbelastung aus der Simulation können Werkzeugwechsel so geplant werden, dass derartige Produktionsausfälle vermieden werden.

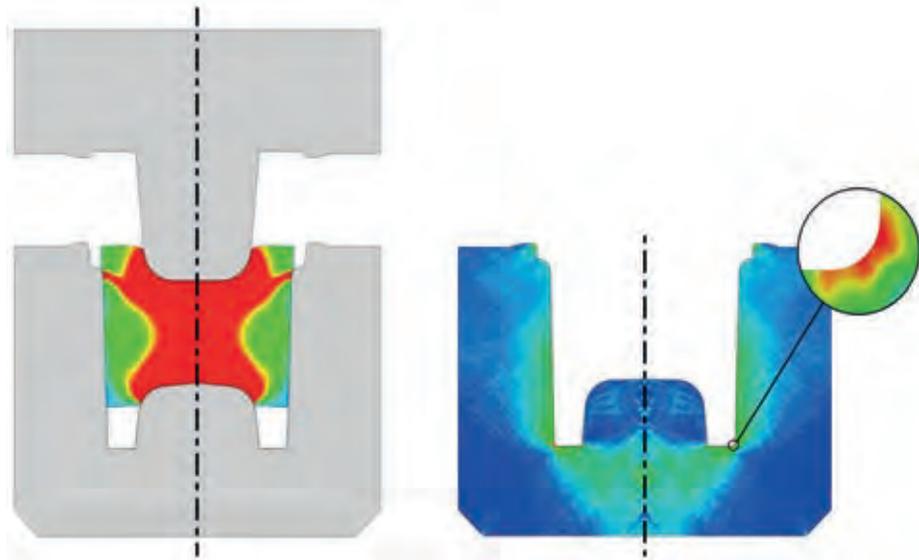


Abb. 1: Simulationsergebnis eines Warmumformprozesses; Werkstoffbelastung im Werkstück (links) und im Werkzeug (rechts)

Weiterentwicklung der Simulation durch bessere Werkstoffmodelle

In Praxisanwendungen hat sich gezeigt, dass bestimmte Werkzeugmaterialien während der Umformvorgänge weicher werden [1–3]. Der Grund für diese Entfestigung findet sich in der Mikrostruktur. Beispielsweise verursachen winzig kleine Teilchen (wenige Mikrometer und auch kleiner) im Werkzeug eine hohe Festigkeit, da sie die Verformung des Materials behindern [4]. Durch das Erwärmen des Werkzeugstahls während des Umformens der heißen Werkstücke lösen sich einige Mikroteilchen auf, wohingegen sich andere vergrößern. Da wenige Teilchen die Verformung weniger behindern, wird das Material weicher. Aus diesem Grund kann die Entfestigung des Materials durch den Wärmeeinfluss mit der Vergrößerung der enthaltenen Teilchen beschrieben werden. Eine spezielle Form der Vergrößerung der Teilchen infolge der Erwärmung ist die sogenannte Ostwaldreifung [5]. Eine Folgerung der Ostwaldreifung ist, dass sich die Teilchen bei höherer Temperatur schneller vergrößern als bei niedrigen Temperaturen. So hat in unserem Beispiel das Werkstück, das 50 Minuten 650 °C ausgesetzt wurde, die gleiche Festigkeit wie das Werkstück, das 10 Stunden 600 °C ausgesetzt wurde. Diese Entfestigung des Werkstoffs wird bisher in der Simulation nicht berücksichtigt.

Zur Untersuchung der Entfestigung wurden an der Hochschule Offenburg verschiedene Proben bei unterschiedlichen Temperaturen und unterschiedlichen Zeiten in einem Härteofen wärmebehandelt. Nach den Versuchen wurden die Härtewerte ermittelt. Es wurde ein mathematisches Modell entwickelt, das auf den physikalischen Prozessen der Entfestigung beruht. Die entsprechenden Werkstoffkennwerte, die in dieses Werkstoffmodell einfließen, wurden auf Basis der gemessenen Härtewerte bestimmt. Die gemessenen Härtewerte sind als Symbole in Abb. 2 dargestellt. Die dünnen schwarzen Linien entsprechen der Berechnung mit dem entwickelten Modell. Mit dem Modell lassen sich die Messergebnisse sehr gut beschreiben.

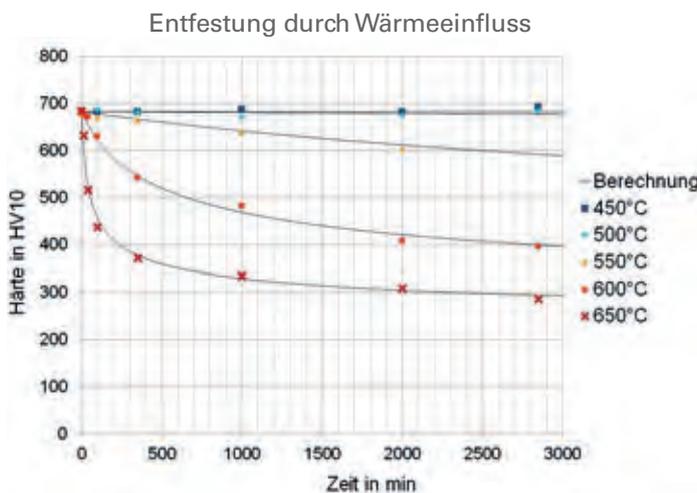


Abb. 2:
Entfestigung des Werkzeugstahls infolge einer thermischen Belastung

Referenzen/References:

[1] D. Caliskanoglu, I. Siller, R. Ebner, H. Leitner, F. Jeglitsch, W. Waldhauser: "Thermal fatigue and softening behavior of hot work tool steels", in: J. Bergstrom (Ed.), Proceedings of the 6th International Tooling Conference, Karlstad University, Karlstad, 2002
 [2] Z. Zhang, D. Delagnes, G. Bernhart: "Microstructure evolution of hotwork tool steels during tempering and definition of a kinetic law based on hardness measurements", doi:10.1016/j.msea.2004.03.067, Materials Science and Engineering: A 380 (1-2) (2004) 222_230, 2004
 [3] X. HU, L. LI, X. WU, M. ZHANG: "Coarsening behavior

Zusammenfassung und Ausblick

Das entwickelte Modell kann die Entfestigung des Werkzeugstahls sehr gut beschreiben. Daher soll es in die Simulation der Warmumformung eingebunden werden, um präzise Ergebnisse zum aktuellen Zustand des Werkzeugstahls zu bekommen. Zuvor muss das Modell jedoch noch in weiteren Validierungsuntersuchungen auf Herz und Nieren getestet werden. Denn nur das richtig berechnete Umformwerkzeug macht den Unterschied.

AUTOREN

Andreas Jilg M. Sc.

Akademischer Mitarbeiter,
Fakultät M+V, Werkstoffmodellierung,
andreas.jilg@hs-offenburg.de



Prof. Dr.-Ing. Thomas Seifert

Fakultät M+V
Werkstofftechnik, Mechanik,
Finite-Elemente-Methode,
Schadenskunde
thomas.seifert@hs-offenburg.de



of $m_{23}C_6$ carbides after ageing or thermal fatigue in aisi h13 steel with niobium", doi:10.1016/j.ijfatigue.2005.06.042, International Journal of Fatigue 28 (3) (2006) 179_186, 2006
 [4] J. Rösler, H. Harders, M. Bäker: Mechanical behaviour of engineering materials: Metals, ceramics, polymers, and composites", ISBN: 978-3-8351-0008-4, Springer, Berlin and New York, 2007
 [5] R. Bürgel, H. Maier, T. Niendorf: "Handbuch Hochtemperatur-Werkstofftechnik, 4., überarb. Auflage", ISBN: 978-3-8348-1388-6, Vieweg + Teubner, Wiesbaden, 2011

Mit Bestimmtheit höhere Bauteilsicherheit durch Probabilistik

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

Schadensfälle an sicherheitsrelevanten Bauteilen können katastrophale Folgen haben. Daher gelten für die eingesetzten Werkstoffe besonders hohe Anforderungen an die Sicherheit und Zuverlässigkeit, auch weil Werkstoffeigenschaften (z. B. Festigkeit) innerhalb eines Bauteils und von Bauteil zu Bauteil streuen. Durch Berücksichtigung der Streuungscharakteristik bei einer probabilistischen Bauteilbewertung können Ingenieure trotzdem die Bauteilsicherheit prognostizieren.

The failure of safety-related components in machinery and equipment, engines and turbines can end in disaster. Thus, the used materials must meet high demands with respect to safety and reliability, amongst other aspects because material properties (as e.g. strength) scatter from component to component and even within one component. During dimensioning of the component, engineers can account for the characteristic scatter in a probabilistic assessment. A method for probabilistic assessment of high temperature component is developed in this project and uses statistical approaches together with mechanism-based models for the lifetime prediction.

Einleitung

Bei der Auslegung von sicherheitsrelevanten, hoch beanspruchten Bauteilen (beispielsweise Wellen, Scheiben und Schaufeln in Turbinen zur Stromerzeugung und von Flugzeugen) sind Ingenieure auf fortschrittliche Berechnungsmodelle angewiesen, da die Bauteile in der Entwicklungsphase schließlich nicht unter allen möglichen Belastungsszenarien getestet werden können. Bauteile von Turbinen sind hierbei nicht nur hohen mechanischen Belastungen (beispielsweise durch Fliehkräfte) ausgesetzt, sondern müssen zusätzlich hohe Temperaturen ertragen. Die Temperaturschwankungen, die beim Starten und Abschalten der Turbine auftreten, machen selbst die edelsten Werkstoffe auf Dauer nicht mit. Beim Aufheizen dehnt sich das Material aus, beim Abkühlen zieht es sich wieder zusammen. Dieses Hin- und Her-Verformen führt dazu, dass der eingesetzte Werkstoff unter „Stress“ kommt und Spannungen im Werkstoff auftreten. Diese Spannungen können dazu führen, dass sich Risse im Material bilden, die unter der zyklischen Belastung (wiederholtes Starten und Abschalten) wachsen, bis das Bauteil kaputt ist. Der Fachmann spricht dabei von der thermo-mechanischen Ermüdung (Thermomechanical Fatigue, TMF) des Werkstoffs.

Damit ein stets zuverlässiger Betrieb der Bauteile möglich ist, werden Berechnungsmodelle entwickelt und von Ingenieuren eingesetzt. Die Berechnungsmodelle benötigen abgesicherte Informationen zu den mechanischen Eigenschaften der Werkstoffe. Die elastischen und plastischen Eigenschaften werden in sogenannten Ermüdungsversuchen an Werkstoffproben im Labor ermittelt und über sogenannte Werkstoffkennwerte quantifiziert (z. B. Elastizitätsmodul und zyklische Streckgrenze). In Versuchen werden dabei die Proben abwechselnd gezogen und gedrückt, bis der Werkstoff so weit geschädigt ist, dass die Proben brechen.

Die Werkstoffkennwerte verändern sich jedoch mit der Temperatur und müssen daher für unterschiedliche Temperaturen separat bestimmt werden. Aber selbst wenn bei derselben Temperatur dieselben Versuche mehrfach durchgeführt werden, werden nicht dieselben Kennwerte ermittelt, da die Werkstoffeigenschaften einer natürlichen zufälligen Streuung unterliegen. In der Praxis erfolgt die Auslegung jedoch meist mit festgelegten Werkstoffkennwerten, beispielsweise einem Mittelwert aus allen Werkstoffprüfungen. Die Ingenieure sprechen bei der Verwendung von festgelegten

Werten von einer deterministischen Betrachtungsweise. Aufgrund der Streuung kann jedoch nicht hundertprozentig davon ausgegangen werden, dass der Werkstoff tatsächlich die festgelegten Eigenschaften aufweist. Somit ergibt sich eine Unsicherheit bei der Auslegung der Bauteile. Daher wurde an der Hochschule Offenburg in einem dreijährigen Forschungsprojekt eine Auslegungsmethodik entwickelt, in der über eine sogenannte probabilistische Betrachtungsweise Wahrscheinlichkeiten zu Werkstoffeigenschaften einfließen. So wird trotz werkstoffbedingter Unsicherheiten eine sichere Bauteilauslegung möglich.

Methodik und Ergebnisse

Die Grundlage für die Entwicklung eines probabilistischen Berechnungsmodells zur Vorhersage der Bauteillebensdauer bei thermomechanischer Ermüdung bildet ein mechanismenbasiertes Berechnungsmodell für Mikrorisswachstum. Unter „mechanismusbasiert“ wird dabei verstanden, dass das Modell die physikalischen Vorgänge bei der Schädigung des Werkstoffs durch die beim Aufheizen und Abkühlen entstehenden Spannungen abbildet. Im Modell wird berechnet, wie weit sich ein Riss im Material während eines Temperaturzyklus wie ein Spalt öffnet. Diese Rissöffnung ist ein wichtiges Maß. Wie weit ein Riss während eines Belastungszyklus auf- und zugeht, hängt davon ab, wie stark sich die Risslänge pro Belastungszyklus ändert. Mathematisch wird dieser Zusammenhang so formuliert, dass der Rissfortschritt pro Zyklus da/dN mit der zyklischen Rissöffnung $\Delta CTOD$ korreliert [1,2]. Die zyklische Rissöffnung $\Delta CTOD$ wird über einen Schädigungsparameter, der als D_{TMF} bezeichnet wird, abgeschätzt [3]. Dieser Schädigungsparameter hängt maßgeblich von den mechanischen Werkstoffkennwerten ab. Daher kann über das mechanismusbasierte Modell und die Streuung der mechanischen Werkstoffkennwerte die daraus resultierende Streuung im Schädigungsparameter D_{TMF} bestimmt werden. Die Kenntnis der Streuung im Schädigungsparameter erlaubt es dann, eine Aussage zur Streuung in der Lebensdauer (in Form der vom Werkstoff ertragbaren Anzahl an Belastungszyklen) zu treffen. Über diese probabilistische Betrachtungsweise können Ingenieure nun einer Vielzahl von Belastungssituationen in Berechnungen entsprechende Überlebenswahrscheinlichkeiten zuordnen.

Die Auslegungsmethodik zur Berücksichtigung des Einflusses der Streuung besteht aus mehreren Teilschritten. Zunächst wird eine Vielzahl an vorhandenen Ergebnissen von Laborversuchen an einem Turbinenwerkstoff ausgewertet. Da diese Auswertung bei der vorliegenden Anzahl an Versuchen mit erheblichem Aufwand verbunden ist, wurden entsprechende Softwareprogramme entwickelt, die die Auswertung der Versuche automatisiert durchführen. Allerdings kann nicht jeder Werkstoffkennwert ohne Weiteres für jede Laborprobe individuell so ermittelt werden, dass er wirklich aussagekräftig ist. Die Versuchsführung in einem Versuch muss ein Mindestmaß an plastischer Verformung der Probe hervorrufen, sodass die tatsächlichen plastischen Werkstoffkennwerte auch gefunden werden. Wird dieses Mindestmaß an plastischer Verformung nicht erreicht, wird der Werkstoffkennwert in viel stärkerem Maß durch numerische Ungenauigkeiten oder durch zufälliges Messwertrauschen bestimmt als durch das eigentliche Werkstoffverhalten und ist damit unbrauchbar.

Die Werkstoffkennwerte für jede Laborprobe werden mit einer im Forschungsprojekt entwickelten Methodik auf ihre Sensitivität geprüft, sodass eine Entscheidung getroffen werden kann, ob die Kennwerte für weitere Betrachtungen herangezogen werden dürfen. In Abb. 1, links, ist beispielhaft dargestellt, wie stark die zyklische Streckgrenze, die ein Werkstoffkennwert für die Bewertung der Festigkeit des Werkstoffs darstellt, streut, wenn die vorliegenden Laborversuche ohne die beschriebene Überprüfung ausgewertet werden. Die Bezeichnungen „Normal“, „LogNormal“, „Weibull-2“ und „Weibull-3“ stehen für unterschiedliche Verteilungsfunktionen, die zur Beschreibung der Streuung verwendet werden können. Im Vergleich dazu wird aus Abb. 1, rechts, der Einfluss der entwickelten Methodik auf die Streuung ersichtlich. In dieser Abbildung sind nur diejenigen Werkstoffkennwerte berücksichtigt, die aus Versuchen ermittelt wurden, die das geforderte Mindestmaß an plastischer Dehnung erreichen. Die Verteilungsfunktionen fallen deutlich schmaler aus, sodass sich der Wertebereich verringert, in dem die zyklische Streckgrenze aus statistischer Sicht erwartet wird. Dadurch liegen tatsächlich geringere Streuungen im Werkstoffkennwert vor, als durch die Verteilungen ohne Sensitivitätsprüfung suggeriert würden.

Durch die nun vorliegenden statistischen Informationen zu den Werkstoffkennwerten lässt sich ein wahrscheinlichkeitsbehafteter Schädigungsparameter D_{TMF} bestimmen, sodass Aussagen zur Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines Schadens getroffen werden können. Diese probabilistische Berechnung des Schädigungsparameters kann auf Bauteile angewandt werden, indem die Finite-Elemente-Methode eingesetzt wird, die ein wichtiges Simulationswerkzeug bei der Festigkeitsbewertung von Bauteilen ist. Es wurde eine Vielzahl an Finite-Elemente-Simulationen einer Turbinenkomponente zur Berechnung der Werkstoffbelastungen unter Berücksichtigung der gewonnenen Streuungsinformationen durchgeführt. In Abb. 2, links, ist beispielhaft für eine mögliche Kombination aus Werkstoffkennwerten der gefundenen Verteilungsfunktionen der Schädigungsparameter in der hoch belasteten Stelle der Komponente dargestellt. Die statistisch ausgewerteten Ergebnisse aller Simulationen sind in Abb. 2, rechts, gezeigt. Diese geben nun den Ingenieuren wichtige Informationen zur möglichen Unsicherheit in der Bauteillebensdauer.

Zusammenfassung

Es wurde eine durchgehende Methodik zur Bewertung des Einflusses der Streuung der mechanischen Werkstoffeigenschaften auf die Lebensdauer bei thermomechanischer Werkstoffermüdung entwickelt. Hierzu wurde ein mechanismusbasiertes Berechnungsmodell herangezogen, das zur Bewertung von Bauteilen geeignet ist. Über die Methodik lassen sich Aussagen zur Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines Schadens treffen, sodass trotz Streuung eine sichere Bauteilauslegung möglich ist.

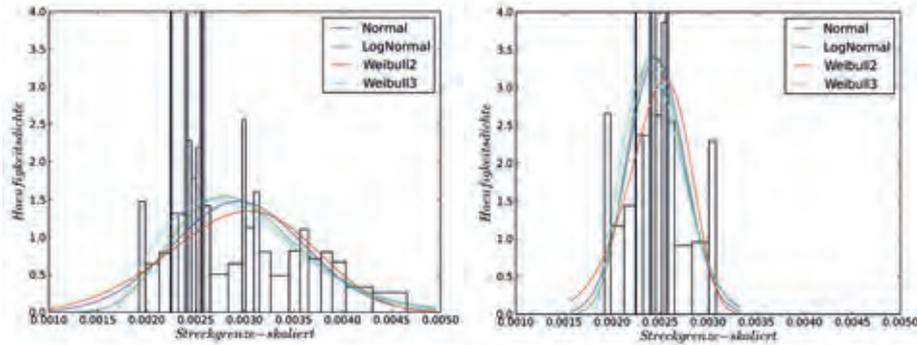


Abb. 1: Häufigkeitsverteilung der zyklischen Streckgrenze; links: ohne Prüfung auf Sensitivität; rechts mit Prüfung auf Sensitivität

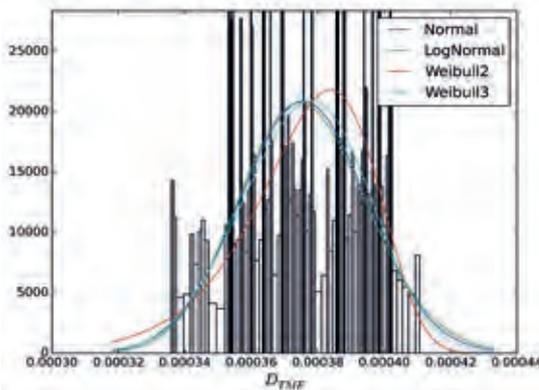
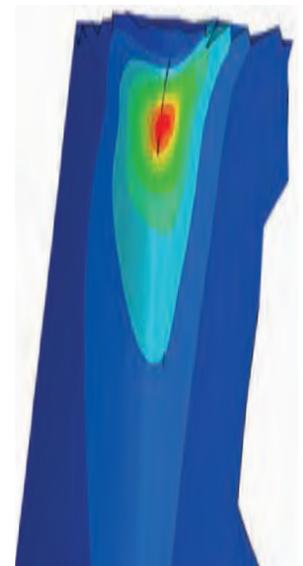
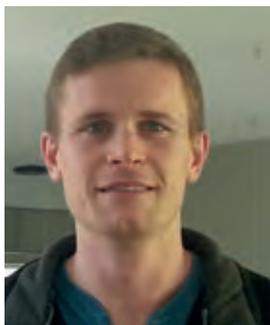


Abb. 2: Probabilistische Lebensdauerbewertung; rechts: Schädigungsparameter an kritischer Stelle (rot bedeutet hohe Schädigung); links: Verteilung des Schädigungsparameters aus einer Vielzahl an Simulationen



AUTOREN

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



Prof. Dr.-Ing. Thomas Seifert
Fakultät M+V
Werkstofftechnik, Mechanik,
Finite-Elemente-Methode,
Schadenskunde
thomas.seifert@hs-offenburg.de



Referenzen/References:

- [1] Tvergaard, V.; Hutchinson, J.W., Crack growth per cycle by blunting and void growth, In: Fatigue 2002 - Proceedings of the Eighth International Fatigue Congress held 3-7 June 2002, Stockholm, Sweden (Ed. A.F. Blom), 2002, 107-116
- [2] C. Schweizer, T. Seifert, M. Schlesinger, H. Riedel, Korrelation zwischen zyklischer Risspitzenöffnung und Lebensdauer, in DVM-Bericht 239: Tagung des DVM-Arbeitskreises Bruchvorgänge; Bruchmechanik und Bauteilsicherheit, 2007, 237-346
- [3] T. Seifert, C. Schweizer, M. Schlesinger, M. Möser, M. Eibl, Thermomechanical fatigue of 1.4849 cast steel – experiments and life prediction using a fracture mechanics approach, International Journal of Materials Research 101, 2010, 942-950

A new insensitive TLC method to measure trans-Resveratrol in red wine

Andreas Lotz, Barbara Milz, Prof. Dr. Bernd Spangenberg

trans-Resveratrol is a polyphenolic compound belonging to the group of stilbenes. The compound has gained increasing interest over the last years. We now present a new way to measure trans-resveratrol in red wine. A combination of pure wine application on plate, a TLC separation on TLC silica gel 60 plates and chemiluminescence detection offers a limit of quantification for trans-resveratrol of 0.406 mg/l wine. As mobile phase a mixture of ethyl acetate, cyclohexane, n-butanol (9+9+2, v/v) was chosen. The R_f-value for trans-resveratrol is 0.78. The method is specific on trans-resveratrol and can be used to quantify trans-resveratrol in red wine.

Trans-Resveratrol ist eine polyphenolische Verbindung aus der Gruppe der Stilbene. Der Verbindung wurde in den letzten Jahren zunehmendes Interesse gewidmet. Wir präsentieren hier eine neue analytische Methode, um die Konzentration von trans-Resveratrol in Rotwein zu bestimmen. Die Methode umfasst eine direkte Aufgabe des Weins ohne Probevorbereitung auf eine DC-Platte (Dünnschichtchromatographie-Platte), ein DC-Trennung auf Kieselgel 60 und einer Detektion durch Chemilumineszenz. Als mobile Phase wird ein Gemisch aus Ethylacetat, Cyclohexan und n-Butanol (9 + 9 + 2, v / v) benutzt. Die Methode ermöglicht eine Bestimmungsgrenze für trans-Resveratrol von 0,406 mg/l Wein. Der R_f-Wert für trans-Resveratrol wurde zu 0.78 bestimmt. Die Methode ist spezifisch auf trans-Resveratrol und kann verwendet werden, um trans-Resveratrol in Rotwein zu quantifizieren.

Introduction

Phenolic compounds, such as flavonoids and phenolic acids are very important substances occurring in various medicinal plants. Phenolic compounds show different pharmacological activities and they are useful in the therapy of many diseases. Resveratrol (3,5,4'-trihydroxy-trans-stilbene) is a polyphenolic compound belonging to the stilbene group. Resveratrol was originally isolated from hellebore roots in 1940 by Takaoka [1]. Resveratrol exists in the trans- and cis-isomeric form and as the glycoside piceid. The trans-isomer is the more common isomeric form.

trans-Resveratrol is a strong antioxidant and was found to be a strong topoisomerase inhibitor. This may contribute to both the potential anti-carcinogenic and carcinogenic properties of the substance in given circumstances. It attracted wider attention when its presence in red wine was suggested as the explanation for cardioprotective effects of wine. Red wine contains between 0.2 and 5.8 mg/l trans-resveratrol depending on the variety of grape. White wine seems to have much less

resveratrol, because red wine is fermented with the skins, allowing the ethanol in wine to extract the trans-resveratrol.

In all TLC separations the quantification of resveratrol is either done by absorption measurements between 293 and 313 nm or fluorescence measurements. Detection in fluorescence is performed at 400 nm emission wavelength, with the excitation wavelength of 306 nm. As far as we know no publication exists which describes the trans-resveratrol analysis on TLC-plates using chemiluminescence.

The purpose of this paper is to sufficiently separate resveratrol in red wine from all other compounds by TLC, performing chemiluminescence detection. The aim is to develop a specific, sensitive and precise detection method for trans-resveratrol [2].

Pre-treatments, chemiluminescence and separation conditions

The key step towards a fast and reliably working analytical method is a simplified pre-treatment procedure. The use of an extracting solvent like ethyl acetate in conjunction with a pre-column for extract cleaning is the commonly used cleaning method in food analysis, but it is laborious and expensive. We decided to apply the wine directly on plate. If an area instead of a band is sprayed the amount of 50 μL pure wine can be applied with destroying the plate layer.

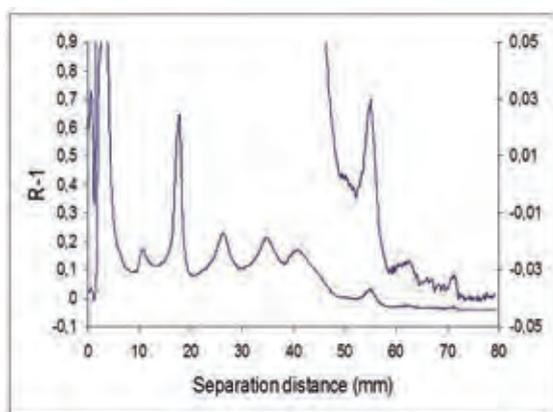


Fig. 1: Densitogram of a wine sample (50 μL) with a trans-resveratrol signal of 28 ng at 55 mm separation distance / front signal is at 70 mm separation distance

Chemiluminescence is a widely used method for ultra-trace analysis. Surprisingly, it is rarely used in TLC. Chemiluminescence can be easily induced by oxidation of diaryl ethane-dioates. The compound bis(2,4,6-trichlorophenyl)oxalate (TCPO) is often used for this reaction because it is quickly oxidised by H_2O_2 . In the presence of trans-resveratrol the reaction energy can be transferred to this fluorescing compound which emits light while relaxing from its excited state.

For performing chemiluminescence in TLC the dry plate was dipped for one sec in a TCPO-solution. This solution was prepared by dissolving 250 mg TCPO in 36 ml n-butyl acetate. The amount of 0.4 mL H_2O_2 (35%) was vigorously shaken with this solution for 20 min. The mixture is suitable for chemiluminescence measurements within a period of 48 hours. After dipping the wet plate was dried until no light reflection could be seen on the surface. Then the TLC plate was covered by a glass plate and measured for two minutes using a very light-sensitive CCD-camera.

For direct video-densitometric evaluation, a ST-1603ME CCD camera with 1.56 megapixel from Santa Barbara Instrument Group, Inc., Santa Barbara, USA was used. The camera was mounted with a Kodak KAF-1603ME CCD pixel array containing 1530 X 1020 pixel. The array size is 13.8 X 9.2 mm with a pixel size of 9 x 9 microns. The camera uses a 16 bit A/D converter and a high speed USB interface. The camera was used in combination with a Schneider SKR KMP Xenoplan 28/2,0 – M 30,5 lens. For plate evaluation the CCD-array was cooled to $-5\text{ }^\circ\text{C}$. After separation and staining the TLC-plate is placed below the camera at a distance of 30 cm. This distance is adjusted so that 8.5 cm are detected by 1020 pixel providing a resolution of $83.3\text{ }\mu\text{m}$ per pixel. A single mm separation distance is measured by 12 diodes, producing 12 independent data points. For evaluation purposes 60 data points are bundled in a densitogram. The largest light intensity in the measured picture is set to J_0 . All other measured light intensities (J) are divided by this value. The luminescence (R) is calculated using expression $R = J/J_0$ [2].

trans-Resveratrol shows a strong chemiluminescence on uncoated silica phase plates. It is essential that no acid is present in the mobile phase because an acid will reduce the limit of detection (LOD) and the limit of quantification (LOQ) by at least a factor of 10. Therefore we decided to use the solvent mix ethyl acetate, cyclohexane, n-butanol (9+9+2, v/v) for separation. The R_f -value for trans-resveratrol is 0.78 (fig. 1). The glycoside piceid stays at the point of application when these separation conditions are used. The calibration function of the trans-resveratrol chemiluminescence detection is linear up to an amount of 500 ng per band on plate.

Precision of the resveratrol analysis

The trans-resveratrol quantification was performed using five independently applied wine samples in conjunction with two standard solutions, alternately placed on the plate. These two independently weighted standard solutions were applied with two or three different volumes. Thus each standard solution was at least applied twice on plate, in amounts of roughly 50 ng and 200 ng resveratrol. Important is that the expected trans-resveratrol content of the wine sample must be in between these standard amount. The 10 applications were spread over a 10 x 10 cm silica gel plates with one cm space left on each side.

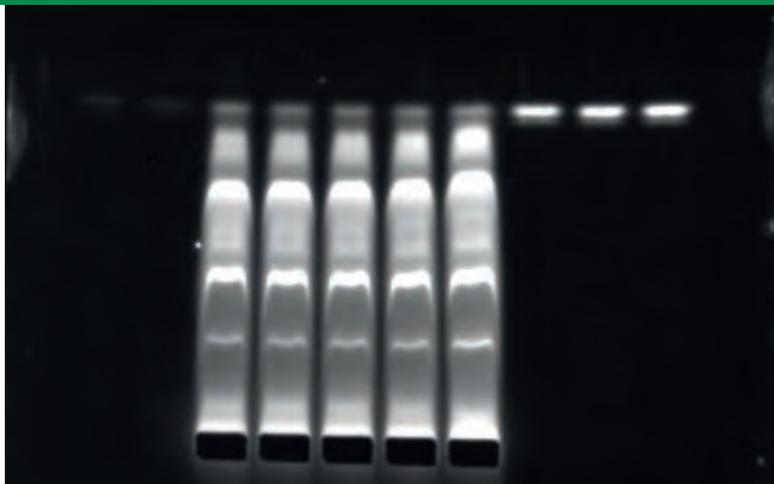


Fig. 2:

10 x 10 cm TLC-plate with different trans-resveratrol standard amounts located at tracks 1, 2 and 8 – 10 / wine sample was applied on tracks 3 to 7

Fig. 2 shows the separation of pure wine samples. On tracks 1 and 2 the two standard solutions are applied using 1 μ l volume of the standard solutions. The amounts of 50 μ l pure wine (Gouverneur St. Auban, Domaine de la Citadelle, Luberon, South France) were applied band-wise on tracks 3 to 7. On track 8 the second standard solution was applied with a volume of 4 μ l and on tracks 9 and 10 the first standard was applied with 4 μ l. The wine samples were sprayed on an area of 6 x 3 mm. Fig. 2 clearly shows that 50 μ l of pure wine can be applied on plate without spoiling the separation ability of the system. Obtained was an excellent trans-resveratrol separation from all wine containing substances. Taking the LOD of 20.3 ng trans-resveratrol per band into consideration, an LOD of 0.406 mg/l of resveratrol in wine can be achieved without further pre-treatments. The whole analysis time need less than one hour.

For evaluation the number of 60 diodes in the middle of the trans-resveratrol zone was averaged into a single densitogram in order to reduce noise. The trans-resveratrol peak was automatically evaluated using its peak area.

The content of trans-resveratrol in red wine is calculated to 2.562 +/- 0.17 mg per litre, measured with a relative precision of 6.65 % [2]. The precision is quite well, because it covers all analytical steps. A check of accuracy is not necessary because the sample was untreated applied on plate.

Conclusion

The presented method is suitable for monitoring and quantifying trans-resveratrol in wine without a laborious pre-treatment step. The amount of 50 μ l of wine was applied on a silica gel 60 plate on the area of 6 x 3 mm. The solvent mix ethyl acetate, cyclohexane, n-butanol (9+9+2, v/v) separates trans-resveratrol sufficiently well from all wine-containing substances. Chemiluminescence as detection method offers a limit of quantification of 20.3 ng per band which results in a limit of quantification of 0.406 mg trans-resveratrol in one liter of pure wine. The method is specific due to chemiluminescence detection. There is no need for a pre-treatment procedure, so the method is rapid and inexpensive.

AUTOREN

Barbara Milz
Labor Umwelt- und Bioanalytik,
Verfahrenstechnik,
barbara.milz@hs-offenburg.de



Andreas Lotz,
Master-Student MPE
andreas.lotz@hs-offenburg.de



Prof. Dr. Bernd Spangenberg
Forschungsgruppe
Nachhaltige Silikatforschung
Lehrgebiete Chemie,
chemische Analytik, Abfall
und Recyclingtechnik, Bionik,
spangenberg@hs-offenburg.de



References:

- [1] Takaoka, M.; Resveratrol, a new phenolic compound, from *Veratrum grandiflorum*. J. Chem. Soc. Japan 1939, 60, 1090-1100
[2] Andreas Lotz, Barbara Milz and Bernd Spangenberg, A new and sensitive TLC method to measure trans-Resveratrol in red Wine. J. liq. chrom. & rel. technol. 2015, 38, 1104-1108

Physikalische Modellierung zur Optimierung industrieller Prozesse

Prof. Dr.-Ing. Peter Treffinger, Prof. Dr.-Ing. Jörg Ettrich, Florian Opitz M. Sc.

Energieintensive industrielle Prozesse, z. B. die Erzeugung von Rohmetallen, Zement, Kalk und Gips oder Papier, haben einen hohen spezifischen Gesamtenergiebedarf. In den letzten Jahrzehnten wurde dieser deutlich gesenkt. Eine weitere Reduktion ist wünschenswert, aber aufwendig. Häufig ist die modellbasierte Prozessauslegung und Betriebsstrategie-Entwicklung ein geeignetes Hilfsmittel. Im Beitrag wird diese Methode am Beispiel des Elektrostahlofens vorgestellt.

Energy-intensive industrial processes, e. g. production of raw metals, cement, limestone and gypsum or paper have a high specific energy demand, which has been significantly reduced in the past few decades. Further reduction is necessary but a challenge. Often, the model-based process design and operating strategy development is an appropriate tool. This method is illustrated by the example of the electric arc furnace. There are two aspects emphasized. Firstly, the development of a multidisciplinary system model by systematic decomposition of the whole plant into subsystems with energy and mass transport in between. Secondly, the detailed investigation of sub-systems to obtain required transport correlations.

Einleitung

Die metallherstellende Industrie zählt zu den energieintensiven Industrien, was durch einen hohen spezifischen Energieverbrauch veranschaulicht werden kann. In der Eisen- und Stahlindustrie dominieren zwei Verfahren, das Blasstahlverfahren (BOF) und das Elektrostahlverfahren (EAF). Die Bedeutung des Elektrostahlverfahrens hat in den letzten Jahren stetig zugenommen. Dabei liegt der Gesamtenergieeinsatz zwischen 650 kWh und 850 kWh pro Tonne Rohstahl, wobei der elektrische Energieanteil dominiert [1].

Die modellbasierte Optimierung von Elektrostahlöfen soll Hinweise liefern, die zur weiteren Reduktion des spezifischen Energiebedarfs führen, da durch den Einsatz von Modellen Konzept- und Auslegungsvarianten zunächst theoretisch untersucht werden können.

Gesamtmodell eines Elektrostahlofens

Abbildung 1 zeigt das Schema eines Elektrostahlofens. Das aufzuschmelzende Material wird in das Ofengefäß eingefüllt. Dieses kann in drei Teile unterteilt werden: das Bodengefäß, in dem letztlich die Flüssigmetallmenge aufgenommen wird, das Obergefäß und den abnehmbaren Deckel. Da die Schmelztemperatur von Eisen bei deutlich über 1500 °C liegt,

benötigt das Untergefäß eine feuerfeste Auskleidung. Um Temperaturgrenzen einzuhalten, werden die Gefäßwände außerdem mit Wasser gekühlt. Beim Elektrostahlofen wird die Energie zum Aufschmelzen des Materials als elektrische Energie über Lichtbögen, über Gasbrenner bzw. Sauerstoffeinblasung sowie über chemische Reaktionsenergie, z. B. durch Reaktionen von Schmelzzusätzen, eingebracht. Das Einbringen des festen Ausgangsmaterials wird Chargieren genannt. Hierzu ist der Deckel des Ofens derart gestaltet, dass er seitlich vom Obergefäß weggeschwenkt werden kann. Im Lauf des Schmelzvorgangs liegen drei Phasen im Gefäß vor: die feste Phase, deren Anteil stetig abnimmt, die flüssige Phase und die Gasphase. Das entstehende Abgas, das auch Feststoffpartikel beinhaltet, wird über den Krümmer abgezogen und einem Abgasbehandlungssystem zugeführt. Bei der Modellierung eines Elektrostahlofens müssen komplexe Vorgänge aus unterschiedlichen physikalischen Domänen parallel betrachtet werden. Die Komplexität des Systems erhöht sich weiter aufgrund der Tatsache, dass der Ofen im Batch-Prozess betrieben wird, es sich bei Lichtbögen um nichtlineare Elemente handelt und das Verhalten der Schüttung teilweise einen stochastischen Charakter aufweist. Die Modellierung eines Elektrostahlofens ist daher sehr aufwendig.

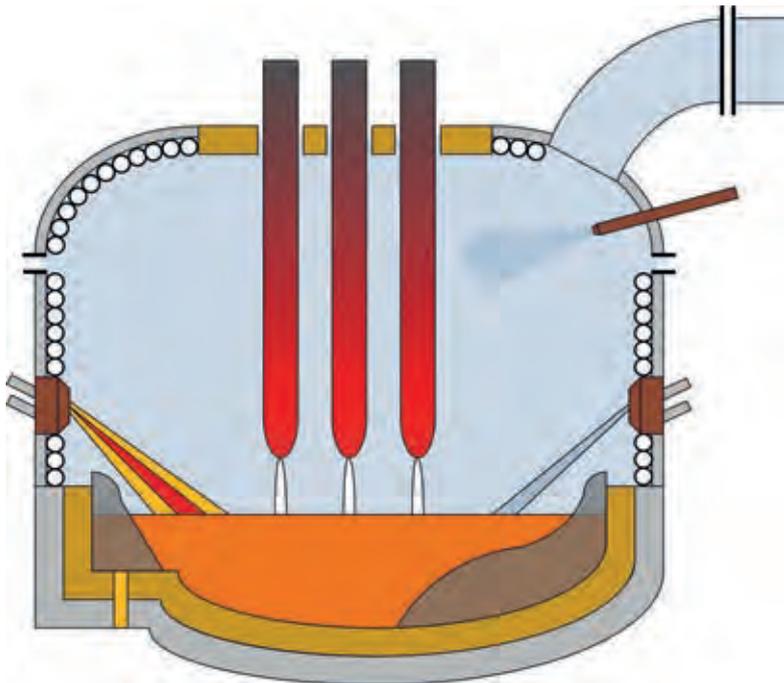


Abb. 1:
Schematische Darstellung eines Elektrostahlofens

Die Basis für die Modellierung ist die Zerlegung des realen Systems in klar definierte Subsysteme. Abbildung 2 zeigt diese Subsystemzerlegung. In der obersten Stufe finden sich die vier Subsysteme Gefäß, elektrisches System, Elektrodenregulierung und Abgassystem. Die einzelnen Subsysteme sind durch Energie-, Stoff- und Signalflüsse gekoppelt. Die oben genannten Subsysteme der obersten Stufe sind in weitere Teilsysteme zerlegt. Das komplexeste Subsystem ist das Ofengefäß selbst, das wiederum in die Subsysteme feste Phase, flüssige Phase, Gasphase, Lichtbögen und Brenner aufgeteilt ist. Selbstverständlich treten auch innerhalb dieser Subsysteme Flüsse auf. So teilt sich die elektrische Leistung, die über die Lichtbögen eingekoppelt wird, auf die verschiedenen Phasen auf. Über das prinzipielle Vorgehen zur Dekomposition des Gesamtsystems und die darauf aufbauende Modellierung wird ausführlich im Rahmen einer internationalen Stahlwerkskonferenz berichtet [2]. Im Rahmen dieses Beitrags wird lediglich auf einige grundlegende Aspekte eingegangen.

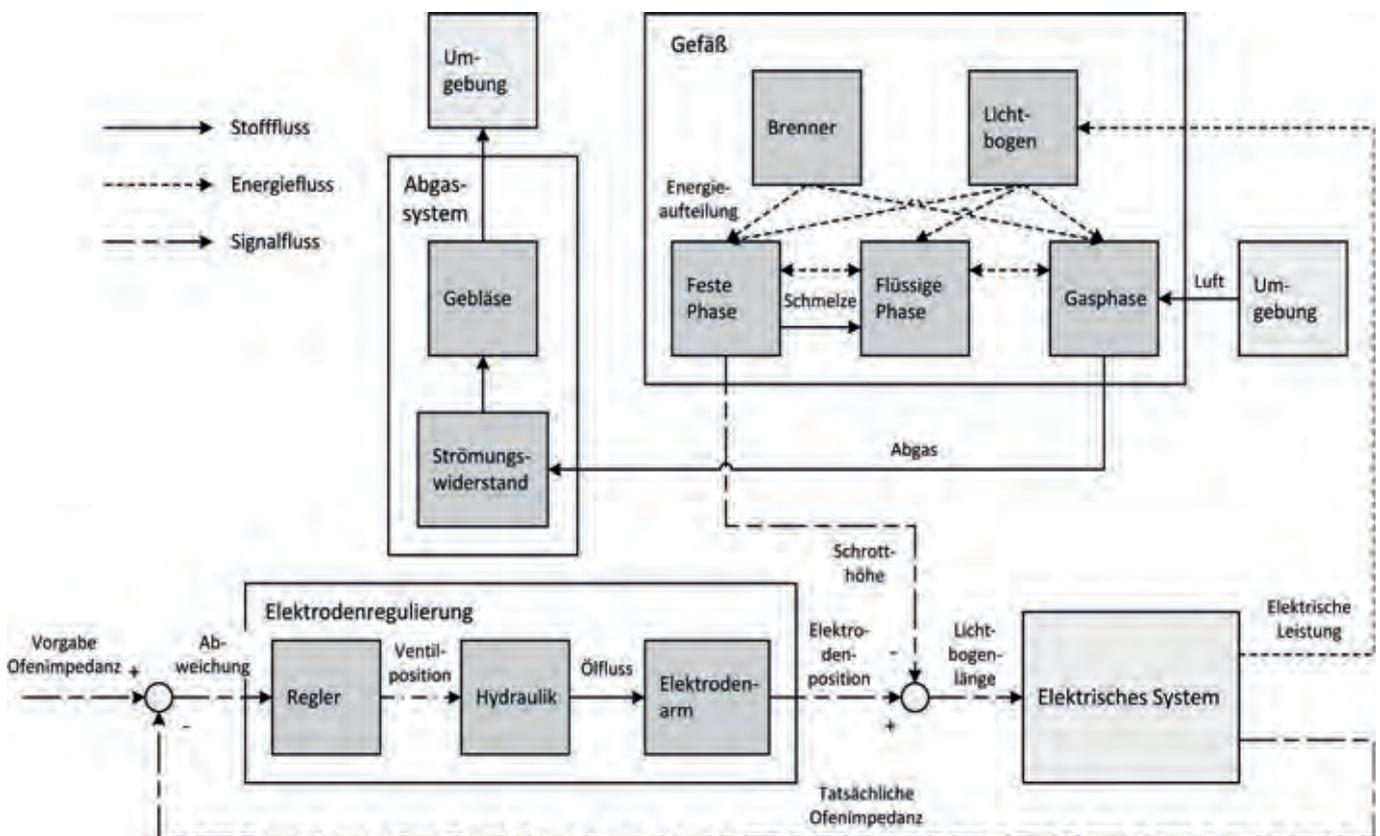


Abb. 2:
Blockdiagramm der obersten Ebene der Subsystemzerlegung [4]

Für jedes Subsystem sind die Erhaltungsgleichungen zu formulieren. Hierzu wird von einer allgemeinen Formulierung ausgegangen und dann die Gleichung für den spezifischen Fall entwickelt. Gleichung 1 zeigt die Energiebilanz der festen Phase

$$m_e \cdot \frac{d h_e}{d t} = m_e c_{p,eff} \cdot \frac{d T_e}{d t} = \dot{Q}_{as} + \dot{Q}_{bs} + \dot{Q}_{sl} + \dot{Q}_{sg} \quad (1)$$

Aufgrund der über die Lichtbögen, die Brenner, von der flüssigen Phase und von der Gasphase übertragenen Wärmeströme erhöht sich der Energieinhalt mit der Zeit und es kommt zur Schmelze. Zur Beschreibung der Schmelzenthalpie wurde das Konzept der effektiven spezifischen Wärmekapazitäten, wie auch von Lewis und Ravindran [3] vorgeschlagen, genutzt. Die effektive spezifische Wärmekapazität wird dabei für die feste Phase, für den Schmelzbereich zwischen T_{sol} und T_{liq} sowie für die flüssige Phase wie folgt ermittelt:

$$c_{p,eff} = \begin{cases} c_{p,s} & \text{für } h_e < h_{sol} \\ c_{p,s} + \frac{h_{fusion}}{T_{liq} - T_{sol}} & \text{für } h_{sol} \leq h_e \leq h_{liq} \\ c_{p,l} & \text{für } h_e > h_{liq} \end{cases} \quad (2)$$

Dieser Ansatz bietet den Vorteil, dass sich das Verhältnis von flüssiger Masse zur Gesamtmasse direkt aus der Zustandsgröße Temperatur ergibt und eine weitere Differentialgleichung für eben dieses Massenverhältnis entfällt.

Im Verlauf der Schmelze, insbesondere in der Bohrphase und der Hauptschmelzphase, ist die Temperatur in der Metall- bzw. Roheisenschüttung uneinheitlich. Um diese Temperaturverteilung zu erfassen, wurde die feste Phase örtlich diskretisiert. Abbildung 3 zeigt die Volumendiskretisierung mit den entlang der Höhenkoordinate und in radialer Richtung gebildeten Volumensegmenten. Dies erlaubt auch die Abbildung der Bohrphase, in der sich die Elektroden in die Schüttung einbohren. Das heißt, elektrodennahe Segmente werden weggeschmolzen, während weiter entfernte Elemente noch bestehen bleiben. Um den Lichtbogen nicht abreißen zu lassen, müssen die Elektroden insbesondere in der Bohrphase stetig nachgeführt werden (vgl. Elektrodenregulierung in Abbildung 2). Für eine umfassende Beschreibung der gesamten Modellierungsgrundlagen wird auf eine aktuelle eigene Veröffentlichung in einer Fachzeitschrift verwiesen [4].

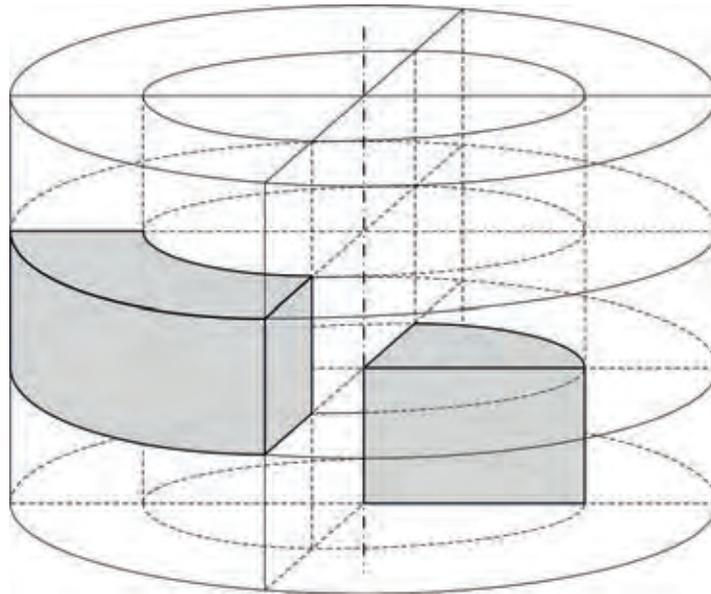


Abb. 3: Schema zur Diskretisierung des Ofengefäßes [4]

Abbildung 4 zeigt ein Berechnungsergebnis, das dieser Veröffentlichung entnommen wurde. Es sind der elektrische Strom und die elektrische Leistung über der Zeit der Schmelze aufgetragen. Nach dem Einbringen des ersten Korbes werden noch zu zwei weiteren Zeitpunkten bei 900 s und bei 1500 s Körbe in das Gefäß chargiert. Man erkennt, dass jeweils kurz nach dem Chargieren eine starke Fluktuation der elektrischen Größen auftritt. Dabei werden die Fluktuationen mit jedem weiteren Korb geringer. Dieses Verhalten rührt vom Einschmelzen der Schrottschüttung und dem verzögerten Nachfahren der Elektroden durch die Elektrodenregelung während der Bohrphase. Ein weiteres Ergebnis aus der oben genannten Veröffentlichung zeigt die Entwicklung der festen Masse im Ofengefäß, siehe Abbildung 5. Dabei werden die eigenen Berechnungsergebnisse mit den Ergebnissen von Logar et al. verglichen [5]. Logar et al. haben nach Kenntnis der Autoren als einzige Arbeitsgruppe neben den Autoren ein gesamtheitliches Modell veröffentlicht. Im Unterschied zu dem eigenen Modell beinhaltet das Modell von Logar et al. jedoch mehrere Parameter, die an experimentelle Daten angepasst werden, und weist auch keine Subsysteme mit örtlicher Diskretisierung auf. Logar et al. überprüften die Plausibilität ihrer Ergebnisse anhand der Betriebsdauer einer Schmelze. In Abbildung 5 erkennt man deutlich die Zeitpunkte, an denen die Körbe chargiert werden.

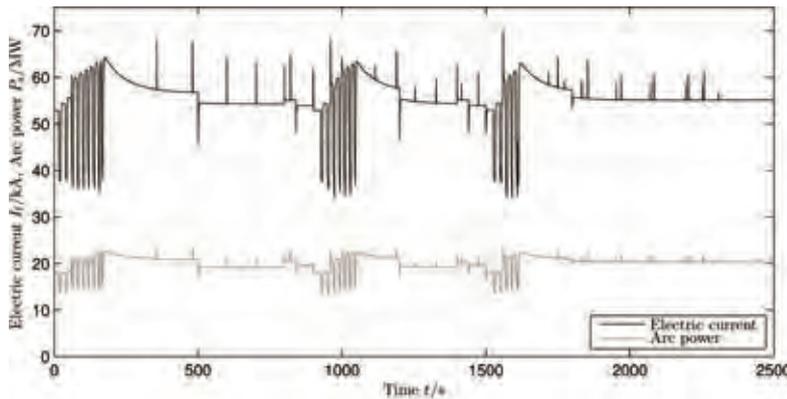


Abb. 4: Mit dem eigenen Modell berechneter Verlauf von Stromstärke und Lichtbogenleistung über der Zeit [4]

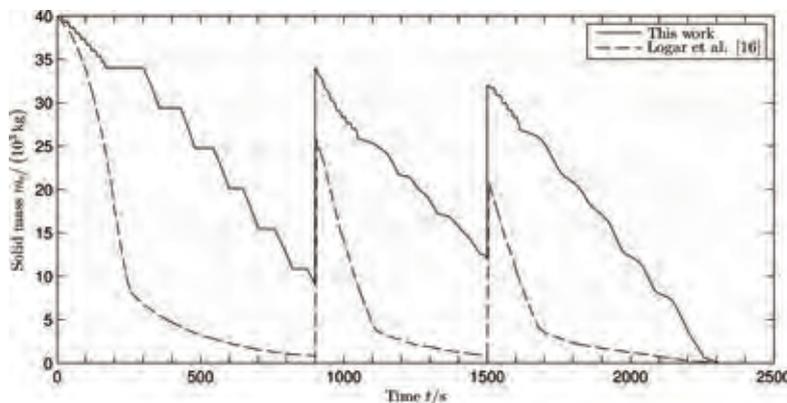


Abb. 5: Feste Masse über der Zeit. Vergleich von eigenen Berechnungsergebnissen mit Ergebnissen von Logar et al. [4]

In der Gesamtdauer der Schmelze stimmen die beiden Modellrechnungen gut überein. Jedoch unterscheiden sich die Verläufe deutlich. Im eigenen Modell erfolgt das Einschmelzen in der Bohrphase mit wesentlich geringerer Geschwindigkeit. Der größte Teil der Schmelze erfolgt in der Hauptphase. Eine Analyse der Modelle zeigt, dass die Unterschiede auch in deutlich unterschiedlichen Transportkoeffizienten begründet sind. Beispielsweise unterscheiden sich die Wärmeübergangskoeffizienten für den Wärmeübergang zwischen der festen und der flüssigen Phase um Größenordnungen.

Hoch aufgelöste Betrachtung einzelner Phänomene

Da der Erfolg einer Systemmodellierung maßgeblich von der Gültigkeit und Anwendbarkeit der verwendeten physikalischen Modellierungsansätze sowie den zugrunde liegenden Korrelationen und Stoffmodellen abhängt,

ist es notwendig, diese mit hinreichender Genauigkeit zu bestimmen. Neben der bereits erwähnten Unsicherheit gibt es noch etliche weitere Ansätze im betrachteten Modell, die abgesichert werden sollten. Dazu könnten experimentelle Untersuchungen angestrebt werden, die, bei ausreichender Genauigkeit, großer Bandbreite an Versuchsvarianten und unter realistischen Bedingungen zu brauchbare und in gewissen Grenzen sinnvoll anwendbaren Korrelationsmodellen führen. Für den oben angeführten Elektrostahlofen stellt eine experimentelle Untersuchung hingegen sowohl aus technischer, messtechnischer, sicherheitstechnischer sowie finanzieller Sicht eine erhebliche Herausforderung dar. Eine weitere Möglichkeit besteht in einer rein analytischen Herangehensweise. Lassen sich die theoretischen Ansätze schon einer einzelnen physikalischen Fragestellung in der Regel nur für sehr vereinfachte Grenzfälle auf analytischem Weg lösen, stellt uns die exakte Kopplung und Wechselwirkung einer realen Fragestellung vor eine nahezu unlösbare Problematik. Gerade für solche Problemstellungen kommen heute zunehmend auch numerische Methoden auf unterschiedlichen Größenskalen zum Einsatz. In den Ingenieurwissenschaften gehören beispielsweise numerische Werkzeuge auf der makroskopischen Ebene für die Berechnung von Fragestellungen aus der Strukturmechanik („finite element method“; FEM) oder des Stoff- und Wärmetransports („computational fluid dynamics“ CFD) heute zu Disziplinen, die auch im industriellen Alltag etabliert sind. Dahingegen beschränkt sich der Einsatz von Methoden auf mesoskopischer oder mikroskopischer Skala in der Regel noch auf das akademische bzw. forschungsintensive Umfeld. Um eine möglichst umfassende und detaillierte Antwort auf Fragestellungen zu erhalten, bietet sich eine skalenübergreifende Vorgehensweise an. Dabei werden z. B. Erkenntnisse der mikroskopischen Skala bis hin zur makroskopischen Skala übertragen. So lässt sich beispielsweise eine in der Mikrostruktur oder dem entsprechenden Schmelz- oder Erstarrungsverhalten begründete Anisotropie des Wärmeübergangs rechnerisch ermitteln und als Parameter für die Grobstruktur auf ein makroskopisches Modell anwenden [6, 7].

Für den oben skizzierten Elektrostahlofen stellt der Wärmeübergang zwischen Schüttung und Schmelze eine beispielhafte Fragestellung dar, für die eine numerische Untersuchung mit Methoden auf unterschiedlichen Skalen äußert

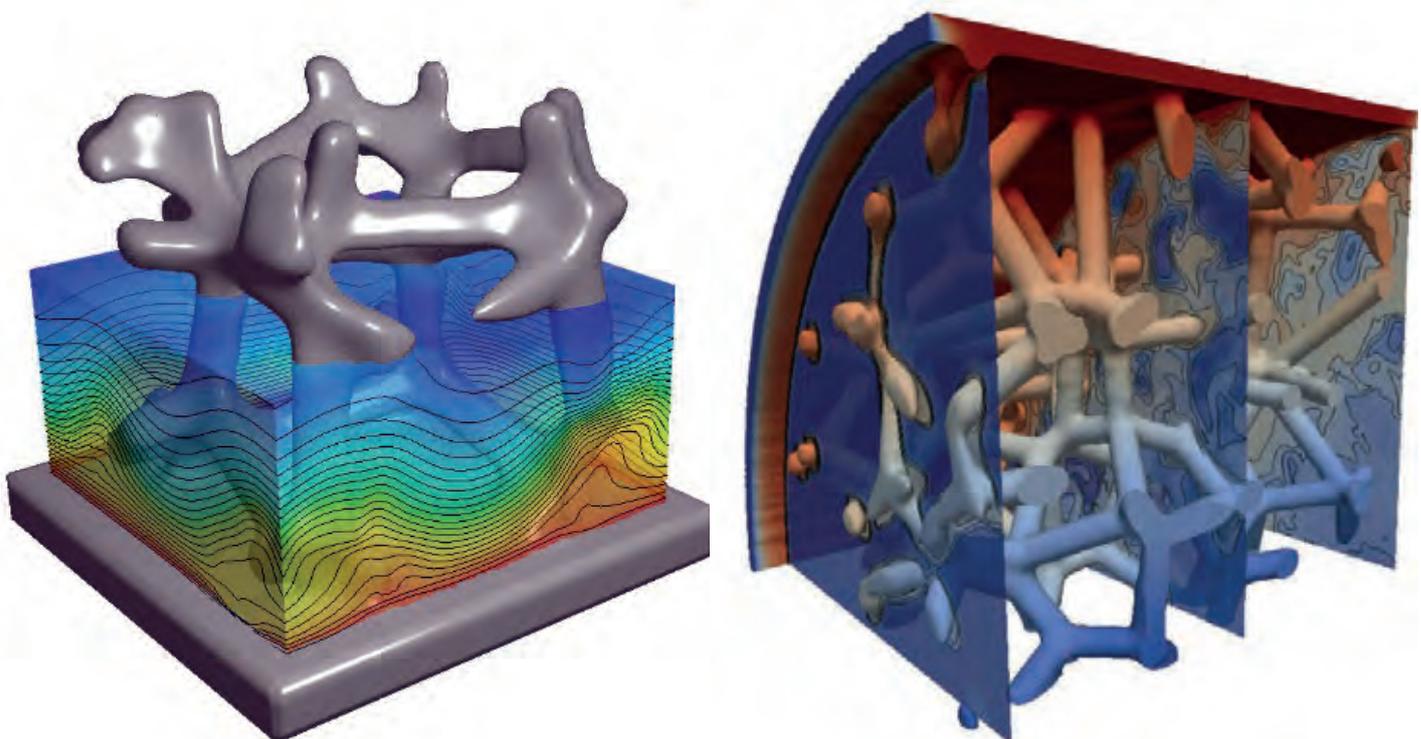
vielversprechend ist. Nach bestem Wissen der Autoren existiert heute kein allgemeingültiges Korrelationsmodell für die Beschreibung der komplexen gekoppelten Vorgänge der Strömung, der Wärmeleitung, der Konvektion und der Strahlung für das Schmelzbad in einem Elektrostahlofen. Die experimentelle Untersuchung ist – wie oben bereits erläutert – nur mit hohem finanziellem Einsatz möglich und stellt hohe Anforderungen an die verwendete Messtechnik. Eine experimentelle Parameterstudie, um beispielsweise den Einfluss der geometrischen Form der Schüttung auf den Schmelzprozess zu erfassen, verbietet sich demnach bereits im Ansatz. Wir skizzieren deshalb im Folgenden eine alternative Vorgehensweise, bei der unterschiedliche Modellierungsverfahren auf unterschiedlichen Skalen Verwendung finden können. Eine grundlegende Problemstellung, die noch vor Beginn jeglicher Simulation einer Klärung bedarf, ist die korrekte modellhafte Beschreibung einer Schüttung, die eine Übertragbarkeit der Ergebnisse gewährleistet. In Anlehnung an die Darstellung eines Haufwerks in der Stoff- und Wärmeübertragung liegt hier die Modellierung in Form einer sog. Kontaktkörpersäule, bestehend aus einfachen geometrischen Einzelkör-

pern nahe. Im Hinblick auf eine Simulation müssen bei der Modellierung Eigenschaften wie z. B. die Materialheterogenität oder die Möglichkeit geometrischer Einschlüsse beeinflussbar sein. Um dann systematisch die Einflüsse topologischer bzw. geometrischer Eigenschaften der Schüttung auf den Schmelzprozess zu erfassen, bietet sich beispielsweise der Einsatz einer sog. Phasenfeldmethode an. Diese wird üblicherweise für die Beschreibung freier Randwertprobleme (z. B. Schmelz- und Erstarrungsvorgänge) in den Materialwissenschaften eingesetzt [9]. Diese vielversprechende Methode konnte bereits von einem der Autoren erfolgreich bei der Untersuchung der gekoppelten Strömung und Wärmeübertragung in der komplexen Mikrostruktur von Metallschäumen umgesetzt werden [7, 8], vgl. Abbildung 6. Im Hinblick auf die Anwendung bei der Modellierung des Schmelzbad in einem Elektrostahlofen erlaubt die Phasenfeldmethode die thermodynamisch konsistente Modellierung des Phasenübergangs sowie die Modellierung unterschiedlicher Wärmetransportmechanismen (Diffusion, Konvektion, Strahlung) für Mehrkomponenten- und Mehrphasensysteme. Durch umfangreiche Parameterstudien, die die Einflüsse von Material und



Abb. 6:

Beispielhafte Ergebnisse für die gekoppelte Berechnung der Strömung und Wärmeübertragung in der komplexen Mikrostruktur von Metallschäumen [7]



Referenzen/References:

- [1] Kirschen, M., V. Risonarta, H. Pfeifer. „Energy efficiency and the influence of gas burners to the energy related carbon dioxide emissions of electric arc furnaces in steel industry“. In *Energy* 34 (2009), 1065-1072, DOI: 10.1016/j.energy.2009.04.015
- [2] Opitz, F., P. Treffinger, J. Wöllenstein und R. Schweikle. „Physics-Based Modeling of the Electric Arc Furnace Process Using Object-Oriented Language Modelica“. In: 11th European Electric Steelmaking Conference. Venice, Italy, 2016
- [3] Lewis, R. W. und K. Ravindran. „Finite Element Simulation of Metal Casting“. *Int. J. Numer. Meth. Eng.*, 47(2000), 29-59, doi: 10.1002/(SICI)1097-207(20000110/30)47:1/3-29::AID-NME760<3.0.CO;2-X
- [4] 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* 7(2016)1489-1503 DOI: 10.1007/s11663-015-0573-x
- [5] Logar, V., D. Dovžan, and I. Škrjanc. „Mathematical Modeling and Experimental Validation of an Electric Arc Furnace“. In: *ISIJ Int.* 51 (2011), 382–391
- [6] August, A., J. Ettrich, M. Rölle, S. Schmid, M. Berghoff, M. Selzer, und B. Nestler. „Prediction of heat conduction in open-cell foams via the diffuse interface representation of the phase-field method“, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 84(2015)5, 800–808
- [7] Ettrich, J. Fluid flow and heat transfer in cellular solids. Schriftenreihe des Instituts für Angewandte Materialien, Karlsruher Institut für Technologie 39, KIT Scientific Publishing, 2014
- [8] Ettrich, J., A. August, M. Rölle, und B. Nestler, „Digital Representation of Complex Cellular Structures for Numerical Simulations“, In *Cellular Materials – CELLMAT 2014*, International Congress Center, Dresden, Germany, October 22-24
- [9] Hötzer, J., M. Jainta, A. Vondrous, J. Ettrich, A. August, D. Stubenvoll, M. Reichardt, M. Selzer, und B. Nestler, „Phase-Field Simulations of Large-Scale Microstructures by Integrated Parallel Algorithms“, in *High Performance Computing in Science and Engineering '14*, W. E. Nagel, D. H. Kröner, und M. M. Resch, Hrsg. Cham: Springer International Publishing, 2015, S. 629–644

Gestalt des Haufwerks, Strömungsverhalten, Schmelzverhalten u. v. m. auf einem mesoskopischen Ausschnitt der Problemstellung berücksichtigen, können so wichtige Zusammenhänge für eine Betrachtung der Problemstellung auf einer übergeordneten Skala ermittelt werden. Dabei ließe sich die Komplexität der Modellierung beliebig steigern, indem z. B. zusätzlich die mechanischen Eigenschaften und die daraus resultierende Formänderung des Haufwerks in der Schmelze berücksichtigt werden sollen. Auf der makroskopischen Skala soll mithilfe der so gewonnenen Einflussfaktoren das komplexe Gesamtsystem eines Elektrostahlofens abgebildet werden, in das die Ergebnisse der mesoskopischen Untersuchung in Form von Kennzahlen und Korrelationen eingehen. Trotz der sich explosionsartig entwickelnden und heute zur Verfügung stehenden Rechenleistung sind einer solchen Vorgehensweise aufgrund von Rechenzeit und Speicherbedarf noch immer Grenzen gesetzt. Die Tiefe und Breite der Modellierung hängt dabei auch wesentlich vom Einsatz geeigneter Methoden und von den zur Verfügung stehenden Rechenkapazitäten ab.

Zusammenfassung

In diesem Beitrag wurde am Beispiel des Elektrostahlofens gezeigt, dass auf Basis einer systematischen Zerlegung des Gesamtsystems eine Modellierung dieses komplexen Apparats mit einem hohen Detaillierungsgrad möglich ist. Die bisher erzielten Berechnungsergebnisse sind plausibel. Im Vergleich mit Literaturdaten zeigen sich jedoch Unsicherheiten bezüglich der Modellansätze für mehrere Einzelphänomene, wie zum Beispiel dem Wärmeübergang zwischen fester und flüssiger Phase. Hierzu wurde erläutert, dass Untersuchungen dieser Einzelphänomene auf mehreren Skalen maßgeblich zur Klärung dieser Unsicherheiten beitragen können. Nicht zuletzt bedarf es jedoch einer ausreichenden Rückkopplung aller Berechnungen zu realen Anlagen, Erfahrungs- und Messwerten, indem fortlaufend eine Validierung und Verifikation der Berechnungsergebnisse auf allen Skalen erfolgt.

Dank

Die Autoren danken für die finanzielle Unterstützung dieses Forschungsprojekts durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) innerhalb des Forschungsprogramms „IngenieurNachwuchs“ (Förderkennzeichen 03FH00212).

AUTOREN

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



Prof. Dr.-Ing. Jörg Ettrich
Professur für Strömungsmechanik und Thermodynamik im Maschinenbau, joerg.ettrich@hs-offenburg.de



Florian Opitz M. Sc.
Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Forschungsprojekt „OpenProcess“, florian.opitz@hs-offenburg.de



ZERPANUNGSTECHNIK

Quantensprung bei Zerspantung und Produktivität

Den größten Produktivitätssprung der letzten Jahre verdankt die Zerspantungstechnik sicherlich der iMaching-Technologie von SolidCAM. Das revolutionäre Softwaremodul berechnet spezielle Werkzeugbahnen, durch die sich im Vergleich zur konventionellen Bearbeitung Zeiteinsparungen von 70 Prozent und mehr ergeben.



Durch den Einsatz der Bearbeitungstechnologie iMaching von SolidCAM können beim Fräsen von Taschen, Profilen und beim Schruppen von 3D Geometrien deutliche Produktivitätszuwächse realisiert werden. Das patentierte iMaching-Softwaremodul sorgt selbst bei der Zerspantung von Edelstahl, Titan und anderen anspruchsvollen Werkstoffen für Zeiteinsparungen von 70 Prozent und mehr, eine mehrfache Verlängerung der Werkzeugstandzeit und steigert die Produktivität sowie Profit in der CNC-Fertigung. Der einzigartige Technology-Wizard von iMaching berechnet aus den Angaben über das zu zerspangende Material, die Leistung der CNC-Werkzeugmaschine, der Geometrie des Werkstücks und dem eingesetzten Werkzeug automatisch die optimalen Werkzeugwege und Schnittwerte für Drehzahl, Zustellung und Vorschub. Zudem sorgt iMaching bei der Drehfräsbearbeitung für kürzere Stückzeiten und mehr Produktivität bei der CAM-Programmierung und in der Fertigung.

iMaching 2D und 3D sind Bestandteil der SolidCAM CAD/CAM-Komplettlösung für die CNC-Fertigung. SolidCAM und das iMaching-Modul integrieren sich dabei nahtlos in die CAD-Systeme Solidworks und Autodesk Inventor. Das CAD/CAM-System SolidCAM bietet eine umfassende Funktionalität, ist dabei sehr einfach erlernbar und leicht zu bedienen. Der Anwender behält immer die Kontrolle über alle praxisrelevanten Bearbeitungsoptionen. Dies ist einer der Gründe, weshalb die Software im Bildungsbereich heute weit verbreitet ist. Aktuell unterstützt die SolidCAM GmbH über 270 technische Schulen, Berufsbildungszentren, Fachhochschulen und Universitäten. Die iMaching-Technologie ist Thema vieler Techniker-, Bachelor- und Masterarbeiten.

Weitere Informationen: www.solidcam.de



Die einzigartige, revolutionäre Frästechnologie

patent by SolidCAM

ZEITERSPARNIS

70%

... UND MEHR!



-  **Reduziert die CNC-Bearbeitungszeiten um 70 Prozent und mehr!**
-  **Verlängert die Standzeit der Werkzeuge um ein Vielfaches**
-  **Kein Rätselraten um optimale Schnittdaten mehr durch den einzigartigen iMaching Technology-Wizard**
-  **Deutlich höhere CAM-Produktivität**

DAS ORIGINAL
iMaching - exklusiv nur bei SolidCAM

iMaching 2D	iMaching 3D
2.5D Fräsen	HSS Flächenbearbeitung
3D HSM High-Speed Fräsen	Mehrseitenbearbeitung
Simultane 5-Achsbearbeitung	Drehen
Drehfräsen	SolidProbe Antasten + Messen





SolidCAM

iMaching – The Revolution in CAM!




SolidCAM – die zertifizierte, integrierte CAM-Lösung für SOLIDWORKS und Inventor®

Kostenlose Workshops, Webinare und iMaching LIVE-Events unter www.solidcam.de

SolidCAM GmbH | Gewerbepark H.A.U. 36 | 78173 Schramberg | Fon 07422 2494-0

*Prof. Dr. rer. pol. Volker Sänger,
Dekan der Fakultät Medien und Informationswesen*



Medien und Informationswesen

Inhaltliche Vielfalt prägt die Forschung in der Fakultät M+I genauso wie die Lehre. Im Bachelor-Studium werden Studiengänge mit Inhalten aus der Medientechnik, der Medieninformatik, dem Medienmanagement und der Mediengestaltung sowie teilweise auch noch der Medienpädagogik angeboten. Diese Themen werden im Master aufgenommen, wissenschaftlich vertieft und spezialisiert. So ist die Fakultät an einem neuen Master-Direktmarketing und E-Commerce zusammen mit der Fakultät B+W beteiligt. Der zentrale Master der Fakultät mit dem Namen Medien und Kommunikation soll inhaltlich neu strukturiert werden, sodass die Medienproduktion intensiviert wird, und die Bereiche Management/Marketing sowie die Informatik vertieft und mit medialen Themen verknüpft werden können. Des Weiteren wird im Jahr 2017 ein neuer Master Enterprise- und IT-Security angeboten werden. Sämtliche Studiengänge sind interdisziplinär, sie integrieren verschiedene Gebiete, deren gemeinsame Klammer mit dem Begriff Medien formuliert werden kann.

Die genannten Master-Studiengänge entwickeln sich im Grund im Einklang mit den Forschungsarbeiten der Fakultät. Ohne Forschung sind erfolgreiche Master-Studiengänge nicht denkbar. Erfolgreiche Master-Studiengänge wiederum liefern Themen und Nachwuchs für Forschungsarbeiten.

Zu dem Schwerpunkt mit den meisten eingeworbenen Drittmitteln hat sich – wie geplant – die IT-Sicherheit entwickelt. 2015 gab es in diesem Bereich vier Drittmittelprojekte. Die Sicherheit im Cloud-Umfeld behandeln die Projekte „PAL SAaaS“ und „ProSeCCo“. Unter dem Titel „Competence Center for Cyber-Security“

wird ein Curriculum für ein berufsbegleitendes Online-Studium der IT-Sicherheit entwickelt. Zu Ende gegangen ist das Projekt „UniKops“, in dem an Sicherheitslösungen für eingebettete Systeme gearbeitet wurde. Diese Projekte werden vom Bundesministerium für Bildung und Forschung und von der Baden-Württemberg-Stiftung gefördert.

Offensichtlich ist die IT-Sicherheit eines der drängenderen Probleme unserer Zeit, und deshalb wird dieses Themengebiet besonders gefördert und gefordert. In der Fakultät wird aber nicht nur an aktuellen Lösungen gearbeitet. Hinterfragen gehört hier genauso zum wissenschaftlichen Arbeiten. Beispielsweise geschieht dies in der künstlerischen Forschung, etwa im Projekt „BUZZ – parasitäre Ökologien“, das u. a. untersucht, wie Techniken und Wissen von Nicht-Menschen entwickelt werden. Eine Ausstellung dazu fand im Mai in Freiburg statt.

Im betriebswirtschaftlichen Umfeld gibt es vielfältige Aktivitäten, die praxisgetriebene Forschungsthemen widerspiegeln, etwa im Bildungsmanagement, der Existenzgründung oder der Medien- und Nutzungsforschung inklusive der User-Experience-Forschung.

Ein Thema, das im Grund alle Bereiche der Fakultät anspricht, ist das Lehren und Lernen. Nicht nur in der Hochschule sind neue Ansätze, oft unter Einsatz ganz unterschiedlicher Medien, eine ständige und viel diskutierte Aufgabe, sondern auch und gerade in der betrieblichen Weiterbildung spürt man den Innovationsdruck, flexibleres, effizienteres Lernen zu ermöglichen.

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

Theoretische Skizzierung einer sozialwissenschaftlichen Wirtschaftskriminologie

Prof. Dr. rer. soc. HSG Dirk Drechsler CFE/CIA/CCSA/CRMA

Mit dieser Abhandlung wird ein kurzer Einblick in das Habilitationsvorhaben des Verfassers an der Universität St. Gallen (Schweiz) gegeben. Den Kern bildet die Idee, eine sozialwissenschaftliche Theorie der Wirtschaftskriminologie zu entwickeln, die wesentlich auf der reflexiven Soziologie Pierre Bourdieus basiert. Die Forschungsarbeit ist eingebettet in ein Wechselspiel von theoretischer Literaturarbeit und empirischer Forschung (Grounded Theory Analyse).

The following article offers a short insight into the author's Post-Doc research project (Habilitation) at the University of St. Gallen (Switzerland). The core idea focuses the development of a social-science related theory of economic crime based on Pierre Bourdieu's reflexive sociology. The research work is embedded within the interplay between theoretical literature reviews and empirical analyses (Grounded Theory Analysis).

Sie manipulieren die internen Rechnungskreisläufe von Unternehmen, fälschen Dokumente, beeinflussen Kollegen oder sind empfänglich für diverse Formen der Bestechung. Das sind die Personen, die man in der öffentlichen Wahrnehmung als Täter oder Verbrecher betitelt, deren Praktiken häufig gut durchdacht sind und mit Präzision durchgeführt werden. Diese damit verbundenen Schemata werden zusätzlich durch den unerlässlichen Gebrauch von Informationstechnologie im Unternehmen bzw. im (internationalen) Wirtschaftsverkehr subtiler, differenzierter und komplizierter. Sowohl die (unternehmensexternen) Institutionen der Strafverfolgung auf privater und öffentlicher Seite als auch die unternehmerischen Funktionen der Corporate Governance laufen der Entwicklung mehrheitlich hinterher und sind selten einen Schritt voraus. Die uns in Kriminalromanen vermittelte Nachvollziehbarkeit krimineller Handlungen jeglicher Art lässt uns (temporär) vergessen, dass die Literatur im Vergleich zum Recht nicht zur Realisierung sozialer Zwecke besteht und ebensowenig soziale Absichten verfolgt [1], sondern mit der Funktion der Fiktion maximal eine Annäherung an Realitäten in Form inhaltlicher und bildhafter Analogien erbringen kann. Diese Leichtigkeit und Unschärfe auf der einen Seite und die (unternehmerischen) Notwendigkeiten der Prävention oder (zumindest) Detektion auf der anderen erfordern eine stärkere Klarheit

und Präzision in der sozialwissenschaftlichen Theoriebildung [2]. Aus der Sicht des Verfassers ist daher die Frage aufzuwerfen, welche Wege eine nicht rechtlich ausgerichtete, dennoch daran orientierte Wirtschaftskriminologie gehen sollte, um den „schwarzen Fleck“ in der Forschungslandschaft geringer werden zu lassen. Entgegen der Idee einer großen Theoriebildung verfolgt der Verfasser zunächst die Weiterentwicklung seines substantiellen (d. h. feldbezogenen) Entwurfs durch eine stärkere Theoretisierung der gewonnenen empirischen Ergebnisse. Die Aufgabe wird es sein, durch den weiteren Einbezug zusätzlicher wirtschaftsbezogener Kriminalitätsformen eine stärkere Konturschärfung zu erreichen, die sowohl aus einem inneren Stabilitätswachstum als auch der verbesserten Abgrenzung der analysierten Konzepte besteht.

Allein schon der Blick in die Statistiken zur Wirtschaftskriminalität verdeutlicht, dass sich die Arbeit lohnt, solange diese aggregierte Kriminalitätsform in Bezug auf monetäre Auswirkung mit an der Spitze steht. Neben den Rechtswissenschaften, deren praktisches Pendant sich im akzessorischen Wirtschaftsstrafrecht wiederfindet [3], beteiligen sich noch andere Wissenschaften am Erkenntnisprozess, wie beispielsweise die Psychiatrie, Psychologie, Soziologie und die Ökonomik. Dabei tragen alle einen weiteren Blickwinkel zum Ver-

ständnis des Phänomens bei [2]. Doch über die Betrachtung von Wirtschaftskriminalität im Sinn der „Gesamtheit der Straftaten und Ordnungswidrigkeiten, die bei wirtschaftlicher Betätigung unter Missbrauch des im Wirtschaftsleben nötigen Vertrauens begangen werden und über eine individuelle Schädigung hinaus Belange der Allgemeinheit berühren“ [4] und der Einordnung eines bestimmten Verhaltens als (Wirtschafts-)Straftat, „wenn es sich als tatbestandsmäßige, rechtswidrige und schuldhaftige Handlung qualifizieren lässt und darüber hinaus etwaige sonstige Strafbarkeitsbedingungen erfüllt“ [5] hinaus, muss eine strukturierte und unternehmensbezogene Systematisierung erfolgen. Die im rechtlichen und nicht-rechtlichen Sinn devianten Handlungen sollten nicht nur schwerpunktmäßig juristisch, sondern umfassender betrachtet werden. Dennoch impliziert der Anspruch auf Entwicklung eines sozialwissenschaftlichen Beitrags zur Wirtschaftskriminologie die Notwendigkeit, im Rahmen dieser kurzen Abhandlung¹ zumindest ansatzweise den Begriff Kriminologie mit einer wirtschaftlichen Orientierung zu betrachten. Während KUNZ [6] die Kriminologie als Lehre von der Kriminalität sieht, versteht BOCK [7] darunter eine Wissenschaft vom Verbrechen. Der Unterschied zwischen beiden Begriffen ist nicht trivial und wurde vom Verfasser bereits an anderer Stelle diskutiert [2]. Nichtsdestotrotz sind beide Betrachtungsweisen eigentlich mehr als Lehre bzw. Wissenschaft von der Kriminalität bzw. des Verbrechens im weitesten Sinn zu verstehen und für Zwecke einer tiefergehenden Analyse stärker zu differenzieren. Einen Schritt dorthin ermöglicht KAISER [8], der die kriminologischen Theorien auf die unterschiedlichen Erkenntnisgegenstände (1) Verbrechen, (2) Verbrecher, (3) Verbrechenskontrolle und (4) Verbrechensoffer herunterbricht. Diese Kategorien fokussieren den eigentlichen Akt, der in späteren rechtlichen Verfahren ggfs. als Normenverstoß qualifiziert wird. Das sozialwissenschaftliche Gegenstück ist die Handlung oder das Verhalten (auch diese beiden Begriffe werden unterschiedlich verstanden). Damit eng verbunden ist die Person und die Persönlichkeit, die diese Handlung mit entsprechender Konsequenz praktiziert. Die Institutionen der Verbrechenskontrolle haben die Aufgabe, entweder präventiv der Realisierung solcher Verhaltensweisen entgegenzuwirken oder aufklärend bereits realisierte Vorgänge aufzudecken und nach Möglichkeit strafrechtlich zu verfolgen. Die letzte Kategorie thematisiert

den Themenkomplex der Schädigung unter Rückgriff auf das eigentliche Verbrechensoffer. Dieser spezielle Forschungszweig der Kriminologie wird mit Viktimologie bezeichnet. Daneben hat sich um die ersten drei Erkenntnisgegenstände ein umfangreiches Theorienetzwerk entwickelt, das sich in Abhängigkeit vom Erkenntnisgegenstand und der gewählten wissenschaftlichen Herangehensweise weiter unterteilt. Eine aus Sicht des Verfassers gelungene Differenzierung unterteilt die Theorien auf der Grundlage eines mehr oder weniger einfachen Aufbaus [9]: Den Ausgangspunkt bildet das eigentliche (kriminologische) Problem, das an den empirischen Sachverhalten der Kriminalitätsraten, dem Verbrechen/kriminellen Ereignis und der Kriminalität festgemacht wird. Im nächsten Schritt verbinden die Autoren das Problem mit der Erklärungsebene, die in ein Makro-, Meso- und Mikrolevel unterschieden wird. Auf der Grundlage dieser Konnektion leiten beide den jeweiligen Theoriety ab. Dabei kommen die Ausprägungen Struktur, Prozess und individuelle Differenzen ins Spiel. Wenn beispielsweise die Kriminalitätsraten in einem bestimmten Stadtteil betrachtet werden, erfolgt das zunächst auf der Makroebene. Theorietypen, die für ein weiteres Verständnis dieser Problematik nützlich sein könnten, wären entweder in strukturellen oder prozessualen Ansätzen oder in einer Kombination von beiden zu suchen. Über diese Vorgehensweise gelangen die Autoren zu den bereits erwähnten Theorien der individuellen Differenzen, der Prozesse und der Strukturen. Während die ersten beiden Theoriestränge mehr der Biologie, Psychiatrie und der Psychologie zugeordnet werden können, ist Letzteres eine Domäne der Soziologie. Ergänzt wird diese Systematisierung noch um die Theorien der Verbrechenskontrolle und integrativen Theorieansätze, die versuchen, oben genannte Konzepte zu verbinden. Bevor der Verfasser aber den ersten Übergang zur Wirtschaftskriminologie vornimmt, ist es erforderlich, das wirtschaftliche Feld kurz zu skizzieren.

Die konkrete Ausrichtung auf den wirtschaftlichen Kontext ist zwar oberflächlich sprachlich, aber nicht so leicht inhaltlich zu fassen. Grundsätzlich ist von den diversen Ausprägungen ökonomischer Praktiken und Austauschformen auszugehen. Während es sehr verlockend erscheint, sich sofort damit zu beschäftigen, was aufgrund der kriminellen Vorgänge falsch gelaufen ist, sollte die wissen-

¹ Der Verfasser möchte an dieser Stelle nicht unerwähnt lassen, dass auch der Terminus Angewandte Forschung eine tiefere Erörterung in Bezug auf die oben gewählte Thematik erfordert. Insbesondere die spannungsgeladene Reichweite von theoretischer Komplexität mit geringem Anwendungsbezug bis zur Trivialisierung wissenschaftlicher Konzepte für eine schablonenartige praktische Umsetzung verdient eine Erwähnung. Wie bei vielen Konzepten liegt die Wahrheit irgendwo in der Mitte, die noch zu finden ist.

schaftliche Beschäftigung damit beginnen, wie es eigentlich „korrekt“ wäre. Insofern müssen je nach Untersuchungsgegenstand die Bereiche der globalen Wirtschaft, post-kommunistische Wirtschaftssysteme, Märkte, Arbeitsmärkte, Finanzmärkte etc. betrachtet werden. Neben dieser eher marktorientierten Sichtweise wären analog Themen wie Unternehmen, Lohnarbeit, Technik und Innovation etc. zu untersuchen. Diesen Ansätzen ist gemeinsam, dass alle soziologisch ausgerichtet sind und den wirtschaftlichen Kontext zum Gegenstand haben. Obwohl das Wirtschaftsleben nicht nur von den Rahmenbedingungen, sondern auch von Gruppen und Individuen beeinflusst wird, wäre zwar die explizite Nennung von entsprechenden psychologischen und sozialpsychologischen Ansätzen im Sinn einer Trennung der wissenschaftlichen Herangehensweisen durchaus angebracht, erfolgt aber im Rahmen dieser und zukünftiger Abhandlungen nur als ergänzender Rückgriff. Stattdessen steht die soziologische Theorie von BOURDIEU im Vordergrund, der u.a. durch seine Analysen zu Ortseffekten verdeutlicht hat, wie ortsgebunden die menschlichen Wesen im physischen und sozialen Raum manifestiert sind. Die Akteure haben jeder für sich eine eigene (ökonomische, soziale, kulturelle und symbolische) Kapitalausstattung, die mit den Praxisräumen in einer mittelbaren und unmittelbaren Verbindung steht [10]. Der Akteur praktiziert diesbezüglich eine stetige Korrespondenz über dessen Habitus, der Struktur erfährt und strukturierend wirkt. Das verdeutlicht den oszillativen Charakter des Verhältnisses zwischen den Gesellschaftsstrukturen und den Wahrnehmungs- und Bewertungskategorien (mentale Strukturen), d. h., zwischen objektiven und den subjektiven Aufteilungen besteht ein Zusammenhang [19], der nicht isoliert zu betrachten ist. Die Idee dieser Soziologie ist es, die verborgenen Strukturen und Mechanismen der sozialen Welten herauszuarbeiten, die entweder die Formen der Reproduktion oder der Transformation bestimmen [11]. Die wirtschaftliche ist eine dieser Welten.

Die Ausführungen zur allgemeinen Kriminologie und zum Feld der Wirtschaft machen deutlich, dass hier theoretisch wie praktisch noch unterschiedliche Sichtweisen bestehen, die im Rahmen einer weiteren wissenschaftlichen Untersuchung sowohl theoretisch als auch empirisch zu untersuchen sind. Der Anspruch, einen weitgehend neuen Ansatz zur Wirtschaftskriminologie entwickeln zu wollen,

darf nicht darüber hinwegtäuschen, dass bestehende Ansätze zunächst kritisch „gegen den Strich“ zu lesen sind. Hinzu kommen sowohl qualitative als auch quantitative Sozialanalysen, deren Ergebnisse ebenso kritisch zusammen mit dem wissenschaftlichen Inventar zu reflektieren sind. BOURDIEUS Soziologie ist deswegen für dieses Forschungsvorhaben prädestiniert, da „er eine Methode entwickelt[e], die aus einer bestimmten Art der Problemstellung und aus einem Grundstock von Begriffsinstrumentarien und Verfahren besteht, mit denen Objekte konstruiert und die bei der Untersuchung eines bestimmten Bereichs gewonnenen Erkenntnisse auf einen anderen Bereich übertragen werden können“ [11]. Insgesamt müssen sämtliche Begrifflichkeiten überdacht und für die Zwecke der Theoriebildung ziel führend (re-)formuliert werden, wodurch permanent zwischen der empirischen Ebene und der Ebene der Reflektion zu wechseln ist. Diese Vorgehensweise bewahrt davor, das Sichtbare oberflächlich für Zwecke eingängiger Erklärungen zu trivialisieren, während die eigentliche Problematik viel tiefer liegen könnte.

Das vom Verfasser dieser kurzen Abhandlung entwickelte Gesamtmodell der wirtschaftskriminellen Praxisformen entstand unter Berücksichtigung dieser Überlegungen. Dabei wurden mit Bezug auf die drei Phänomene Vermögensmissbrauch, Korruption und Fälschung von Finanzdaten und einer Grounded-Theory-Analyse vier zeitlich aufeinander aufbauende Hauptkategorien konstruiert: (1) Genese der (Prä-)Dispositionen bis zur Aktivierung des Praxisgenerators, (2) Kontext und das Quadrat der Opportunitäten, (3) Genese und Stabilität der Täuschung in der Illusio und (4) Zerfall der kriminellen Praxis [2]. Die Schritte beschreiben (grob skizziert), wie der Akteur entweder kurz- oder langfristig eine positiv geneigte Einstellung zu abweichenden Verhalten bis zu dem Zeitpunkt entwickelt, an dem sich „der Schalter umlegt“ und die Grenze zwischen Legalität und Illegalität überschritten wird. Begünstigt wird sowohl die Entwicklung als auch die Stabilität der Schemata über das oben bereits erwähnte Korrespondenzverhältnis zwischen Protagonisten und den sozialen Strukturen des wirtschaftlichen Kontextes. Die Illusio, die nicht mit der Illusion zu verwechseln ist, beschreibt die formalen und informellen Spielregeln des sozialen Miteinanders (insbesondere im Unternehmen), deren soziale Kohärenz vom Glauben der Teilnehmer daran abhängt. In der Unternehmenspraxis würde man das analog in den sichtbaren (z. B.

Richtlinien, Arbeitsanweisungen etc.) und unsichtbaren Elementen der Geschäftstätigkeit (weitgehend, aber nicht umfassend erklärbar mit dem Konzept der Unternehmenskultur) wiederfinden. Der Protagonist durchschaut wie kein anderer diese Logik und macht sie sich zunutze, indem er eine Täuschung darin einbettet. Dadurch entsteht über einen bestimmten Zeitraum hinweg eine Parallelität von legaler und illegaler Praxis. Genau diese verborgenen Strukturen gilt es herauszuarbeiten. Letztendlich aber endet jede Stabilität, und die kriminelle Praxis löst sich auf.

Die bisherigen Erkenntnisse sind in diesem Sinn theoretisch und empirisch weiterzuentwickeln, da sowohl der wirtschaftliche Kontext

an sich als auch die diversen und immer komplexer werdenden Schemata ein Verharren auf einmal gewonnenen Erkenntnissen verbieten. Insbesondere eine empirisch gewonnene Theorie steht unter dem Zugzwang, nicht falsifiziert zu werden und sich zu einer umfassenderen Sozialtheorie „hinaufarbeiten“ zu müssen. Das bezieht sich sowohl auf menschliche Handlungen und Interaktionen als auch auf die Tatsache, dass der Einsatz von Informationstechnologie eine Rekonstruktion wirtschaftskrimineller Praxis vereinzelt unmöglich macht. Dennoch sollte der Versuch nicht aufgegeben werden, das Verständnis weiter zu vertiefen und Entscheidungsträger von der Notwendigkeit der Sicherheits- und Risikoinstitutionen zu überzeugen.

AUTOR

Prof. Dr. rer. soc. HSG Dirk Drechsler CFE/GIA/CCSA/CRMA

Professur für betriebswirtschaftliches Sicherheitsmanagement; Fakultät M+I / Studiengang UNITS, Lehrgebiete: Sicherheits- und Risikomanagement, Business Continuity und Disaster Recovery, Manipulationsgefahr in Rechnungskreisläufen, Statistik, Habilitationsvorhaben an der Universität St. Gallen, dirk.drechsler@hs-offenburg.de



Referenzen/References:

- [1] Lüderssen, Klaus; Literatur – gesteigerte Realität; in: Lüderssen, Klaus; Produktive Spiegelungen; 2., erweiterte Auflage; Nomos Verlagsgesellschaft, Baden-Baden; S. 19-31; 2002
- [2] Drechsler, Dirk; Praxisformen der Wirtschaftskriminalität – Eine sozialwissenschaftliche Analyse ausgewählter Erscheinungsformen: Vermögensmissbrauch, Korruption, Fälschung von Finanzdaten; Difo-Druck; Bamberg; 2013
- [3] Tiedemann, Klaus; Wirtschaftsstrafrecht, Einführung und Allgemeiner Teil mit wichtigen Rechtstexten; 4., aktualisierte und erweiterte Auflage; Vahlen; München; 2013
- [4] Dannecker, Gerhard; Die Entwicklung des Wirtschaftsstrafrechts in der Bundesrepublik Deutschland; in: Wabnitz, Heinz-Bernd und Janovsky, Thomas (Hrsg.); Handbuch des Wirtschafts- und Steuerstrafrechts; 4. Auflage; Verlag C.H. Beck; München; Rn. 1-132; 2014
- [5] Wittig, Petra; Wirtschaftsstrafrecht; 3. Auflage; Verlag C.H. Beck; München; 2014
- [6] Kunz, Karl-Ludwig; Kriminologie, Eine Grundlegung; 6., vollständig überarbeitete und aktualisierte Auflage; Haupt Verlag; Bern et al.; 2011
- [7] Bock, Michael; Kriminologie; 4. Auflage; Verlag Vahlen; München; 2013
- [8] Kaiser, Günther et al.; Kriminologie, Jugendstrafrecht, Strafvollzug (Juristischer Studienkurs); C.H. Beck; München; 2015
- [9] Heidt, Jonathon/Wheeldon, Johannes P.; Introducing Criminological Thinking: Maps, Theories and Understanding; Sage; 2014
- [10] Bourdieu, Pierre; Ortseffekte; in: Bourdieu, Pierre et al. (Hrsg.); Das Elend der Welt; Studienausgabe; 2. Auflage; UVK Verlag; Konstanz; S. 117-123, 2010
- [11] Wacquant, Loic J.D.; Auf dem Weg zu einer Sozialpraxeologie, Struktur und Logik der Soziologie Pierre Bourdieus; in: Bourdieu, Pierre und Wacquant, Loic J.D. (Hrsg.); Reflexive Anthropologie; Suhrkamp Verlag, Frankfurt am Main; S. 17-93; 1996

Risikoorientierte Business Resilience

Prof. Dr. rer. soc. HSG Dirk Drechsler CFE/CIA/CCSA/CRMA

Risikomanagement- (RMS), Risikocontrolling- (RCS) und Interne Kontrollsysteme (IKS) sollten in allen Unternehmen integrale Bestandteile zur Unterstützung der Geschäftstätigkeit sein. Dennoch ist es für die beteiligten Abteilungen nicht immer einfach, Begründungen für vorgeschlagene Maßnahmen zu entwickeln, die über die Ordnungsmäßigkeit hinausgehen. Diese kurze Abhandlung verdeutlicht beispielhaft den Zusammenhang zwischen dem geschäftsbezogenen Kapitalkostenmanagement und wertunterstützenden Leistungen der Risikoinstitutionen.

Risk management, risk controlling and internal control systems should be a supporting part of all corporate business activities. Nevertheless, the justification of activities other than those with regard to adequacy and correctness is not that easy. This short essay focuses on the interplay between the working capital management as part of an economic value added system and value supporting measures developed and delivered from corporate risk practices.

In dieser kurzen Abhandlung bezieht sich der Verfasser auf das konkrete Zusammenspiel zwischen dem Kapitalkostenmanagement (Working Capital Management – WCM) als Bestandteil eines Economic Value Added (EVA-) Konzepts (Abb. 1) und den Möglichkeiten einer Unterstützung durch die drei Bereiche RMS, RCS und IKS zur Stärkung der unternehmerischen Widerstandsfähigkeit [1].

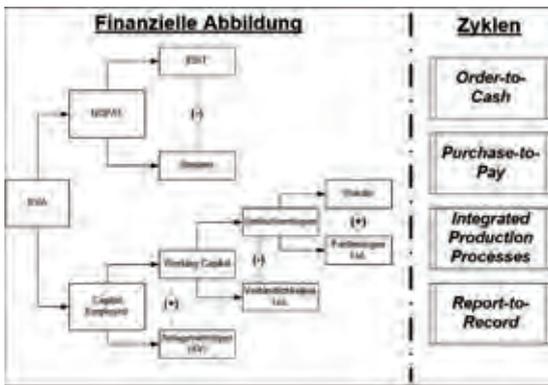


Abb. 1:
Finanzielle Abbildung und unternehmerische Zyklen

Das unternehmerische Risiko entsteht immer aus der spezifischen Geschäftstätigkeit und den Aspekten, die alle Unternehmen betreffen. Insofern ist es sinnvoll, sich im Rahmen dieses Anwendungsfalls zunächst mit der Ausgestaltung des WCM zu beschäftigen, um dann festzulegen, wie RMS, RCS und IKS daran beteiligt sind. Es wird nun vorausgesetzt, dass sich das Top-Management des Unternehmens darauf verständigt hat, ein EVA-Konzept zu verwenden, das sich aus einer Profit- und

einer WC-Komponente zusammensetzt (Erstes bleibt hier unberücksichtigt). Die Holdinggesellschaft ist sowohl für das konkrete Design als auch die für die operativen Gesellschaften relevanten Vorgaben zur Umsetzung in jeder Einheit verantwortlich. Ferner betrachtet die Unternehmenssteuerung die Abläufe im Unternehmen nicht rein prozessual, sondern zyklisch ([2] und [3]), um die Interdependenzen verbundener Prozesse besser erfassen zu können. Die Verbindung der finanziellen Abbildung für Zwecke des EVA-Managements allgemein und des Kapitalkostenmanagements im Besonderen wird über den Order-to-Cash Zyklus (O-t-C: Auftragseingang des Kunden bis zu dessen Bezahlung), den Purchase-to-Pay Zyklus (P-t-P: Bestellung durch den Einkauf bis zur Bezahlung der Lieferantenrechnung), den Integrated-Production-Prozess (IPP: Verlinkung sämtlicher Produktions- und Lagerhaltungsprozesse, die an die vorangegangenen Zyklen anschließen) und letztendlich den Record-to-Report-Zyklus (R-t-R: Erfassung und Berichterstattung sämtlicher WC-relevanter Daten und Informationen) hergestellt. Die Tätigkeiten in den Zyklen produzieren permanent sowohl Daten zum Prozessoutput als auch zur Prozessbegleitung. Das erfordert eine duale Sichtweise auf die Abläufe im Unternehmen, indem zwischen der operativen Leistung und der informationellen Abbildung unterschieden wird. Für Zwecke der Dokumentation verwenden Unternehmen häufig die Instrumente Systemflowcharts und Datenflussdiagramme. Die Zusammenhänge zwischen den Zyklen sind nachfolgend (Abb. 2) dargestellt.

1 Die Berechnung der Indikatoren erfolgt von der Systematik her für den Konzern und die Einzelgesellschaften gleich. Lediglich die zu Grunde gelegten Werte sind unterschiedlich (konsolidierte vs. Einzelabschlusswerte).
2 Berechnung: Summe der Quartalswerte von Vorräten, Forderungen LuL abzüglich der Verbindlichkeiten LuL bezogen auf die auf das Gesamtjahr (d.h. multipliziert mit 4) extrapolierte Quartalssumme der Umsatzerlöse. Der Indikator wird in % ausgedrückt. Alternativ zu den Quartalswerten könnten auch andere Zeitpunkte und Zeiträume verwendet werden. Das hängt von der zeitlichen Abwicklung der Geschäftstätigkeit ab
3 Berechnung: Quartalswert der Forderungen LuL multipliziert mit 365 geteilt durch die extrapolierte Quartalssumme der Umsatzerlöse. Der Indikator wird in Tagen ausgedrückt.
4 Berechnung: Quartalswert der Verbindlichkeiten LuL multipliziert mit 365 geteilt durch die extrapolierte Quartalssumme des Materialaufwands. Der Indikator wird in Tagen ausgedrückt.
5 Berechnung: Quartalswert der Vorräte multipliziert mit 365 geteilt durch die extrapolierte Quartalssumme des Materialaufwands. Der Indikator wird in Tagen ausgedrückt.
6 Risiken werden hier als negative Abweichungen von Zielwerten betrachtet. Das positive Pendant sind Chancen, die im Rahmen eines separaten Prozesses zu identifizieren und bewerten sind.
7 Die Vielfalt an Kontrollmaßnahmen ist in dieser Abhandlung nicht darstellbar. Daher wird auf Spezialliteratur verwiesen [6].

Die Entscheidung für ein EVA-/WC-Konzept impliziert die Einbettung der Managementvorgabe in das Zielsystem des Unternehmens. Sofern eine enge Definition für die Kapitalkosten verwendet wird, konzentrieren sich die Auswertungen auf die bilanziellen Positionen (inklusive deren Unterpositionen) Vorräte, Forderungen aus Lieferungen und Leistungen (Forderungen LuL) und Verbindlichkeiten LuL. Daneben werden für Zwecke der Indikatorenbildung noch die GuV-Stromgrößen Umsatzerlöse und Materialaufwand sowohl für eine Konzern- als auch eine Einzelgesellschaftsbetrachtung¹ bemüht. Die Steuerung erfolgt über die Kennzahlen (1) NOWC in % des Umsatzes², (2) Days Sales Outstanding/DSO³, (3) Days Payables Open/DPO⁴ und (4) Inventory Days/DIO⁵. Die Tabelle 1 verdeutlicht die einzelnen Laufzeiten.

Zyklus	Zyklus		Kapitalbindung		
	Anfang	Ende	Indikator	Anfang	Ende
D-L-C	Kundenbestellung/ Interner Auftrag	Kundenzahlung	DIO (1 bis 4) DSO (4 bis 5)	Wareneingang/ Gefahrenübergang Versand Faktura/ Gefahrenübergang	Auslieferung/ Gefahrenübergang Kundenzahlung
I-P-P	Produktionsauftrag	Abschluss Produktionsauftrag/ Einlagerung	Lediglich Umschlag von gebundenem Kapital innerhalb des Vorrats		
P+P	Lieferantenbestellung	Zahlung Lieferantenrechnung	DPO (1 bis 2)	Wareneingang/ Gefahrenübergang	Lieferantenbezahlung

Tab. 1:
Zyklen und Kapitalbindung

Die Unternehmensleitung setzt nun konkrete Zielwerte für diese Indikatoren auf Konzern- und Einzelgesellschaftsebene fest. Während die Konzernwerte sich auf die Einzelgesellschaften als Ganzes beziehen, drücken die Werte der Einzelgesellschaften Performanz [4] innerhalb der betrachteten Einheit aus. Das Top-Management plant nun diese Werte für ein Jahr und verankert die Revision der Plandaten im Rahmen eines rollierenden Controllingprozesses. Die operativen Tätigkeiten im Gesamtkonzern beziehen sich nun darauf und sollten durch ein angemessenes RMS, RCS und IKS unterstützt werden. Während das RMS mit der COSO-Systematik [5] den Rahmen bildet, sind die Aktivitäten des RCS und IKS integrale Bestandteile. Die interne Umgebung des Unternehmens mit seinen Elementen (RM-Philosophie, Risikoappetit, Integrität und ethische Werte, Verantwortlichkeiten und Personalmaßnahmen) wird als gegeben betrachtet und nicht weiter erläutert. Die Zielfestlegung mit der Fokussierung auf eine WC-Optimierung wurde bereits oben festgelegt. Die Ereignisidentifikation hat nun zeitnah festzustellen, welche unternehmensexternen und -internen Vorgänge die Zielerreichung negativ⁶ beeinträchtigen können. Ausgehend von einer Darstellung der Zyklen und deren Zusammenhänge erfolgt eine Risikoanalyse, die die diversen Einflusspotenziale aufzudecken hat. Am Ende der Betrachtung

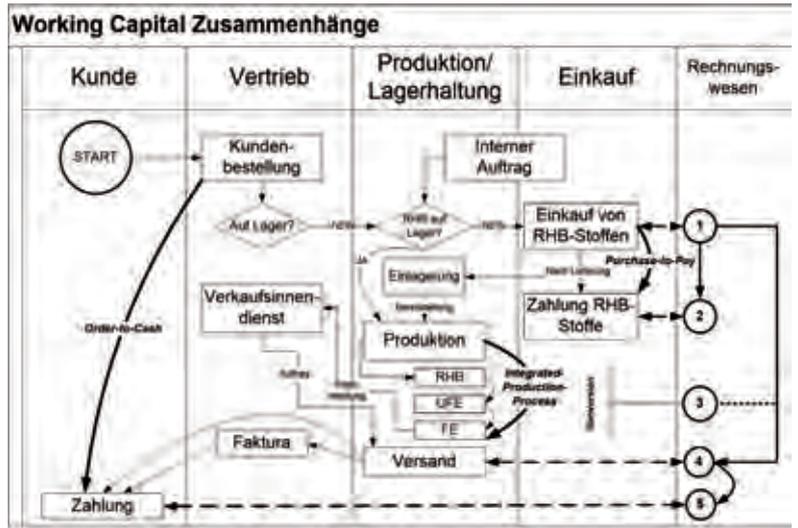


Abb. 2:
Working Capital Zusammenhänge

steht eine Liste möglicher Risiken, die später mit den entsprechenden Kontrollmaßnahmen in Verbindung zu bringen sind. Durch die Implementierung der oben besprochenen Indikatoren wurden bereits erste Hinweisgeber installiert, die weiter unten für Risikozwecke noch konkretisiert werden. Die extern induzierten und intern existierenden Ereignisse entlang der Zyklen müssen nun bezüglich ihrer Eintrittswahrscheinlichkeit und Auswirkung klassifiziert werden. Es bietet sich zusätzlich an, dass Korridore der Zielerreichung definiert werden, um nicht jede Abweichung im Sinn eines Risikos klassifizieren zu müssen.

Wiederholung	Prozentuale Abweichung		
	Bis 2%	Zwischen 2% und 5%	Größer als 5%
Einmalig	Niedriges Risiko	Niedriges Risiko	Mittleres Risiko
Wiederholt	Niedriges Risiko	Mittleres Risiko	Hohes Risiko
Regelmäßig	Mittleres Risiko	Hohes Risiko	Hohes Risiko

Tab. 2:
Risikoklassifizierung

Die Reichweite ist abhängig von der jeweiligen Risikobereitschaft der Unternehmensleitung, die letztendlich die Verantwortung dafür trägt. Eine sinnvolle Ergänzung der prozentualen Korridore im Sinn einer Abweichung zwischen Ist- und Soll-Werten wäre über eine zeitliche Betrachtung zu konstruieren. Einmalige Abweichungen von Vorgaben sind nur dann als kritisch einzustufen, wenn der Prozentwert entsprechend hoch ist. Eine mögliche Risikomatrix mit Klassifikation ist in Tabelle 2 dargestellt. Die Kategorien Wiederholung (einmalig, wiederholt, regelmäßig) und prozentuale Abweichung (bis 2 %, zwischen 2 % und 5 %, größer als 5 %) werden zu bestimmten Klassifizierungen (niedriges, mittleres und ho-

hes Risiko) kombiniert. Diese implizieren einen Handlungsbedarf, der ex-ante von der Unternehmensleitung oder per Aufgabendelegation vom Risikocontrolling im Zusammenhang mit der Risikosteuerung zu definieren und einzuleiten ist. Der weitere Umgang mit den Risiken wird mit den Kontrollaktivitäten gehandhabt. Dabei geht der Verfasser von einer hierarchischen Dreiteilung der Kontrollebenen aus: 1. Kontrollen zur Steuerung und Überwachung des Gesamtunternehmens, 2. Kontrollen zur Steuerung und Überwachung einzelner Geschäftsprozesse und 3. Kontrollen zur Steuerung und Überwachung einzelner Geschäftsvorfälle. Die Risikoanalyse hat bereits sämtliche Ereignisse identifiziert, die sich negativ auf die Zielerreichung auswirken können, und die Risikobeurteilung hat die Eintrittswahrscheinlichkeiten und Auswirkungen festgelegt. Während auf der obersten Ebene primär Instrumente wie Richtlinien und Vorgaben entwickelt und an die Einzelgesellschaften kommuniziert werden, bedient sich die zweite Monitoring-Ebene aus der Vielfalt des unternehmerischen Datenmaterials und ergänzt die Kernindikatoren um weitere aussagekräftige Kennzahlen.

Die Darstellung in Tabelle 3 zeigt die Verbindung identifizierter Risiken mit den Kontrollmaßnahmen auf der Ebene einzelner Geschäftsvorfälle⁷, indem die operativen und die Informationsprozesse hinsichtlich der Kontrollziele differenziert und verfeinert werden, um sich letztendlich stärker an den unternehmerischen Gegebenheiten orientieren zu können. Da Informationen selten von allein zu den entsprechenden Stellen im Unternehmen gelangen, sind entsprechende Berichtssysteme und -prozesse aufzubauen, die Daten von den einzelnen Geschäftsvorfällen bis zur Top-Managementebene transportieren. Kommunikation ist ein zweiseitiger Vorgang und muss in beide Richtungen (Top-down und Bottom-up) erfolgen. In einem letzten Schritt hat das Management dafür sorgen, dass einmal identifizierte Risiken fortlaufend beobachtet werden und separate Evaluationen helfen, dass zukünftige Entwicklungen weitgehend frühzeitig erkannt werden können. Während nun die oben beschriebenen Systeme losgelöst von der eigentlichen Geschäftstätigkeit betrieben werden, liegt der Vorteil einer fokussierten Ausrichtung auf den wirtschaftlichen Sachverhalt darin, ein umfassendes Sicherheitskonzept unternehmerisch zu begründen.

Referenzen/References:
 [1] Curtis, Patchin/Carey, Mark: Risk Assessment in Practice; Durham 2012; http://www.coso.org/documents/OSOAnnncsOnlineSurvey2GainInpt4Updt2Intrnl CntrlIntgratd Frmwrk%20-%20for%20merge_files/COSO-RM%20Risk%20Assessment%20inPractice%20Thought%20Paper%20October%202012.pdf (Zugriff am 12.11.2015)
 [2] Gelinas Jr., Ulric J./Dull, Richard B./Wheeler, Patrick R.: Accounting Information Systems; 10. Auflage; Australia et al. 2015
 [3] Hall, James A.: Accounting Information Systems; 9. Auflage; Australia et al. 2016
 [4] DeLoach, James/Thomson, Jeff: Improving Organizational Performance and Governance, How the COSO Frameworks Can Help; Durham 2014; <http://www.coso.org/documents/2014-2-10-COSO%20Thought%20Paper.pdf> (Zugriff am 12.11.2015)
 [5] Diederichs, Marc: Risikomanagement und Risikocontrolling; 3., vollständig überarbeitete Auflage; München 2012
 [6] Internationaler Controller Verein (Hrsg.): Working Capital Management; Leitfaden für die nachhaltige Optimierung von Vorräten, Forderungen und Verbindlichkeiten; Freiburg et al. 2013

Bereich	Risiken	Kontrollziele für operative Prozesse			Kontrollziele für Informationsprozesse	
		Erreichen der strategischen Zielsetzungen der Organisation.	Effektivität und Effizienz operativer Abläufe und Programme im Rahmen der Geschäftstätigkeit.	Compliance mit internen und externen Vorgaben sowie Verträgen.	Zuverlässigkeit und Integrität des operativen und finanziellen Datenmaterials.	Compliance mit internen und externen Vorgaben.
	Übergeordnete Zielerreichung	<ul style="list-style-type: none"> Umgang mit Ressourcen Wirtschaftliche Zielerreichung 	Regel Einhaltung und Sicherheit auf der operativen Ebene	<ul style="list-style-type: none"> Vollständigkeit Genauigkeit Verfügbarkeit hinsichtlich Eingabe Aktualisierung 	Regel Einhaltung und Sicherheit auf der informationellen Ebene	
Vertrieb	R1			K1		
	R2	K2				
	R3			K3		
	R4	K4				
	R5		K5	K5	K6	K6
(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	(...)	

Tab. 3:
Kontrollziele für operative und Informationsprozesse

Autor dieses Artikels: Seite 57

Geschäftsmodelle der Plattformen zum „Local Commerce“

Prof. Dr. Thomas Breyer-Mayländer

Der Wettbewerb mit digitalen Versandhandelsformen hat dazu geführt, dass der stationäre Handel in digitale Ergänzungen im Sinn des Multichannel-Marketings investieren muss. Dies hat zum Aufbau lokaler Plattformen geführt, die eine gemeinsame digitale Ergänzung schaffen sollen. Um hier jedoch auch tatsächlich wirksame Modelle zu etablieren, müssen auch bei diesen Plattformen die Anforderungen an tragfähige Geschäftsmodelle, insbesondere der Kundennutzen erfüllt sein [1].

Local retailers are starting to invest in multi-channel-retail-concepts to cope with the competition of the big digital retailers like amazon. Due to the fact, that it is quite a challenge to start a new business while the core business is decreasing, there are more and more cooperations on local and regional retail-platforms. It is necessary to check the value of each platform concept, to make sure that it will lead to a satisfying business model.

Disruptive Veränderungen in lokalen Märkten

Lokale Märkte galten jahrzehntelang als Inbegriff für Stabilität und Planbarkeit. Heute, im Jahr 2016, zeigen sich jedoch tiefgreifende disruptive Veränderungen auch in lokalen Märkten [2]. Wegen dieser diskontinuierlichen Entwicklung jenseits klassischer Trends können diese Entwicklungen nicht durch klassische Marktforschung (Befragung, Fokusgruppe etc.) ermittelt werden. Lokale Teilmärkte mit teilweise disruptiven Veränderungen zeigen sich in folgenden Bereichen:

1. Lebensmitteleinzelhandel im Wettbewerb zu Lieferdiensten
2. Textil- und Schuhhandel im Wettbewerb zum Online-Handel
3. Stationärer Sortimentsbuchhandel im Wettbewerb zum Online-Handel, insbesondere in Verbindung mit E-Books
4. Fachhandel im Segment Deko und Haushaltswaren im Wettbewerb zum Online-Handel und zu Nebensortimenten großer Möbelhäuser
5. Autohandel im Wettbewerb zu Re-Importen und Online-Handel
6. Arztpraxen und medizinische Dienstleistungen im Wettbewerb zu MVZs (Medizinische Versorgungszentren)
7. Handwerksdienstleistungen im Preiswettbewerb (z. B. my-hammer.de)
8. Urbanisierung und Landflucht verschieben Bedeutungen von Regionen und Zentren

Vom Multi- zum Omnichannel-Marketing

Am Beispiel des Handels sieht man die Veränderungen in lokalen Märkten am deutlichsten, da der digitale Handel zunehmend an Bedeutung gewinnt. Auf der einen Seite gibt es den klassischen Konflikt der Vertriebskanäle, bei dem der Online-Handel klar zu Lasten des Einzelhandels geht. Andererseits gibt es jedoch auch den sogenannten ROPO-Effekt, bei dem ein „Web-to-Store“-Effekt entsteht, da eine digitale Informationsphase („Research Online“) dem Kauf im stationären Handel („Purchase Offline“) vorausgeht. Digitaler Handel ist dabei nicht mehr als stationäres Online-Marketing zu betrachten, sondern Teil des mobilen Marketings.

Damit gewinnen Verfahren, mit denen Handelsaktivitäten im Rahmen von Location Based Services (LBS) gestärkt werden, zusätzlich an Bedeutung. Mit RFID-Technik und iBeacons gibt es zahlreiche Möglichkeiten für lokale Unternehmen, die eigenen Marketing- und Kommunikationsziele mit LBS-Methoden zu unterstützen. Rabattaktionen, definierte lokale Marketingbereiche (Geofences) und komplette Kundennavigationssysteme als Teil des Instore-Marketing-Konzepts ermöglichen eine sehr unmittelbare Kommunikations- und Abverkaufswirkung. Im Rahmen des Shoppings ist M-Commerce auf dem Vormarsch und bildet damit auch den Erfahrungsrahmen für die Kombination aus M-Commerce und stationärem Handel [3]. Den Ansatz, stationäre

Handelsgeschäfte mit unterschiedlichen Methoden des „mobilen Marketings“ digital weiterentwickeln und die Verbindung zwischen stationärem Handel und mobilen Aktionen herzustellen, führen zum Ansatz des Omnichannel-Marketings bzw. des No-Line-Handels, der alle Kanäle nutzt und verknüpft. Gerade im lokalen Markt bedeutet dies, dass die Anforderungen an Handels- und Dienstleistungsfirmen bei sinkenden Umsätzen sehr stark steigen, sodass der finanzielle Handlungsspielraum schwindet. Dies ist eine klassische Strategiekrisis auf Basis einer strukturellen Krise. Es herrscht daher ein hoher Handlungsdruck, wenn negative Strukturveränderungen im lokalen Bereich und damit auch der Wandel der Innenstädte abgewendet oder wenigstens verlangsamt werden sollen.

Digitale lokale und regionale Plattformen aus Sicht unterschiedlicher Stakeholder

Kleinere und mittlere Handelsunternehmen haben in der Regel nicht die Ressourcen, um den Anforderungen des Multi- oder Omnichannel-Marketings gerecht zu werden. Folgerichtig gibt es inzwischen eine Reihe von Einkaufsplattformen, auf denen unterschiedliche Handels- und Dienstleistungsunternehmen mit ihren Angeboten eingebunden werden. Ein erster Schritt kann darin bestehen, den Funktionsumfang der Plattformen zu analysieren [4].

Ein wesentlicher Aspekt bei der Einschätzung von Local-Commerce-Angeboten liegt in der Interessenlage der unterschiedlichen Stakeholder. Hier zeigt sich das Problem, dass bei vielen Plattformen unterschiedliche Interessen aufeinanderprallen. Online City Wuppertal der Agentur Atalanda repräsentiert den Zusammenschluss der Kleinen (lokaler Handel) gegen die Großen (eBay, Amazon, Zalando & Co.). Eine andere Situation haben wir bei „Simply Local“ [5]: Hier steht letztlich der Handelsriese Metro als Großgesellschafter hinter der Plattform. Bei der Analyse der Plattformen für den lokalen Handel merkt man sehr schnell, dass es letztlich nur dann funktionsfähige Plattformen sein können, wenn sie für die zwei Zielgruppen (lokaler Handel und lokale Endkonsumenten) nutzbringend sind. Hier fehlt jedoch bei den meisten Plattformen bereits eine plausible Analyse der „Probleme“ dieser Zielgruppen.

Die Arbeitshypothese wäre hier die Annahme, dass aufseiten des Handels der Leidensdruck der Akteure so hoch ist, dass das Problem wahrgenommen wird und auch tatsächlich eine Kooperationsbereitschaft besteht.

Abb 1: Analyse aktueller lokaler Einkaufsplattformen

	Kaufabschluss	Online-Verfügbarkeitsabfrage	Online-Reservierung	Lieferfunktion	Social Onsite	Local Offsite	Lokales Sortiment	LBS (Ortung/Angebote)	Mobil lokale Suche	mobil optimiert	App	click-to-call Nummern	suggested search	Gestensteuerung
eBay-Marktplatz	x	(x)	(x)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Locafox		x	x	(x)		x	x			x	x	x	x	(x)
Simply Local		x				x					x	x		(X)
Online City Wuppertal	x	x		x		x	x		x		x			(x)

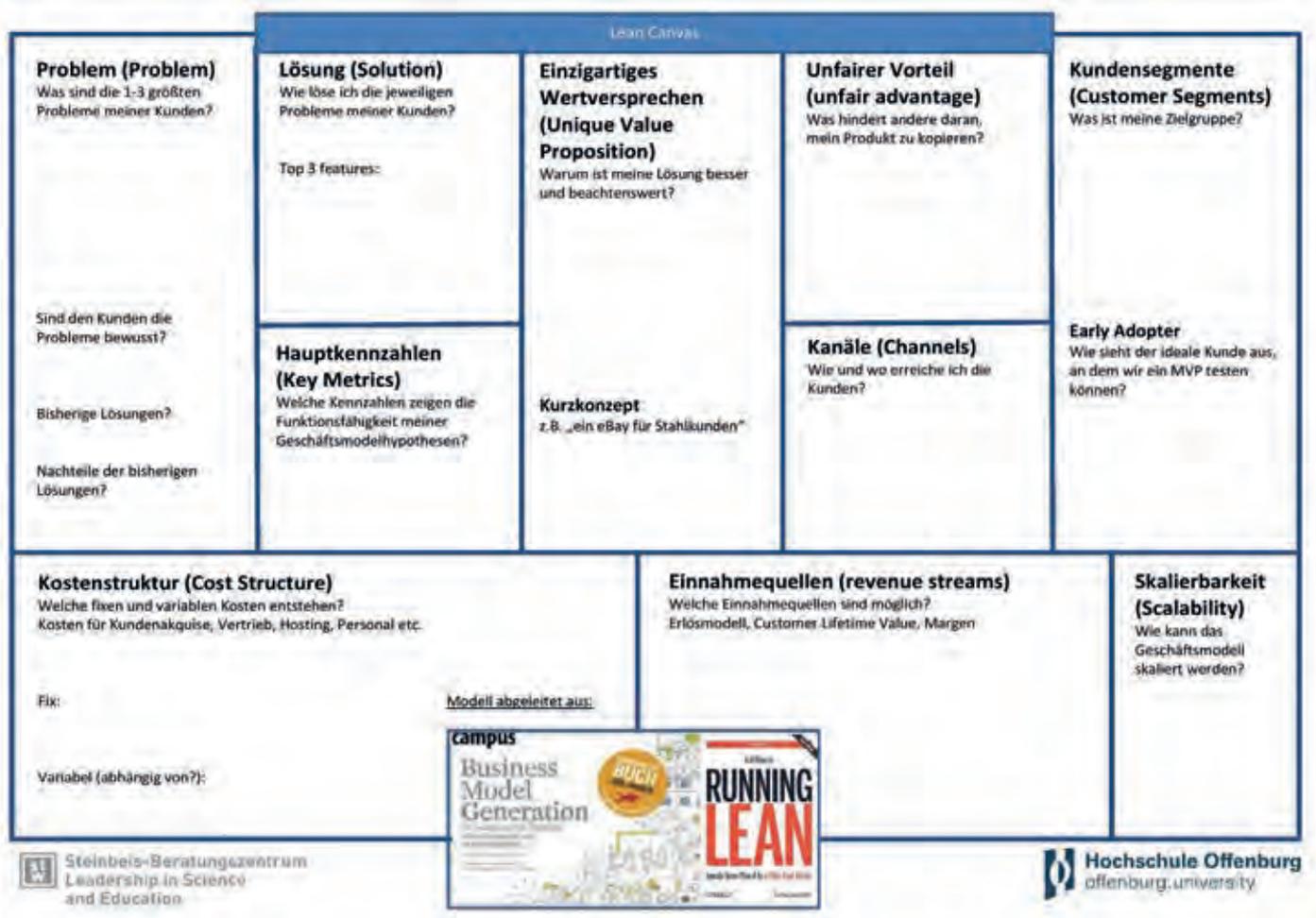


Abb 2: Lean Canvas als Business-Modell-Beschreibung [6]

Schwieriger ist eine Beurteilung des Verhaltens der Endkunden. Wir haben zunehmend lokale oder überregionale Initiativen, die das Ziel haben, aufseiten der Kunden ein Bewusstsein für den Wert der lokalen Handelsstruktur zu schaffen. Beispielhaft kann man hier „Buy local“ (buylocal.de) sehen. Für die lokalen Strukturen sind solche Kampagnen auf alle Fälle hilfreich. Wie stark die Maßnahmen und PR-Aktionen aus diesen Umfeldern sich auf das konkrete Marktverhalten von Verbrauchern auswirken, bedarf jedoch einer eigenen Analyse. Folgende Hauptpunkte sind hier in der Regel unklar:

- Welches dringliche Problem haben die zwei Zielgruppen Einzelhandel und Endkunden?
- Welches dieser Probleme kann meine Plattform lösen?
- Was ist das leicht zu kommunizierende Alleinstellungsmerkmal der Plattform?

- Wie kann man sicherstellen, dass die Plattform bei einem Erfolg nicht direkt kopiert wird?

Bei dem Modell der lokalen Marktplätze wird in der Analyse gern das Argument ins Feld geführt, dass das Problem der Zielgruppe Endverbraucher darin bestehe, dass er gerne lokale oder regionale Produkte kaufen wolle. Diese Hypothese versuchen beispielsweise Zeitungsverlage, Kommunen und Werbegemeinschaften durch Kampagnen zu unterstützen. Nur überprüft ist sie damit noch nicht. Die Lösung, die viele hier anstreben, ist eine Überprüfung der Hypothese durch Marktforschung.

Leider lässt sich das wegen der zu erwartenden sozial erwünschten Antworten nicht durch den Weg der Befragung (ob Umfrage oder Fokus-Gruppe) lösen. Um die Erfolgchancen einer Plattform wirklich zu überprüfen, hilft – wenn es um echte Innovationen geht

– nur der Test, beispielsweise mit einem minimal funktionsfähigen Produkt (MVP) [7]. Eine weitere Nutzenhypothese für lokale Marktplätze ist die Liefergeschwindigkeit oder der Vorteil bei Click&Collect, wenn der fertige Warenkorb beim Vorbeifahren mitgenommen wird. Diese Vorteile muss man dann im Verhältnis zum meist gegebenen Preisnachteil (die lokalen Marktplätze können nicht national und international skalieren, daher sind die Angebote in der Regel nicht die günstigsten auf dem Markt) einem Test unterziehen. Und nur dann, wenn der Nutzen für den Endverbraucher groß genug ist, um seine gewohnten Bahnen des Einkaufs zu verlassen, besteht die Chance, dass eine Plattform auch einen ausreichend attraktiven Nutzen für den Handelskunden bietet. Dass die Analyse der Prinzipien und Geschäftsmodelle in Zeiten des Multichannel-Marketings nicht einfacher geworden ist, zeigen Projekte wie die Kooperation zwischen eBay und der Wirtschaftsförderung Mönchengladbach unter Beteiligung der ortsansässigen Hochschule Niederrhein. Hier werden unterschiedliche Interessen (Stärkung des lokalen Handels vs. Ausdehnung des Kundenkreises von eBay) kombiniert.

Referenzen:

- [1] vgl. ausführliche Darstellung: Breyer-Mayländer, T.: Digitale Unternehmenskompetenz im Zeitungsverlag: Vom Kundenmanagement zum „Local Commerce“ „Titel“, Whitepaper Hochschule Offenburg, Januar 2016
- [2] Christensen, C. M.: The Innovator's Dilemma – When new technologies cause great firms to fail. Harvard Business School Press, Boston/Massachusetts, 1997, S. 12
- [3] Heinemann, G./Gaiser, C.G.: SoLoMo – Always-on im Handel: Die soziale, lokale und mobile Zukunft des Shopping, Springer Gabler, Wiesbaden, 2. Auflage 2015, S. 3ff.
- [4] Pottbrock, J.: Zukunftssicherung für den lokalen Einzelhandel in Innenstadtlagen: Location-based-Services und lokale Marktplätze als Teil der Multi-Channel-Strategie, Masterthesis Leipzig School of Media 2015
- [5] Heinemann, G.: Der neue Online-Handel: Geschäftsmodell und Kanalexzellenz im Digital Commerce, Springer Gabler, Wiesbaden, [6., vollständig überarbeitete Auflage, 2015, S. 149; Hell, M.: Wird Simply-Local der Gamechanger bei den Einkaufsplattformen? am 27. Januar 2015 in: Local Heroes, Location Insider, <http://locationinsider.de/wird-simply-local-der-gamechanger-bei-den-einkaufsplattformen/> (Abruf: 06.11.2015)
- [6] eigenes Modell in Erweiterung des Modells von Osterwalder, A./Pigneur, Y. (2011): Business Model Generation: Ein Handbuch für Visionäre, Spielveränderer und Herausforderer, Campus Verlag, Frankfurt/bzw. dem Lean Canvas von Maurya, A. (2012): Why Lean Canvas vs. Business Model Canvas? in: <http://leanstack.com/why-lean-canvas/> (Abruf: 09.11.2015)
- [7] Ries, E. (2013): Lean Startup: Schnell, risikolos und erfolgreich Unternehmen gründen, Redline Verlag, München, S. 74

AUTOR

Prof. Dr. Thomas Breyer-Mayländer

Professor für Medienmanagement, Fakultät Medien und Informationswesen, Leiter Steinbeis-Beratungszentrum „Leadership in Science and Education“

Lehrgebiete:
Betriebswirtschaft,
Führung und
Strategie, Personal-
führung, Krisen-
management und
-kommunikation,
[breyer-maylaender@
hs-offenburg.de](mailto:breyer-maylaender@hs-offenburg.de)

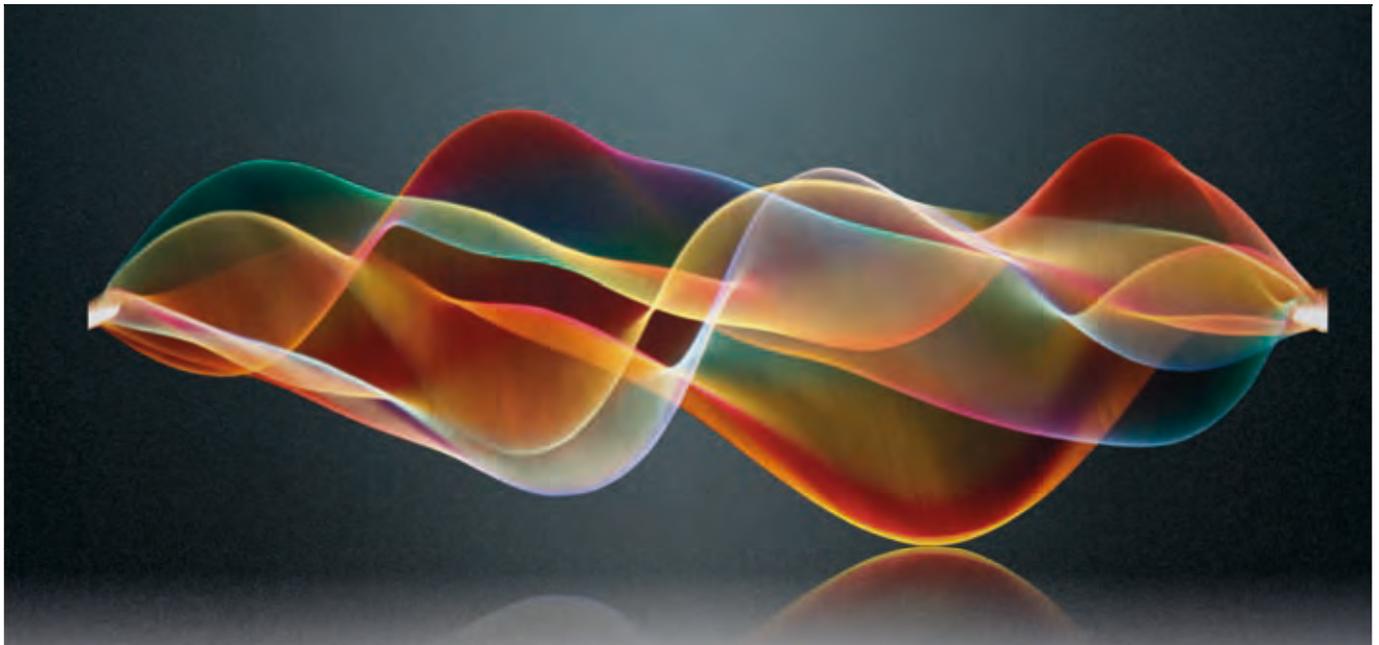


„Künstlerisch forschen in der Musik“ – als KlangKomposition und RadioKunst¹

Prof. Dr. Hans U. Werner

Das Leitmotiv „Künstlerisch forschen in der Musik“ von der Musikhochschule Münster ist ein eigener Beitrag zu den Netzen der internationalen Artistic Research, die sich auch in Europa verdichtet. Die Begriffe betonen so nicht nur das eigentliche Handeln in Kunst und im Forschen als Tätigkeit, sondern weisen auf Hörbares mit einem erweiterten Musikbegriff, statt generell von Kunst und Forschung zu berichten. Diese Form begegnet dem Modell der UBC (University of British Columbia in Vancouver), die sich als interdisziplinäre A/R/Tography mit der Triade von A/rtist, R/earcher und T/eacher entwickelt hat.

The Slogan of „ Art as Research within Music“ from Music University of Münster is a unique contribution to the new networks of international Artistic Research in Europe. The musical action itself is the focus and applies an explicit music concept, instead of generally reporting about all Arts and Research in an overall view. This approach compares with a model from UBC in Vancouver, the interdisciplinary A/R/Tography, where roles of Artist, Researcher and Teacher balance each other in many artistic and investigative directions.



1 Leitmotiv für Kunst und Forschen an der Musikhochschule Münster

2 Truax, Barry: Acoustic Communication. Ablex; 2001, 2. Auflage

3 Smudits, Alfred: Mediamorphosen des Kulturschaffens. New Academic Press 2002

EinKlang: Die Wellenform symbolisiert künstlerisches Forschen als komplexe Schwingung in der Musik, in Klangkomposition und Radiokunst. Dan Curticepean hat das Bild im Technorama von Winterthur aufgenommen. Er ist ein von der Kunst begeisterter Physiker, forscht als Photoniker und gestaltet als Fotograf. Sein Bild weist auf die verflochtenen Methoden des Wahrnehmens, durch den Klang selbst, in der weit entwickelten Klangkunst und als Kern der Arbeit mit allen Medien, auch jenen, die wir noch nicht kennen.

VielKlang: Im Medium entfaltet sich Klang als Workflow aus Materie und als Material in Zeit und Raum, von der Soundscape zum Sound Design, vom Wahrnehmen zu Form und Wirkung. Dabei begegnen sich frühe „Soundscape Methods and Acoustic Communication“² mit heute weltweiten Sound Studies; vom natürlichen zum technischen Klang, vom kulturellen zum gesellschaftlichen Hörbild, immer geprägt durch Medialität, Mediation, Mediologie, Mediamorphose³.

Ein Vielklang AllKlang

AllKlang: Solche Transformation ist als System ein Ganzes und auch fraktal, in der Praxis vieler Klangkünstler, Klangforscher und Klangvermittler. Die A/R/Tography aus Kanada arbeitet mit der Triade aus A/rtist, R/earcher und T/eacher besonders intensiv; die Übergänge bewusst mit einbezogen.⁴ Das geht aus von der klingenden PerSON zu ihrer Hör-Umwelt, von Klangzeiten zu Klangräumen; von der Recherche zur Kreation, Analyse, Synthese und Erfahrung (Dewey). Der Komponist Murray Schafer, das „Große Ohr Kanadas“, nannte seinen künstlerischen Leittext „The Tuning of the World“ (1977). Übersetzt durch Sabine Breitsamer, veränderte sich dies zu „Die Ordnung der Klänge“ (2010). Beides ergänzt sich und wird ein Drittes. Der Dreiklang aus Praxis, „forschem“ Forschen (Wortspiel von Krippendorf am Bauhaus Weimar) und Vermittlung ist nahe bei den Akteuren, wie auch autoethnografisch anwendbar. Anschluss finden auch Ideen zur musikalischen Tätigkeit, nach Wolfgang Martin Stroh;⁵ die „Reflection in Action“ (nach Donald A Schoen) und das forschende Lernen (Ludwig Huber). Das deutschsprachige Leitmotiv der Musikhochschule Münster wirkt auch nicht wie eine Variante weltweiter Artistic RESEARCH als neues System, sondern stellt mit dem Substantiv/Verb FORSCHEN die Tätigkeit selbst in den Fokus. Bruno Latour ruft uns dann noch zu: „Follow the actors“, so wie es der Musiksoziologe Howard S Becker in Jahrzehnten der Praxis als Lehrender, Forscher und Jazzmusiker verkörpert.

(Akustische) Kreativität für Komposition, Medien und Bildung

Am Anfang steht ein Beispiel vom Kolleg Pro Art der LMU: Johanna Eder, Kunstpädagogin, Kunstwissenschaftlerin und Künstlerin (Artographin, ohne die Triade zu nennen), forschte als visuelle Künstlerin über den vom Tonstudio besessenen Pianisten Glenn Gould und seine kontrapunktischen Hörspiele. Die „Solitude Trilogy“ aus Stimme, Musik, Klang und Technologie sind Symbol seiner „Idee des Nordens“ und Kanadas wichtigste RadioKunst.⁶ Murray Schafer führte das fort mit „Winter Diary“ und erhielt dafür den Karl-Sczuka-Preis des SWR. Beider Exkurse gelingen, weil sich die Musiker wie die Autorin über die Grenzen ihrer Künste bewegen und sie als „universalistische“ Perspektive von Kreativität und Flow nach Csikszentmihalyi ausdehnen. Ein Leben lang und sich selbst-ähnlich erforscht der aus Ungarn

stammende Psychologe sein Thema: ‚Flow‘ bedeutet das Zusammenspiel von Motivation und Hingabe, Entspannung und Potenzial in Arbeit, Sport, Kunst und Existenz.⁷

In vielen Kulturen hat er kreative Prozesse untersucht und sie bei Künstlern und Forschern wie auch bei Bauern, Chirurgen, Bergsteigern und Arbeitern gefunden. So notwendig also ein anspruchsvolles Problem und Ziel für deren Handeln ist, so wichtig ist es, die Tätigkeit, das Tätigsein als autotelisch, als Erkenntnis und Wachstum zu erleben. ‚Flow‘ bedeutet ein optimales Gleichgewicht von Stärken und intrinsischer Motivation, von passenden Projekten und neuen Disziplinen. Die „Positive Psychologie“, entstanden auf der Basis des „Optimalen Erlebens im Flow“, untersucht produktive Momente der Lebensspanne und Biografien, statt Verluste und Defizite.⁸ Flow beschrieb zunächst den Mikrokosmos von kreativen Persönlichkeiten, wie die malenden Künstler aus der frühen Dissertation von Csikszentmihalyi. Dies ließ sich aber auch projizieren auf die Gesellschaft und Kultur im Ganzen, in Wechselwirkung zwischen Genen und Memen, Technologie und Medium.

Auditives Gestalten in und für Medien entsteht – idealerweise – im Zusammenfluss von Bild, Text und Form; als digitale Alchimie von Mensch, Maschine und Workflow; im Netz von Sensibilität und Umwelt, Kommunikation, Handwerk und Ästhetik. Die Fantasie des Ohrs aber liegt noch tiefer, im schöpferisch Handelnden selbst und seinen Methoden des Hörens (nach Jan Reichow, dem langjährigen WDR-Redakteur Musikkulturen). Es bedeutet im Medium immer das Herstellen von Unikaten, von eigenen Ideen zu Realisation, Rezeption, Resonanz. Studios, Akteure und Methoden werden zu einem medialen Konstruktivismus.⁹ So ist Produktion nie nur Technik oder Werkzeug, sie beeinflusst Erkenntnis und Verstehen wie in audiovisueller Ethnologie oder „Didaktisches AudioDesign“.¹⁰

Diese Konstellation prägt besonders die Radiokunst, weil sie als Kultur im öffentlich-rechtlichen Rundfunk einzigartig organisiert ist. Als Handwerk und Medium ohne äußere Bilder gibt sie Impulse auch an die neuen Medien und empfangen sie von dort. Beispiel ist die klassische Arbeit mit Kunstkopf im Hörspiel, die sich in den Ohr-Knöpfen der heutigen Generation SmART-Phone und binauralen Programmprojekten von 1Live u. a. erfolgreich verbindet. Ähnlich konnten wir im öffentlich-rechtlichen Radio und TV auch die für das Kino entdeckte

4 Werner, Hans-Ulrich: Steps towards an A/R/Tography of Sound in Media. Forschung im Fokus, Offenburg 2015

5 Stroh, Wolfgang Martin: Zur Psychologie musikalischer Tätigkeit; Stuttgart 1984

6 Eder, Johanna: Interdisziplinarität in den Kunstwissenschaften als transformatorisches Prinzip. In: Reiche, Ruth, u.a. (Hg.): Transformation in den Künsten. Bielefeld 2011: 149-170

7 Csikszentmihalyi, Mihaly: Kreativität. Stuttgart 1996; sowie Interviews 2004 und 2008

8 Auhagen, Ann Elisabeth (Hrsg.): Positive Psychologie. Weinheim 2004

9 Siebert, Horst: Pädagogischer Konstruktivismus, Weinheim 2005:85ff

10 Steven Feld (Ed.): Cine-Ethnography, New York 2000; Ruby, Jay: Picturing Culture. Chicago 2000

11 Werner, Hans-Ulrich: SoundScapeDesign. Akroama, Basel 1997

12 Flückiger, Barbara: Sound Design: Die virtuelle Klangwelt des Films. Marburg 2001

13 Vgl. Cole, Ardra L., Knowles J. Gary (Eds.): Handbook of the Arts in Qualitative Research. Thousand Oaks 2008

14 Strauss, Anselm, Grundfragen qualitativer Sozialforschung, München 1994:13

15 Ackermann, Max: Die Kultur des Hörens. Hans Falkenberg Verlag 2003

16 Volmar, Axel; Schröter, Jens (Hg.): Auditive Medienkulturen. Bielefeld 2013

17 Latour Bruno: Eine neue Soziologie für eine neue Gesellschaft. Frankfurt 2010

18 Ihnken, Detlev: Das Studio als Labor der Emotionen. Diss. Uni Tübingen 1998

19 Sullivan, Graeme: Art Practice as research. Thousand Oaks 2010:156

Innovation des Sound Design der 80er und 90er Jahren schon früh in die eigenen Arbeiten übertragen.¹¹ So ist auch die Film-Dissertation der Züricher Autorin Barbara Flückiger, ein Star der Diskurse zum Sound im Kino, vernetzt mit Psychologie, Linguistik und Technik, als Theoretiker aber erlebt mit dem „Point of Audition“ einer Tonmeisterin für 30 europäische, internationale Spielfilme.¹² Solche polyvalenten Arbeiten sind Vorbild für das künstlerische Forschen in Musik und Klang, denn sie entgehen dem Dilemma nur theoretischer Medien- und Kulturwissenschaft, die als Diskurs-Montage brillant bis in Fußspitzen und Fußnoten ist, ohne die Praxis zu erleben. Auto-ethnografische Reflexion über die eigene und die Produktion anderer unterscheidet sich von theoretischer Praxeologie, die am Diskurs und aus Distanz analysiert, oft nach Eintritt eines Werks in die Realität. Künstlerisch Forschen begegnet Gestalten direkt, erlebt die Produktion und Interaktion, die Studios und den Alltag, ergänzt durch Motive qualitativer Sozialforschung und ästhetischer Disziplinen.¹³

Dabei entstehen Übergänge, wo, wie Sozialforscher Anselm Strauss sagt: „Das Handeln des Wissenschaftlers in die Nähe künstlerischen Handelns rückt.“¹⁴

Mit der traditionsreichen ältesten Medienforschungsreihe – „MuK“ – Medien und Kommunikation von der Universität Siegen erprobe ich Formen der Analyse und „Mikrotheorien“ dazu, wie sich Klänge entfalten, beschreiben und bearbeiten lassen. Als Akteur befrage ich Praktiker, die als Wissenschafts-Künstler-Vermittler arbeiten, oft ohne sich so zu nennen. Zunehmend begegnet auch Grundlagenforschung dem Akustischen wie Ackermanns Dissertation „Kultur des Hörens“¹⁵ und in der Siegener Tagung Auditive Medienkulturen von 2010.¹⁶ Derartige Reflexion von Klang als Theorem wirkt auch mit Potenzial auf das Gestalten und die Gestalter selbst. Im Dreiklang von Content und Ästhetik, Kommunikation und Organisation, Technologie und Akteure lässt sich dies in jedem Studio und im Klang anwenden. In Diagonalen und Dialogen treffen sich dabei die Materialität des Klangs mit seiner Medialität; die Zeitlichkeit mit Mediation (nach Debray), klangliche Raum mit Kultur und Mediamorphose (nach Alfred Smudits).

Die allgemeine These lautet dabei, dass in jeder Produktion der Medienkontext mitschwingt und nicht nur primär von Ideen, sondern auch durch Materialität, kreativen Codes und den neuen Technologien bestimmt ist. Das Projekt integrativer Produktionsforschung bei Paul Klimsa an der Universität Ilmenau betrachtet Workflows als Ganzes: von Idee und

Plan zu Thema und Form, im ZeitDesign und Workflow, als Lösung und Produkt, vom Netzwerk der Technologie zum Werknetz der Akteure (Bruno Latour).¹⁷ Wirksam wird dies am Beispiel der Studios als Orte praktischer Medienkultur oder wie der Hörspielregisseur Detlev Ihnken in seiner Dissertation schreibt, im „Labor der Emotionen“.¹⁸ Vorbildlich geschah dies mit dem Studio Akustische Kunst, wo Petra Maria Meyer forschend bei Hörwerken mitwirkte, sie beobachten, ethnografieren, analysieren und durch Interpretation auch in der Wahrnehmung verändern konnte. Es ist der Idealfall für die Kreativität, wenn sie gleichzeitig, gleichräumlich mit Analyse und Reflexion zusammenklingt.

Ähnlich betrachtet auch Graeme Sullivan, renommierter Autor, Lehrer und Künstler in New York, die freie Eigenständigkeit akademischer Kunstproduktion. Er stellt in komplexen Diagrammen kreatives Schaffen in den Mittelpunkt, umgeben von reichen interpretativen, empirischen und kritischen Ansätzen: „The image of the artist as creator, critic, theorist, teacher, activist, and archivist partly capture the range of art practice today“.¹⁹

Sein Entwurf der Arbeitsprozesse wirkt dabei nicht völlig anders als bei empirischen oder geisteswissenschaftlichen Projekten. Konzept, Fragestellung, Workflows, Positionen, Desiderate und Methoden spielen die zentrale Rolle. Oft wird von Sullivan das ‚Rigore und Robuste‘ als Qualität eingefordert, ein Anspruch, der mit den anderen Wissenschaften Schritt halten soll. Aber vor allem hat sich positiv die Vielfalt an Zugängen erweitert. Das Interdisziplinäre eines mehrfachen Blicks zwischen Kunst und Wissenschaft erzeugt ein Drittes, neue Themen, andere Orte und Medien, eine auch seltene freie Kombinatorik von Prozessen und Methoden. Wie bei Anselm Strauss in der Soziologie aus Chicago und seinen Memoranden ist das Führen des „Reflective Journals“ sehr wichtig, als dynamisches Spiegelbild künstlerischen, forschenden und vermittelnden Tuns. Auf das Handeln kommt es eben an, auf das Forschen in Musik und Klang.

Qualitative Wissenschaft, künstlerisches Forschen und forschendes Lernen verbindet Erkenntnis aus Praxis und Erfahrung. In der Autoethnografie der eigenen Werkstatt des Hörens wie der Kultur in Studios anderer, wird die noch neue Interdisziplin Sound (Studies) erprobt und vertieft, mit Impulsen für die Praxis und Theorie, von der noch wenig bekannt A/R/Tografie heute hin zu einer künftigen A/R/Tophonie, dem künstlerischen Forschen in der Musik ebenso wie durch Klang-Komposition, Radio-Kunst und visuelle Musik.

„Making Art Together“

Howard S Becker, Jazzmusiker, Soziologe, Hochschullehrer
in einem virtuellen Dialog mit dem Klang-Anthropologen Steven Feld

Prof. Dr. Hans U. Werner

Howard S Becker ist ein klassischer A/R/Tograph, der sich in den drei und mehr Rollen als Künstler und Jazzmusiker, als Forscher und Soziologe und als Vermittler mit Professuren an vielen Universitäten entwickelt hat. Seine Offenheit in den Themen, das Know-how in der Methodik und die Begeisterung für Musik und ihre Praxis prägen seine Art Worlds von Kindheit an. In der Gegenüberstellung mit dem Klanganthropologen Steven Feld zeigt sich, wie sich dialogische Prozesse auf Inhalte, Fragen und Ergebnisse auswirken.

Howard S Becker is a classical A/R/Tograph, without using the name. He works in three roles as artist, researcher and teacher, playing jazz, understanding societies and teaching students and the public about their interactions. His open mind in the themes, his methodical knowhow and the enthusiasm for improvisation form his art worlds from childhood on, until today becoming a model for making art and art sciences together.

Auch wenn sich Howard S Becker und Steven Feld für die folgende Montage nicht persönlich getroffen haben, so ist es doch wertvoll, ihre Arbeit zu vergleichen. Die ethnophonische Fallstudie von Steven Feld wird zum Ort für „Künstlerisches Forschen in der Musik“; verbunden mit Komposition, RadioKunst, und AudioVision. Die noch neue Disziplin der Klang-Anthropologie erkundet unser Eigenbild und führt im Dialog mit FREMDEM zu uns selbst zurück. Und es macht die Verschiedenheit des ANDEREN umso bewusster, je mehr wir zu verstehen glauben. Steven Feld hat dieses Muster mit eigenen Formen des Hörens kombiniert und ein Leben lang kultiviert als Mischung „experimenteller Ethnographie und musikalischer Struktur“, begleitet von seiner Methodik des „Dialogic Editing“, des Aushandelns von Erfahrung vor Ort und zwischen den Menschen aus verschiedenen Kulturen.

Wer in Chicago zur Welt kommt, hört als Erstes das schrille Geräusch der Hochbahn. Der hundertjährige EL-Train ist ein effektiver Anachronismus für die Stadt am See, verbindet ihre Schichten und Kulturen. Hier begann das Forschen für Howard S. Becker schon mit zehn, elf Jahren, als er und seine Freunde sich kreuz und quer durch die Nachbarschaften bewegten und auch von oben, wie im Flug, Einblick erhielten. Heute ist Becker Soziologe, Hochschullehrer, Jazzmusiker, Fotograf, Schriftsteller, freier Wissenschaftler und Künstler. Die Schule und das Studium der Soziologie finanzierte er sich am Jazz-Piano oft als Künstler und Forscher in einer Person. Die Leiden-

schaft für das Beobachten und Improvisieren als Jazzmusiker hat ihn als Metapher zur Etikettierungs-Theorie geführt, in Studien über Außenseiter, die von der Gesellschaft gemacht werden.²⁰ Die Jazzmusiker und auch er selbst spielen dabei die zentrale Rolle. Bis in heutige Publikationen bilden Musik, das Spielen und Reflexion ein Epizentrum.²¹

Feld ist der renommierteste Ethnograf der Soundscape-Bewegung um den Komponisten Murray Schafer. Seine Doktorarbeit führte ihn 1978 zu den Kaluli in Papua Neuguinea, die ihr eigenes Welthören haben. Vor allem sind Vogelstimmen für sie nicht Biophonie, Naturklang, sondern Symbol und Stimme des Stammes. „Für dich sind es Vögel, für uns sind es die Stimmen unserer Vorfahren aus dem Regenwald“, so Yubi, der Waldführer. Klang und Kommunikation bei Jagd und Arbeit im dunklen, aber hellhörigen Regenwald oder Gesang „zum, am und über das Wasser“ sind zentrale Motive ihrer Welt. Feld hat dieses sich „Im-Klang- Aufheben und Wiederfinden“ mit Text, Ton und Bild als „dichte Beschreibung“ aufgezeichnet, komponiert und in der Wissenschaft diskutiert. Dabei befragt er „seinen Stamm“ nicht für die Karriere an einer Universität. Er nähert sich den Kaluli im „Dialogic Editing“,²² als gemeinsame Weltsicht, Teilnahme, Teilhabe, Teilsein in der Klanglandschaft wie im Hörprozess selbst, beim Forscher und mit den Menschen vor Ort. So hat er drei Generationen auf dem Weg zwischen Tradition und Moderne begleitet. Er nutzt dafür den Ausdruck „Acoustemology, im Klang als Erkenntnisfeld“: „Sound

20 Howard S. Becker, Außenseiter. Zur Soziologie abweichenden Verhaltens, Frankfurt: Fischer, 1981

21 Robert R. Faulkner and Howard S. Becker, Do You Know . . . ? The Jazz Repertoire in Action, Chicago, University of Chicago Press, 2009

22 Feld, Steven: Dialogic Editing. Cultural Anthropology 2(2):190-210. 1987

23 Howard S. Becker, Die Kunst des professionellen Schreibens, Frankfurt: Campus, 1994.

24 Howard S. Becker, Art Worlds, Berkeley: University of California Press, 1982, 229.

25 Feld, Steven: Jazz Cosmopolitanism in Accra. Five Musical Years in Ghana. Duke University 2012

26 Lane, Cathy; Carlyle, Angus: In the Field. The Art of Field Recording. Axminster 2013



as a way of knowing the world.“ Viele der Klangrituale sind heute nicht mehr existent; die Politik verdrängt, so der Forscher, Klangökologie als Kulturökologie zugunsten wirtschaftlicher Interessen.

Das Buch „ArtWorlds“ ist sein bekanntester und wichtigster Text, weil er Musik, Oper, Fotografie, Architektur, Malerei, Volkskunst und Experimente durch Tätigkeit und Kooperation deutet. Für Becker kommt das Neue, das Werk eher sekundär durch das Genie des Künstlers oder als Ästhetik in die Welt. Sein Bild von der Kunst und den Produzenten entsteht pragmatisch, in den Workflows von Handwerkern, Erfindern, Schauspielern, Klavierstimmern, Bühnenarbeitern oder Galeristen. So konturiert er eine Welt aus Praxis und Praktiken, die sich am Ende in Modell oder Theorem verwandelt – vielleicht. Autoritäre Abstraktion vermeidet er. Sein Freund Bruno Latour meint, Beckers Theorie sei es, keine Theorie vorab zu haben. Auch das Schreiben übt er nicht nur als Beruf aus, sondern auch als Selbst-Reflexion und mit Studierenden.²³ Beckers Kunstwelten sind soziale Welten, von Menschen, Tätigkeit und Technologie geprägt: „Integrated professionals have the technical abilities, social skills and conceptual apparatus necessary to make it easy to make art.“²⁴

Feld ist als Wissenschaftler immer auch Künstler, Musiker und Medienmacher. Er steht fest in der westlichen und in der jeweils ANDEREN Kultur. Seine Lebensbewegung ist eine stete Hörreise dazwischen. In aktuellen Studien hat Feld mit improvisatorischer Praxis neue Musikkulturen in Afrika erkundet. In den letzten Jahren war er oft für Monate bei Musikern in Accra, der Hauptstadt Ghanas, im Schnittpunkt

panafrikanischer Kultur. Feld hat dies auf DVDs „Jazz Cosmopolitanism in Accra – 5 musical years in Ghana“²⁵ dokumentiert und multimedial produziert, immer zugleich als Sound, Fotografie, Studioarbeit und in Gesprächen. In der Hemdtasche des Ethnologen lief ein Recording Pen, das Mikrofon in Stifform, im Einverständnis der Beteiligten. So wächst Forschen und Dokumentieren nicht aus Büchern oder Archiven, sondern am Ort von Dialog, on the road, mitten in musikalischer Aktivität. Steven Feld ist in mehrfacher Perspektive tätig, als Dokumentarist und Wissenschaftler „in the field.“²⁶

Howard S Becker und seine Frau, die Fotografin Dianne Hagaman, leben in San Francisco und verbringen jährlich mehrere Monate in Frankreich. Seine Texte werden in Frankreich intensiv gelesen und diskutiert, in Symposien beachtet und als Interviews zu seiner Arbeit transkribiert. Derzeit wird beim AVINUS Verlag in Berlin endlich die deutsche Fassung der „Art Worlds“ vorbereitet, auch im Kontext der wenig bekannten Mediologie aus Frankreich. Inzwischen ist Becker zum Thema von Biografie und Analyse geworden. Die Kunstsoziologin Dagmar Danko hat seine Bedeutung unter anderem durch ihren Aufenthalt am Freiburger Institut für Advanced Studies (FRIAS) reflektiert. Sie ist aktiv in den Arbeitskreisen einer jüngeren, sich reich artikulierenden Kunstsoziologie. Als Autorin hat sie Beckers Werk und Wirken an verschiedenen Universitäten, in ganz anderen Kulturen wie in Brasilien und seinen unzähligen Studien verdichtet. Sie betont dabei, dass gerade die Künste starke Wirkung auf die Soziologie im Ganzen entfalten, wie es die Forscherin Nathalie Heinich im Zitat ausdrückt: „Kunst ermöglicht es, mehr als jeder andere

Gegenstand, einige Einstellungen, Routinen, Denkgewohnheiten, die in der soziologischen Tradition verankert sind – oder zumindest in einer bestimmten Art diese Disziplin zu praktizieren –, zu überdenken und manchmal auch aufzugeben oder umzustürzen.“

Steven Feld wirkt als Klangkünstler und sucht mit afrikanischen Kollegen nach Echos von John Coltrane in den Ritualen Afrikas. Durch Zufall trifft er auf Nii Noi Nortey, den Instrumentenbauer und Skulpturenmacher, der Spuren von des Jazz mit seinen Traditionen verbindet – oft im Klang der selbst gebauten Afriphones. Zusammen mit dem Percussionisten Nii Otoo Annan, dessen Idole die Drummer Elvin Jones und Rashied Ali sind, wachsen interkulturelle Kompositionen. Steven Feld lernt afrikanische Instrumente und bildet mit beiden Musikern ein Trio. Das Team produziert CDs und öffnet sich Klangkulturen im Alltag. Dazu gehören die Konzerte und Begräbnisrituale der Lastwagenfahrer, die ihren Jazz, „Por Por“ mit alten Lkw-Hörnern und Hupen der 50er Jahre komponieren. Jedes Instrument hat seine eigene Signatur. Solche Produktionen sind immer auch Stationen des Forschens, Teil der noch neuen Disziplin Sound Anthropologie, die Steven Feld sein Leben lang gestaltet. Sie bedeuten für ihn „Ways of Knowing“ die eigene Umwelt durch Sound und Hören verstehen.

Solches Erleben und Begegnen vertiefte sich Ende September 2015 in Wien beim fünfzigjährigen Jubiläum des von Blaukopf gegründeten Instituts für Musiksoziologie. Drei solcher Institute gibt es weltweit. In Wien, an der größten Musikuniversität der Welt, existiert ein besonderes Profil. Das beginnt durch den Pionier Kurt Blaukopf mit Themen und Grundfeilern der neuen Disziplin. Das Wiener Team entfaltet seine Stimmen zur Soziologie der Musik oft mit dem Begriff der Mediamorphose, ähnlich wie das McLuhan, Flusser, in der Mediologie und auch im künstlerischen Forschen thematisiert wird. Es ist eine reiche Erfahrung, dies zu erleben und für einen Moment Teil einer vitalen Kultur zwischen den Disziplinen zu werden. Dagmar Danko hat durch ihr aktuelles Buch „Zur Aktualität von Howard S. Becker. Einleitung in sein Werk“ (2015)²⁷ viel dazu beigetragen. Hier wird der Künstler-Forscher im deutschen Sprachraum bis in Details seiner Ideen und auch als Spiegel der Chicagoer Soziologie verständlich. Es vernetzen sich wechselreiche Biografie, Kulturen und Arbeitsfelder im Dialog: „Vor allem aber geht es um das Handeln des Einzelnen im Zusammenspiel mit anderen,

um Momente der Improvisation und Interpretation, der Koordination und Kooperation.“

Felds Motiv vom dialogischen Bearbeiten gemeinsamer Erkenntnis bleibt auch in Accra und Afrika lebendig. Ideen, Texte, Töne, Bilder und Filmpassagen werden gemeinsam mit Musikern gesehen und gedeutet – re-membering heißt auch, wieder Mitglied des dort Dargestellten zu werden. So viel Lebendigkeit ist mit Text allein kaum zu beschreiben. Die multisensorische Annäherung macht die Arbeiten des Ethnologen erfahrungsreicher. Steven Feld ist ein A/R/T/ograph der Klänge, mit Art, Research, Teaching und Transmission in Synthese: „Erstens weil es Spaß macht, dann weil es ein kreatives Spiel mit Sprache ist und wieder neuen Dialog hervorbringt, so wie KLANGUAGE, Klang als Sprache und Sprache der Klänge. Und schließlich, weil es uns daran erinnert, dass unser Forschen und Handeln eine Poesie hat. Es ist Wissenschaft, Kunst und Technologie.“²⁸

Im Vortrag in Wien zum fünfzigsten Geburtstag der Musiksoziologie betont Becker, am ethnografischen Beispiel und benachbart zu Christian Kaden aus Ostberlin, dass Verstehen anderer Hörkulturen eigene Musikkompetenz voraussetzt. Die Analyse von Klangdokumenten aus der Distanz ersetzt nicht Begegnung und Dialog, was etwa beim Sound-Anthropologen Steven Feld seit Jahrzehnten deutlich ist. „Kunstsoziologie“ steht im Zentrum in Beckers Arbeit, weil er in Artikeln und künstlerischen Präsentationen viele Passagen seines Buchs „Art Worlds“ vorweg genommen hat und neu reflektiert. Ich nehme ihn mit seiner Offenheit als Polyästheten wahr, ein Begriff, der am Mozarteum noch gepflegten Kultur intermedial-künstlerischer Produktion, ähnlich seiner eigenen. Dagmar Danko betont, dass „Art Worlds“ für heutige Forscher wie Tia De Nora und Antoine Hennion ein Wendepunkt ist. Hennion bestätigt das am Beispiel von Beckers Dialektik zwischen einfacher These und komplexen Wirkungen. Dagmar Danko hat in ihrem Text eine lakonisch-bescheidene Gestalt modelliert, die vor dem Hintergrund der Soziologien, „from Chicago into the World“, klar erkennbar ist. Howard S. Becker schätzt solche interdisziplinäre Begegnung, in positiver Atmosphäre und mit der nächsten Generation auf dem Weg in neue Forschungsfragen. Wie gut passt es, wenn er nebenbei über die Familie seiner Tochter in San Franzisko erzählt, denn dort ist auch die fünfte Generation angekommen, und darauf war er in Wien besonders stolz.

AUTOR

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



²⁷ Dagmar Danko, Zur Aktualität von Howard S. Becker. Einleitung in sein Werk, Heidelberg: Springer, 2015

²⁸ Feld, Steven: Sound and Sentiment. Birds, Weeping, Poetics, and Song in Kaluli Expression. 3rd Edition. Duke University Press 2012

Usability-Test einer internen Anwendungssoftware

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

Das Labor Medienforschung der Hochschule Offenburg führt in Kooperation mit der MARKANT Handels und Service GmbH ein Usability-Testing einer internen Anwendungssoftware des Unternehmens durch. Zur Zielerreichung wird ein Methoden-Mix auf Basis von Eyetracking in Kombination mit der Think-Aloud-Methode und einer qualitativen Nachbefragung der Testpersonen eingesetzt. Dieser Beitrag stellt die wesentlichen Ergebnisse der Untersuchung vor.

The laboratory of media research examines the usability of an internal software application provided by the MARKANT Handels und Service GmbH. Therefore, a mixed-method-design is used, which is based on eyetracking in combination with thinking aloud and qualitative interviews. This paper documents the results of the investigation.

Einführung

Im aktuellen Zeitalter der Digitalisierung ist der Anspruch an optimierte und visuell ansprechend gestaltete Benutzeroberflächen durch den alltäglichen Umgang mit internetfähigen Endgeräten stark gestiegen. Diese Erwartungshaltung nehmen Arbeitnehmende mit an den Arbeitsplatz. Hier werden sie jedoch oft mit veralteter Software konfrontiert. So beschäftigt sich die Wissenschaft der Ergonomie mit der Erforschung der Beziehungen, die der Mensch zur Arbeit, den Arbeitsmitteln und der Umgebung hegt [1]. Demnach sollen die zeitliche sowie räumliche Optimierung von Arbeitsbedingungen und Arbeitsabläufen die Benutzerfreundlichkeit und dadurch die Endergebnisse der Arbeit fördern. Da immer mehr Arbeitsschritte mit der Unterstützung eines Computers erledigt werden, hat sich für die Interaktion zwischen Mensch und Maschine eine eigene Forschungsnische entwickelt, die Software-Ergonomie. Mit dem Ziel, die Effektivität, Effizienz und Zufriedenheit zu steigern, verbindet die Software-Ergonomie wichtige Erkenntnisse aus den Fachgebieten Psychologie, Arbeitswissenschaften, Informatik und Pädagogik [2].

Problemstellung

Die zu untersuchende Software, die den Namen „Anwendungslandkarte“ trägt, wird innerhalb der MARKANT Handels und Service GmbH als zentrale Quelle für alle IT-relevanten Informationen genutzt. Das historisch gewach-

sene Modul IT-Kostenverwaltung wurde innerhalb der letzten Jahre stetig weiterentwickelt. Dabei lag der Fokus auf der Entwicklung der technischen Infrastruktur. Die Oberflächengestaltung sowie eine gezielte Benutzerführung wurden hingegen vernachlässigt. Die Nutzung des Systems findet jährlich in einem begrenzten Zeitraum statt. Deshalb ist eine intuitive und auf die jeweiligen Aufgaben des Planenden ausgerichtete Benutzerführung eine erhebliche Arbeitserleichterung.

Eine ungenügende Benutzerführung sowie die ungünstige Darstellung von Daten erschweren hingegen das Erfassen der Informationen. Ferner ist umfassendes Prozesswissen erforderlich, um die unterschiedlichen Dialoge zur Planung von Investitionen und Sachkosten fehlerfrei durchlaufen zu können. Usability-Testing mittels Eyetracking ist ein passendes und zielführendes Instrument, um Optimierungspotenziale bei der Interaktion zwischen Mensch und Maschine zu visualisieren, auszuwerten und zu interpretieren. Ziel der Untersuchung ist es, Lösungsansätze aufzuzeigen, um die Bedienung der IT-Kostenverwaltung effizient auszugestalten. Lassen sich die Planungsdaten ohne hohen Aufwand schnell und problemlos erfassen, ist dies eine erhebliche Zeitersparnis bei der Planung. Dies trägt zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit des Unternehmens bei. Zeitgleich soll die Nutzerzufriedenheit durch eine verbesserte Usability erhöht werden.

Untersuchung

Zur Erreichung des Untersuchungsziels werden Eyetracking, die Think-Aloud-Methode und eine qualitative Nachbefragung der Testpersonen eingesetzt. Der gewählte Methoden-Mix liefert die notwendigen Informationen, um fundierte Rückschlüsse zu ziehen, die als Grundlage für konkrete Lösungsvorschläge hinsichtlich der beschriebenen Problemstellung dienen.

Das Eyetracking gibt dabei Einblick in die visuellen Aufmerksamkeitsschwerpunkte der Testpersonen. Ergänzend zum Eyetracking wird eine leitfadengestützte qualitative Nachbefragung der Testpersonen durchgeführt. Als zusätzliche Stütze dient die Think-Aloud-Methode, bei der die Probanden bereits während der Eyetracking-Untersuchung den Forschenden ihre Gedanken laut mitteilen. Durch diese ergänzenden Forschungsmethoden können die erhobenen Eyetracking-Daten zielgerichtet interpretiert und die Ergebnisse der Blickverlaufsanalyse gefestigt werden.

Als Probanden stehen Angestellte des Unternehmens zur Verfügung, um ausgewählte Aufgaben am zu testenden System zu bearbeiten. Insgesamt nehmen fünf Testpersonen an der Untersuchung teil. Bereits diese geringe Anzahl reicht nach Nielsen (2012) aus, um im idealen Kosten-Nutzen-Verhältnis die meisten Usability-Probleme aufzudecken. Eine Erhöhung der Teilnehmerzahl steigert den Nutzen hingegen nur leicht. Demnach erlaubt es der qualitative Ansatz der Studie, auch mit kleinem Budget das Thema der Usability bei interner Anwendungssoftware aufzugreifen und bevorzugt iterativ zu arbeiten [3].

Die Aufgaben, die den fünf Testpersonen gestellt werden, beinhalten das Erledigen von typischen Arbeiten am System. Durch einen gleichbleibenden Versuchsablauf wird die Reliabilität der Studienergebnisse gesichert. Die Aufgaben werden in Form von Use Cases gestellt. Der Fokus der Aufgaben liegt dabei jedoch weniger auf dem Workflow, sondern auf der Überprüfung der einzelnen Erfassungsdialoge.

Ergebnisse

Die Unübersichtlichkeit der Dialoge wird besonders anhand des Scanpfads in Abbildung 1 deutlich. Dieser stellt den Blickverlauf des Probanden dar, wobei die Dauer einer Fixation durch die Größe des Kreises gekennzeichnet ist. Es ist deutlich zu sehen, dass sich die Testperson bei der Suche nach dem richtigen Eingabefeld stark auf die verschiedenen Reiter der Detailansicht im unteren Bereich konzentriert. Als Ursache hierfür ist die vorangegangene Aktion zu nennen, bei der eine neue Position angelegt wurde. Dabei ändert sich die Darstellung in der Detailansicht, wodurch der Fokus des Probanden automatisch nach unten gelenkt wird. Die Eingabe muss jedoch in der Übersichtstabelle getätigt werden. Abbildung 2 spiegelt somit den Idealfall wider. Hier findet der Proband auf Anhieb das richtige Eingabefeld innerhalb der Tabelle, um nach der Aufgabenstellung den entsprechenden Projektnamen einzutragen.

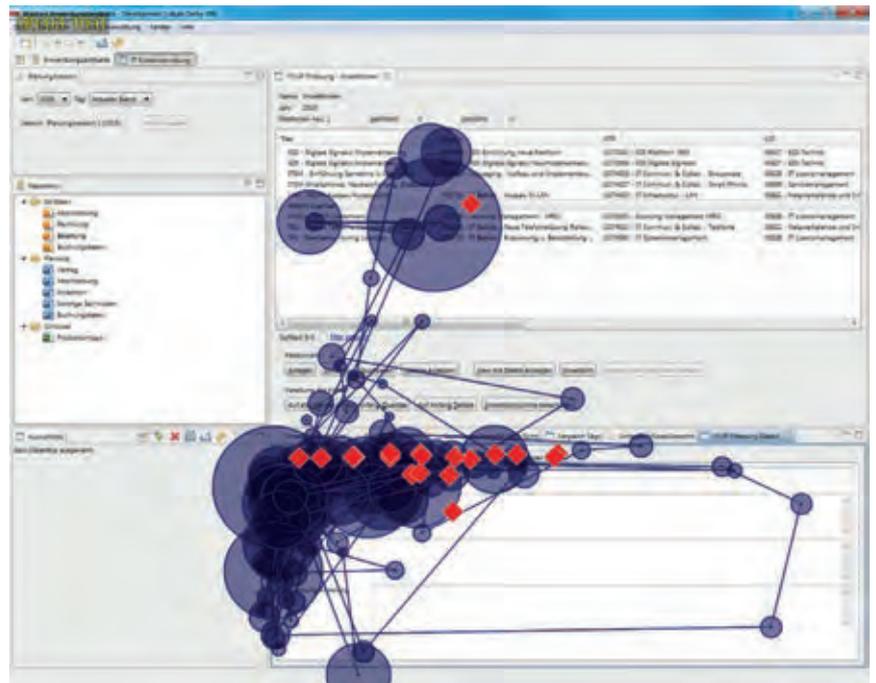


Abb. 1: Scanpfad der Suche nach dem Projekteingabefeld (Proband 2)

Diese und weitere aus der Eyetracking-Untersuchung resultierenden Anforderungen der Nutzenden werden in einem Interaktionskonzept dokumentiert und umgesetzt. In iterativer Arbeitsweise werden die ergonomischen Dialogkriterien in die Oberflächengestaltung einbezogen. Das finale Ergebnis der Studie, auf das im Folgenden eingegangen wird, soll den Mitarbeitenden des Unternehmens die Arbeit am Planungsprozess erleichtern und sie in optimaler Weise dabei unterstützen. Damit dies möglich ist, müssen einige grundlegende Änderungen an der Software vorgenommen werden.

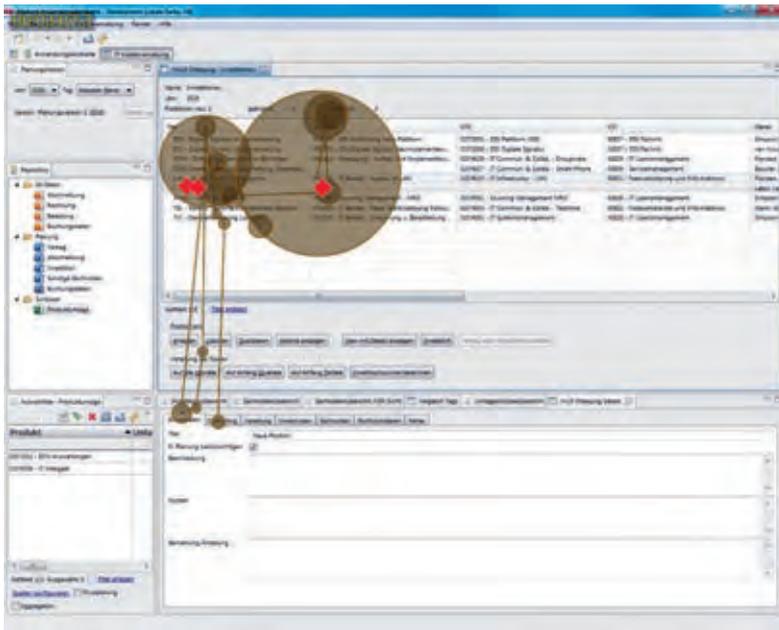


Abb. 2: Scanpfad der Suche nach dem Projekteingabefeld (Proband 4)

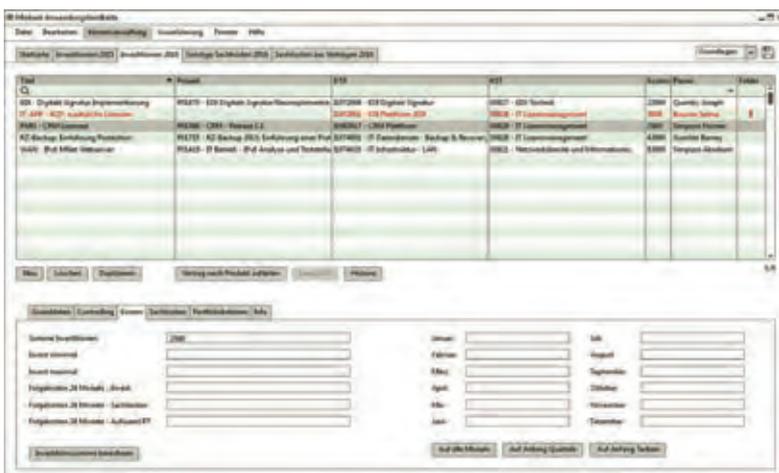


Abb. 3: Wireframe der überarbeiteten Investitionsplanung

Hierbei wird zunächst zwischen dem Erfassen und dem Wiedergeben der Daten unterschieden. Beim Prozess der Kostenplanung steht das Eintragen von Daten im Vordergrund. Deshalb sind Editoren, die der Wiedergabe dienen, im neu erstellten Wireframe, das durch Abbildung 3 veranschaulicht wird, nicht zu sehen. Die einheitliche Darstellung aller Erfassungsdialoge stellt sicher, dass Planende im Arbeitsfluss nicht unterbrochen werden. Deshalb sind Übersichtstabellen immer im oberen Bereich, Detailansichten im unteren Bereich positioniert. Damit die Tabellendarstellung übersichtlich bleibt und die wichtigsten Daten auf einen Blick zu sehen sind, werden einige Inhalte der Tabelle nur in der Detailansicht angezeigt. Dadurch wird unhandliches horizontales Scrollen vermieden. Des Weiteren weist die Tabelle optimierte Filtermöglichkeiten sowie dynamisch angezeigte Auswahlmöglichkeiten auf, um den Benutzenden bei der Eingabe zu unterstützen. Eingabefelder, deren Inhalte nicht mehr benötigt werden, können entfernt werden. Durch die überarbeitete Darstellung der Buttons ist jederzeit ersichtlich, welche Aktionen zur Verfügung stehen und welche deaktiviert sind. Des Weiteren befinden sich die Schaltflächen in unmittelbarer Nähe zu den entsprechenden Formularfeldern. Der Einstieg in die Planung findet nicht wie bisher über die Navigation statt, sondern über eine gesonderte Startseite. Dadurch sind die wichtigsten Aufgaben direkt einseh- und mit nur einem Klick erreichbar. Zusätzliche Funktionen können vom Anwendenden selbst ein- und ausgeblendet werden. Die beschriebenen Änderungsempfehlungen und viele weitere tragen in ihrer Gesamtheit zu einer übersichtlichen, benutzerzentrierten Anwendung bei, mit der die Mitarbeitenden zukünftig effizient arbeiten können.

AUTORINNEN

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



Nadine Schmidt B. Sc.
Absolventin M+I
Fakultät Medien und Informationswesen
nschmidt@stud.hs-offenburg.de



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



Referenzen/References:
[1] Richter, Michael/Flückiger, Markus:
Usability Engineering kompakt - Benutzbare
Produkte gezielt entwickeln, 3. Aufl., Springer-
Verlag, Berlin 2013, S.170
[2] Rudlof, Christiane: Handbuch Software-
Ergonomie - Usability Engineering, 2. Aufl.,
Unfallkasse Post und Telekom, 2006, S.10
[3] Nielsen, Jakob: How Many Test Users in a
Usability Study?, [http://www.nngroup.com/
articles/how-many-test-users/](http://www.nngroup.com/articles/how-many-test-users/), 2012

Computation of Aggregates over Decentralized Tree-based Networks

Sai Manoj Marepalli, Prof. Dr.-Ing. Andreas Christ

Der hierarchische Tree-based-Ansatz hat sehr gute Performance bei der Datenaggregation (z. B. SUMME) in verteilten Netzwerken. Nicht trivial ist jedoch Datenaggregation bei hohen Knoten-Ausfallwahrscheinlichkeiten (Sensornetze etc.) und ohne zentralen Server auszuführen. Techniken zur Sensitivitätsreduktion großskaliger Tree-based-Aggregationsnetzwerke und zur verbesserten Robustheit sind: 1. Globale Wahrscheinlichkeit des Einbezugs eines Knotens und 2. Fähigkeit, ausfallende Knoten zu tolerieren.

Distributed data aggregation functions such as COUNT, MAX, SUM and AVERAGE can be implemented in three different paradigms like gossip, hierarchical and hybrid approaches. The hierarchical (tree) based approaches show better performance when compared with other approaches. However, the problem of executing aggregation functions over the highly failure prone (a.k.a. churn) distributed networks (sensor networks, physical networks of routers, overlay networks, etc.) in which no central servers are directly accessible is a non-trivial task. Numerous techniques have suggested in the literature to offset the effect of churn, but have not been analyzed in particular over tree based in depth. We propose techniques to reduce the sensitivity of the large-scale tree based data aggregation networks and improve the robustness of the aggregation tree. Concretely, our aggregation tree is the first system that: 1) draws global predicate that explicitly specifies any node's probability of inclusion in the global aggregate, as a mathematical function of the node's availability (i.e., percentage of time to online); and 2) probabilistically tolerates large numbers of failure nodes.

Introduction

The growing deployment of large-scale distributed networks, such as sensor, physical networks of routers and overlay networks, etc. presents an interesting opportunity for distributed data measurement and collection. Often nodes in these networks perform local data collection operations, and co-operate to disseminate the data to other decision making nodes. One of the real-world applications in the present context is smart microgrid (SMG) [1]. A SMG is small scale power grid that can operate independently or in conjunction with the areas main electrical grid. It is extensively recognized as one of the most enabling technologies for the smart grid in general. A SMG also refers to a distribution network for electrical energy, starting from electricity generation to its transmission and storage with the ability to respond to dynamic changes in energy co-generation and demand adjustments. However, decentralized frameworks for realizing the complex and resilient monitoring applications in SMG which we believe are still in its very beginning state and it needs to be investigated systematically.

So, we are working on the algorithms to conceptualize the self-organizing network frameworks based on the peer-to-peer (p2p) overlay structures. Our overlay structures are tree based so, the computing nodes in this context are smart meters or intelligent electronic device (IEDs) intend to perform data aggregation algorithms for estimating some of the few essential parameters such as total power 1) production (P) 2) consumption (C) and 3) storage (S) in a SMG environment, at every periodic time epochs. These aggregated values are then reported to the SMG operator so he/she at control station can balance the total power on the electrical networks.

Our parameters for estimating P, C and S are defined as

$$P = \sum_{i=1}^{n_1} p_i, C = \sum_{i=1}^{n_2} c_i, S = \sum_{i=1}^{n_3} s_i$$

Where n_1, n_2 and n_3 are the three global variables which represent total sizes of the smart meters or IEDs, and i represent individual smart meter or IEDs.

However, our focus is on the accuracy and scalability of tree based aggregation techniques in the presence of churn [2]. In a p2p overlay network the dynamic peer participation or churn is an inherent property. Prior studies suggest that properties of churn exhibit 1) large portion of active peers turn over quickly 2) session lengths are fit by Weibull or lognormal distribution 3) past session length is a good predictor of the next session length 4) availability of individual peers exhibits a strong correlation across consecutive days [2] [3]. In the absence of churn, the tree based aggregation schemes are known to excel – small constant factor associated with their $O(\log n)$ performance [4]. Moreover, the performance of aggregation trees in the presence of failures remains largely unexplored due to the long believed stereotype that “trees are fragile and complicated” [5], a few solutions are proposed in the literature to counter the churn in the presence of aggregation trees. Still most of the proposed strategies appear to be modest.

As aforementioned, we are interested on developing resilient strategies in terms of performance and correctness in the presence of churn. In this paper we propose a short algorithm to counter the presence of churn, our model work as follows: as nodes have varying degrees of contribution to the system, one often desires to collect accurate aggregates, so we structure the network nodes such that the nodes 1) while building aggregation trees selects parents (or children) based on the their availability measure, where $av(x)$ is that node’s availability measure which has drawn from a log-normal distribution, 2) restricting choice of parents (or children) based on consistent condition, 3) probabilistic forwarding of child data up to parents at each internal tree node.

The rest of the paper is structured as follows: we define our problem statement and assumptions in section 2, and we describe about the node availability function and global predicate variable in section 3, next we propose our aggregation model in section 4. Finally in section 5 we provide conclusions and future work.

Assumptions and problem statement

1. We assume that the system consist of N nodes that form a network with the help of reliable channels such as p2p overlay logical connections. Nodes communicate by exchanging messages over the channels only. Messages have constant delayed. In addition, nodes can join and leave at any time.
2. Aggregation occurs in rounds, called epochs. At each epoch our algorithm intends to solve monitoring of aggregate values. That is, at any point in time t we have a network of $N(t)$ nodes all of which have a value. Let the set of values at time t be $A(t) = \{a_1(t), \dots, a_{N(t)}(t)\}$. The task is to continuously calculate (monitor) a global function $f(A(t))$. Epochs could be initiated either a) asynchronously, initiated by the root node, or b) periodically, at synchronized times across all nodes.
3. There is a special node that acts as the root of the tree. The root is fixed and guaranteed to remain available with probability 1.0; the tree grows from the root as all the nodes discover their reliable parent nodes based on their availability measure $av(x)$ we discuss in detail about availability measure in the next section.
4. Our node data structure is similar to GAP (generic aggregation protocol) [6], where each node in the network maintains a table that contains an entry for each neighbor and the node itself. Each table entry contains the level in the tree, and classifies the neighbor as parent, child, or peer. The parent of each node is always the neighbor with the minimal level (say, l), and the node’s own level is always $l+1$. A table entry also contains the aggregate value in the subtree rooted in the neighbor. These values are used to calculate the node’s own aggregate.
5. Aggregation process is latency bounded, so that the messages that are sent to the correct node (online) receive messages within a time bounded period.

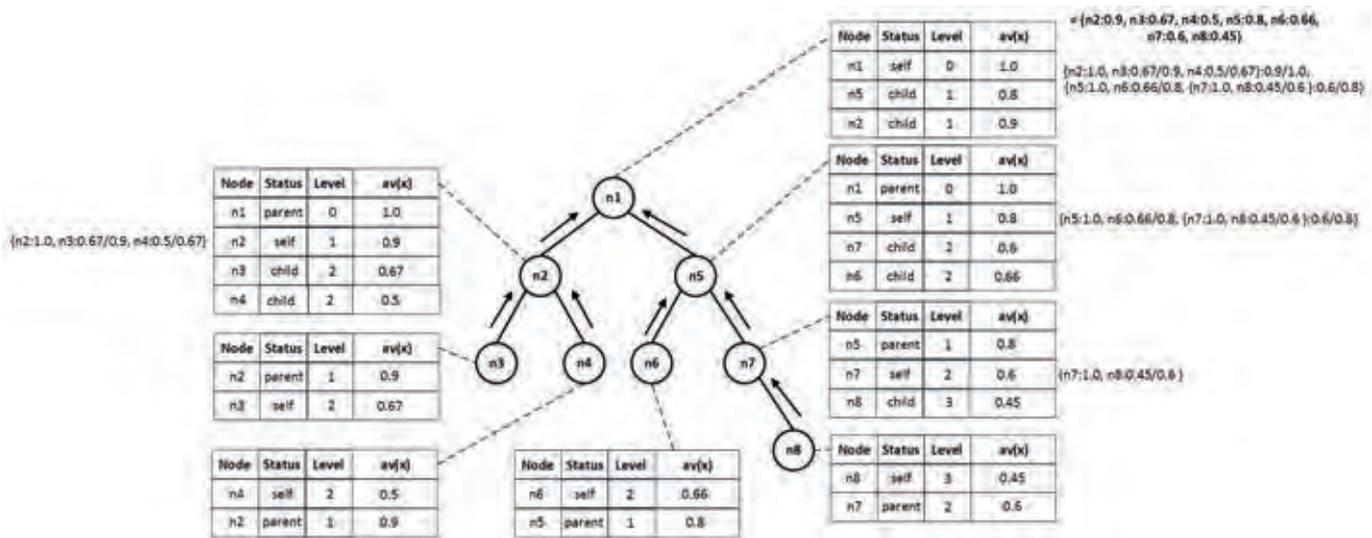


Fig. 1: Example of aggregation tree: $f(av(n^*))$ is shown for each node, and messages should be read as (dataValue: probability), with probabilities multiplicative. Final message at top shows resultant inclusion probabilities for each node in the global aggregate.

Node availability function $av(x)$ was modeled based on statistics for instance, BitTorrent trace as well as known empirical findings [2] drawn the online session length for each node independently from a log-normal probability distribution. The probability density function (PDF) can also be measured and used as a system-wide parameter that would be updated infrequently (e. g., once a month). This measurement can be done by the availability monitoring service.

Node availability function

The desired global predicate that relates a node's x 's availability $av(x)$ to the inclusion probability for its data in an aggregate is denoted by the function $f: [0,1] \rightarrow [0,1]$. We make two assumptions about f : 1) f is monotonically non-decreasing, i.e., if $av(x) > av(y)$ for two nodes x,y then it is true that $f(av(x)) \geq f(av(y))$; 2) $f(1.0)=1.0$, i.e., a node that is always online will desire to have its data appear in all aggregates. For instance, this is true at root node.

The problem we address is then, informally, as follows: given a PDF desired global predicate f , design an aggregation protocol so that for each node x , x 's contributed values appear in a fraction $f(av(x))$ of the global aggregates at the root, calculated only across epochs during which x is online.

We would like to achieve this in un-colaborative setting where nodes may join, leave, rejoin, and silently fail from the system.

Aggregation Model

Our tree's aggregation model is distinctive in terms of being resilient against the churn, where nodes join and leave the network. But in this current section we assume that no node leaves the network. Once the tree stabilizes with all the N nodes, root node then initiates

the process of aggregate function in order to satisfy the global predicate f . The aggregation trees are built so that each node x 's tree parent has an availability $\geq av(x)$. In other words, if a node y is a tree parent of a node x , then it is true $av(y) \geq av(x)$. Notice that any node in the system can find a prospective parent with a higher or equal availability than itself, since in the worst case it can go to the root node which has an availability of 1.0.

Each node x uses the following probabilistic aggregation while passing data up towards the root. If node x is a leaf in the tree, it sends a message to its parent containing its own value. If node x is an internal node, it waits to hear from all of its children. Each child c reports an aggregate (denoted as $AG(c)$) for the subtree rooted at c . Node x then forwards to its own parent a partial aggregate that: 1) includes x 's own value with probability 1.0, and 2) for each child c , includes $AG(c)$ with probability $\frac{f(av(c))}{f(av(x))}$.

Notice that this latter quantity is ≤ 1 as a parent's availability is never lower than a child's. In doing this aggregation, the node can use in-network aggregation to calculate a compact partial aggregate (e.g., sum, count, for avg). The root node executes step 2) as well, and uses the resulting aggregate as the final answer.

Theorem 4.1. Consider an epoch during which no node join, leave or fail from the system. For any node x that is online and in the tree during this epoch, its own value appears in the global aggregate reported at the root node R , with probability $f(av(x))$.

Proof: The proof is by induction on the distance of node x from the root node. For the base case, notice that the root node R 's data is included with probability $1.0 = f(av(R))$. Now for any other node x with parent P , P will include

x 's value in the aggregate sent to P 's parent, with probability

$$\frac{f(\text{av}(x))}{f(\text{av}(P))}.$$

If this does happen, then x 's data will always accompany P 's own value (which is passed up to P 's parent with probability 1.0), either all the way up to the root or until it is probabilistically dropped at some ancestor of P . Since P 's own value will appear with probability $f(\text{av}(P))$ in the global aggregate, the probability that x 's own value will appear in the global aggregate at root R is =

$$f(\text{av}(P)) \cdot \frac{f(\text{av}(x))}{f(\text{av}(P))} = f(\text{av}(x)).$$

This result holds even if the node is a direct child of the root node.

Conclusion and future work

We have presented a tree based aggregation model over a distributed p2p network infrastructure. Our tree based overlay has an ability to sustain over the churn. This is indeed because of our pre-configuration of the computing nodes, based on individual node session length distribution. Due to space limitations, we haven't detailed our algorithms and extensions to our proposed model. For our next work will study how to scale the tree-based p2p network, during the dynamic participation of nodes. Our next algorithms are based on scale-free preferential attachment networks.

References:

- [1] Z. Kaile, Y. Shanlin, C. Zhiqiang und D. Shuai, „Optimal load distribution model of microgrid in the smart grid environment,“ in Renewable and Sustainable Energy Reviews, Hefei, China, 2014
- [2] S. Daniel und R. Reza, „Understanding churn in peer-to-peer networks,“ in 6th ACM SIGCOMM conference on Internet measurement (IMC '06), New York, NY, USA, 2006
- [3] D. Leonard, Y. Zhongmei, V. Rai und D. Loguinov, „On Lifetime-Based Node Failure and Stochastic Resilience of Decentralized Peer-to-Peer Networks,“ in IEEE/ACM Transactions on Networking (TON), Piscataway, NJ, USA, 2007
- [4] P. Jesus, C. Baquero und P. Almeida, „A Survey of Distributed Data Aggregation Algorithms,“ in Communications Surveys & Tutorials, IEEE, 2015
- [5] N. Lehel und J. Márk, „A comparative study of spanning tree and gossip protocols for aggregation,“ in Euro-Par 2014 Parallel Processing, Portugal, Springer International Publishing, 2014, pp. 379-390
- [6] M. Dam und R. Stadler, „A Generic Protocol for Network State Aggregation,“ in Radiovetenskap och Kommunikation (RVK), Linköping, Sweden, 2005

AUTOREN

Prof. Dr.-Ing. Andreas Christ
 Prorektor, Wiss. Leiter Labor
 Mobile Kommunikation und
 Wellen, Fakultät M+I, IAF,
 Forschungsgruppe
 Kommunikationstechnik
 Lehrgebiete: Mikrowellen-
 technik, Mobilkommunikation
 christ@hs-offenburg.de



Sai Manoj Marepalli
 PhD Student, Fakultät M+I,
 Labor Mobile Kommunikation
 Forschungsgruppe: Promoti-
 onskolleg Dezentrale nachhal-
 tige Energiesysteme (DENE)
 sai.marepalli@hs-offenburg.de





PLM für die Fertigungsindustrie

Lösungen zur Optimierung von Produktentwicklungsprozessen

- ✓ Produktentwicklung
- ✓ Qualitätssicherung
- ✓ Projektmanagement
- ✓ Virtuelle Inbetriebnahme
- ✓ Produkt- und Werkzeugkostenkalkulationen
- ✓ Produktdatenverwaltung
- ✓ Informationsbereitstellung
- ✓ Visualisierung
- ✓ Anforderungsmanagement
- ✓ Prozessoptimierung
- ✓ Collaboration
- ✓ Mechatronik
- ✓ Klassifizierung

BCT Technology AG • Im Lossenfeld 9 • 77731 Willstätt
Telefon +49 7852 996-0 • www.bct-technology.com



GeneSys
Sensor & Navigation Solutions

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

Forschung und Entwicklung an der Fakultät



Betriebswirtschaft und Wirtschaftsingenieurwesen



Prof. Dr. Philipp Eudelle, Dekan der Fakultät Betriebswirtschaft und Wirtschaftsingenieurwesen

Die Fakultät Betriebswirtschaft und Wirtschaftsingenieurwesen (B+W) befindet sich im ehemaligen Benediktinerkloster in Gengenbach. Im Wintersemester 2013/2014 hat die Fakultät zudem den neuen BildungsCampus in Gengenbach bezogen, der sich nur wenige Minuten vom Kloster entfernt befindet und Raum für zusätzliche Hörsäle, PC-Pools, Labore und Seminarräume bietet. Die Fakultät B+W bietet derzeit circa 1400 Studenten vier fachspezifische Bachelor-Studiengänge, zwei kombinierte Bachelor-Studiengänge in Kooperation mit den Fakultäten Elektrotechnik und Informationstechnik/Medien- und Informationswesen sowie vier Master-Studiengänge an. Allen Studiengängen gemeinsam ist eine interdisziplinär ausgerichtete Lehre – eine Kombination von Fächern aus Wirtschaft, Technik und Informatik. Aktuelle, praxisorientierte Inhalte, die individuelle Betreuung durch die Dozenten, eine internationale Ausrichtung, die enge Verzahnung mit Unternehmen der Region sowie Kontakte zu zahlreichen Partnerhochschulen weltweit sind die zentralen Bausteine für ein erfolgreiches Studium an der Fakultät B+W.

Aktuelle und anwendungsorientierte Forschung prägen die Fakultät B+W. An der Fakultät gibt es für die jeweiligen Forschungs- und Arbeitsschwerpunkte insgesamt acht Labore, die die Bereiche Virtual Engineering, Rapid Prototyping, Lean Manufacturing, Finite-Elemente-Methode, Marktorientiertes Innovationsmanagement, Mechatronische Systementwicklung, Elektrotechnik/Elektronik und EDV umfassen. Die sechs Hauptforschungsfelder sowie die entsprechenden Forschungsschwerpunkte der Fakultät widmen sich den Bereichen:

► Wirtschaft, Handel und Logistik [Betriebswirtschaft, Handelsmanagement, Marktorientier-

tes Innovationsmanagement, Transportlogistik, Wirtschaftsrecht, Materialflussoptimierung] ► Wirtschaftsinformatik [Business Intelligence, Business Process Management, E-Commerce] ► Informationstechnologie, Automation und Telekommunikation [Embedded Systeme, Virtuelle Produktentwicklung/Simulation, Mikroelektronik/Mikrosystemtechnik] ► Functional Safety Management (FSM), sichere und robuste drahtlose Kommunikationstechnik, Drahtlos-Technologie, Industrie 4.0 ► Manufacturing [Additive Manufacturing, Fabrikplanung (CAD, CAE, CAM), Produktionstechnik/Lean Manufacturing, Virtuelles Engineering] ► Medien [Usability im E-Commerce] ► Werkstofftechnologie [Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung].

Aktuell wurde beispielsweise ein Forschungsprojekt von Prof. Dr. Stefan Junk vom Beirat des Karl-Steinbuch-Forschungsprogramms für positiv befürwortet. Das Projekt „DiMa – Digital Manufacturing für die Kreativwirtschaft“ setzt sich gezielt mit Umsetzungsproblemen im Rahmen von Digital-Manufacturing-Verfahren auseinander. Hierbei werden verschiedene Digital-Manufacturing-Verfahren auf ihre Anwendbarkeit sowie ihre Kostenstruktur speziell in Bezug auf die Kreativwirtschaft hin untersucht. Wichtige Parameter wie die Anwendbarkeit, Kostenstruktur und die Abläufe innerhalb der verschiedenen IT-Werkzeuge sollen evaluiert und vereinfacht werden. In den Bereichen Design, Medien, Werbung und Architektur werden derzeit meist noch teure konventionelle Verfahren eingesetzt. Mit diesem Projekt sollen die bestehenden Hürden beim Einsatz von Digital-Manufacturing-Verfahren überwunden und ein breiterer kostengünstigerer Einsatz forciert werden.

Durch mehr Arbeitszufriedenheit zu kundenorientiertem Verhalten

Prof. Dr. rer. pol. habil. Matthias Graumann, Prof. Dr. rer. pol. Achim Burkhardt

Wie lässt sich die Arbeitszufriedenheit fördern, um damit einen positiven Einfluss auf die Kundenzufriedenheit auszuüben? Um diese Frage zu beantworten, werden im Forschungsprojekt die Daten aus einer repräsentativen Befragung von 2400 deutschen Arbeitnehmern durch Faktoren- und Regressionsanalyse ausgewertet. So können nicht nur Indikatoren der Arbeitszufriedenheit identifiziert werden. Es ist auch die Entwicklung personalwirtschaftlicher Maßnahmen zur Beeinflussung dieser Indikatoren möglich, um die Kundenzufriedenheit planvoll zu vergrößern.

How can job satisfaction be increased in order to exercise a positive influence on customer satisfaction? Representative data gathered among 2,400 German employees is analyzed using factor analysis and regression analysis. Thus, indicators for job satisfaction can be identified. In a second step concrete HR measures to influence these indicators will be generated.

Personalmanager kümmern sich heutzutage intensiv um eine Verbesserung der Arbeitsbedingungen und beobachten sorgfältig mögliche Veränderungen der Arbeitszufriedenheit ihrer Mitarbeiter. Das ist auch gut so. Zwar gilt der positive Einfluss der Arbeitszufriedenheit auf die Arbeitsleistung als eher gering, es konnte jedoch in verschiedenen Studien gezeigt werden, dass zwischen der Zufriedenheit der Mitarbeiter und der Zufriedenheit der Kunden ein positiver Zusammenhang besteht. Vor diesem Hintergrund wird im Forschungsprojekt untersucht, wie Personalmanager die Arbeitszufriedenheit vergrößern können, um damit einen vorteilhaften Einfluss auf die Kundenzufriedenheit auszuüben. Dazu wird der abstrakte Begriff der Arbeitszufriedenheit durch konkrete Indikatoren ersetzt, die zwei Eigenschaften aufweisen: Sie stehen in einem positiven Zusammenhang zur Arbeitszufriedenheit und lassen sich nachvollziehbar durch Maßnahmen des Personalmanagements beeinflussen (vgl. auch Abb. 1).

Zwei Arten von Indikatoren

Zur Frage der Indikatoren liegen bereits Forschungsergebnisse vor. Die Ergebnisse lassen sich danach ordnen, ob Indikatoren in den Arbeitsbedingungen liegen oder in den Persönlichkeiten der Mitarbeiter. Als wichtiges Persönlichkeitsmerkmal gilt beispielsweise die Selbstregulationskompetenz der Mitarbeiter: Je größer sie ist, desto leichter passen sich die Mitarbeiter den zu bearbeitenden Aufgaben an und desto größer ist die Arbeitszufriedenheit.

Zu nennen ist weiter das Ausmaß der emotionalen Stabilität der Mitarbeiter. Liegt etwa eine emotionale Instabilität vor, führt dies zu einer ungünstigen subjektiven Konstruktion der eigenen beruflichen Lage und beeinträchtigt die Arbeitszufriedenheit trotz objektiv günstiger Arbeitsbedingungen. So interessant diese Forschungsergebnisse sind; die Beurteilung von Eigenschaften wie Selbstregulationskompetenz oder emotionaler Stabilität ist in der Praxis nicht nur anspruchsvoll; die Eigenschaften sind wohl auch nur sehr schwer zu verändern. Aus diesem Grund liegt die Herausforderung für Personalmanager weniger in der Formung von Persönlichkeiten erwachsener Menschen als vielmehr in der Generierung geeigneter Arbeitsbedingungen, bei denen eine vergrößerte Arbeitszufriedenheit erwartet werden darf. Aber welche Bedingungen sind das?

Durchführung einer repräsentativen Studie

Um diese Frage zu beantworten, wurde in Zusammenarbeit mit einem Marktforschungsinstitut von November 2013 bis Februar 2014 eine breit angelegte Befragung von 2400 sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in einem Alter zwischen 18 und 69 Jahren durchgeführt. Die Zusammensetzung der Stichprobe erfolgte unter Beachtung der Bevölkerungs-/Arbeitnehmerstatistik anhand der Merkmale „Geschlecht“, „Alter“, „Betriebsgrößenklasse“ und „Branche“. Die Erhebung darf daher, lässt man die geringfügig Beschäftigten außer Acht, als repräsentativ für die deutsche Arbeitnehmerschaft gelten.

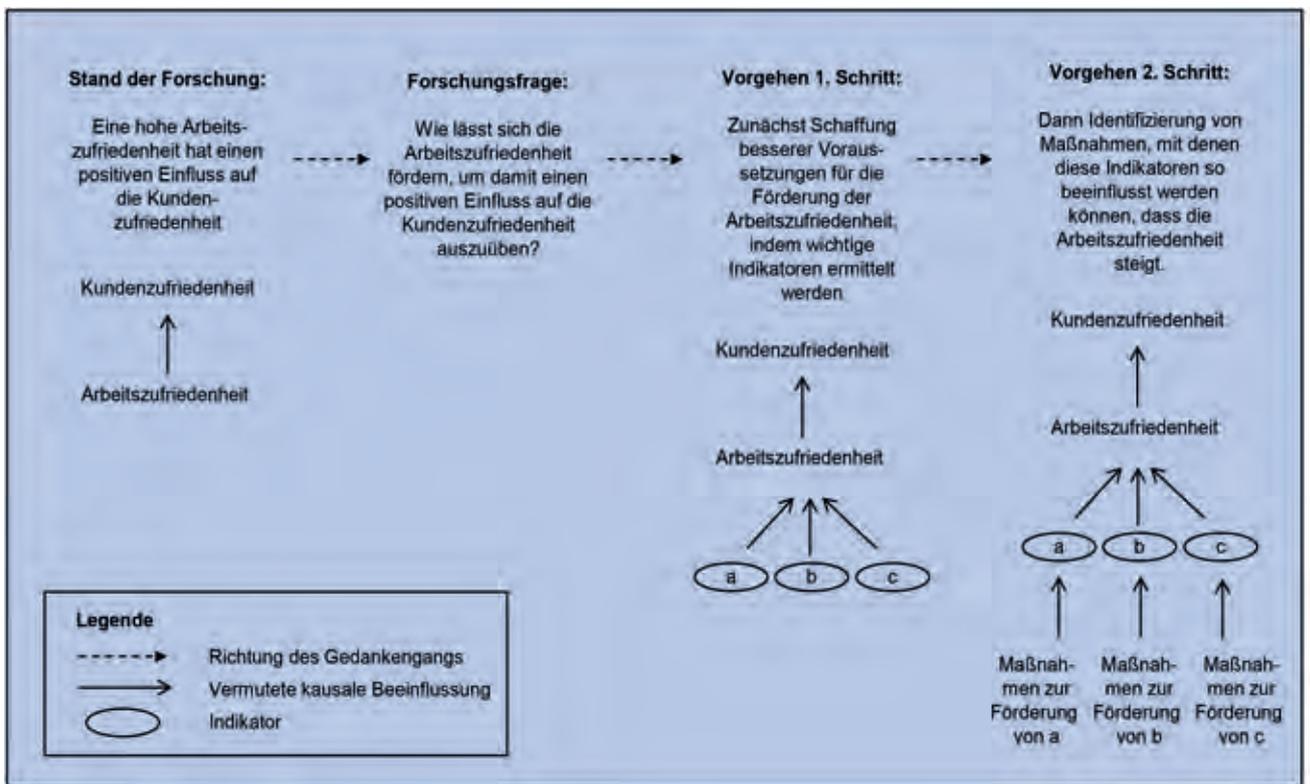


Abb. 1: zentraler Gedankengang

Die statistische Auswertung der Antworten soll Indikatoren identifizieren, die in unterschiedlichem Ausmaß mit der Arbeitszufriedenheit korreliert sind. Dazu wird zunächst eine Hauptkomponentenanalyse mit Varimax-Rotation durchgeführt. Daraus resultieren Komponenten („Indikatoren“), die – so wird gehofft – einen möglichst großen Teil der Gesamtvarianz in den Variablen erklären. Der Zusammenhang zwischen den ermittelten Indikatoren und der Arbeitszufriedenheit kann dann mit einer multiplen linearen Regressionsanalyse getestet werden.

Konsequenzen für das Personalmanagement

In einem nächsten Schritt werden personalwirtschaftliche Maßnahmen zur Beeinflussung dieser Indikatoren gesucht. Mit solchen Maßnahmen sind zwar Kosten aus Sicht der Unternehmen verbunden. Wegen der überragenden Bedeutung, die der Kundenzufriedenheit im Wettbewerb heute zukommt, dürften solche Kosten im Grundsatz aber als gerechtfertigt erscheinen. Allerdings – und das ist eine Konzession an den finanziellen Aspekt – sollten sich entsprechende Maßnahmen auf die Beeinflussung der drei relevantesten Indikatoren konzentrieren. Dafür werden im Forschungsprojekt noch konkrete Vorschläge entwickelt.

AUTOREN

Prof. Dr. rer. pol. habil. Matthias Graumann

Professor für Betriebswirtschaftslehre, Fakultät B+W, Unternehmensführung, Organisation
 matthias.graumann@hs-offenburg.de



Prof. Dr. rer. pol. Achim Burkhardt

Professor für Handelsmanagement, Fakultät B+W, Handelsmanagement,
 achim.burkhardt@hs-offenburg.de



Gesundheitsmanagement – durchführen oder unterlassen?

*Prof. Dr. rer. pol. habil. Matthias Graumann, Prof. Dr. rer. pol. Kristian Foit,
Prof. Dr. rer. pol. Achim Burkhardt, Daniel Venohr*

Forschungsergebnisse zeigen, dass man den Krankenstand durch ein Gesundheitsmanagement positiv beeinflussen kann. Folgt aus solchen Erkenntnissen, dass entsprechende Maßnahmen zwingend durchzuführen sind? Immerhin entstehen dem Unternehmen erst einmal Kosten. Im Forschungsprojekt wird untersucht, wie Führungskräfte eine nachvollziehbare Entscheidung darüber treffen können, ob sich ein Gesundheitsmanagement lohnt.

Research shows that sickness-induced absence can be influenced by Health Management. Does this imply that these measures should be executed? It has to be born in mind that any measure induces costs in the first place. In the research project it is analyzed how executives can make an understandable decision whether Health Management is worth-while or not.

Normative Implikationen von Forschungen zum Gesundheitsmanagement

Gesunde Mitarbeiter sind von Bedeutung für den nachhaltigen Erfolg eines jeden Unternehmens. Auf der Grundlage dieser Einsicht entwickelte sich in den letzten Jahren eine eigenständige Forschungsrichtung zum sogenannten Gesundheitsmanagement, die Einflussgrößen auf den Krankenstand zu identifizieren versucht. Obwohl diese Forschungen wertfrei in dem Sinn angelegt sind, dass sie nur Kausalitäten ermitteln, schwingt in den Veröffentlichungen doch häufig die latente Aufforderung an die Unternehmen mit, entsprechende Fördermaßnahmen nun auch zu ergreifen. Einer solchen Maxime ist jedoch mit Vorsicht zu begegnen.

Führungskräfte wissen, dass ein aktives Gesundheitsmanagement zunächst einmal Kosten verursacht. Sie wissen auch, dass eine in Aussicht gestellte Reduktion des Krankenstands schwer zu schätzen ist und dass daher den sicheren negativen Effekten recht unsichere positive Effekte gegenüberstehen. Wer vor diesem Hintergrund skeptisch wird und erwägt, auf ein Gesundheitsmanagement zu verzichten, gerät gleichwohl unter Rechtfertigungsdruck. Ihm zu begegnen gelingt am besten mit einer für Dritte gut nachvollziehbaren Entscheidung, die deutlich macht, ob das Unternehmen von einem Gesundheitsmanagement überhaupt profitiert. Wie aber sollte man als Führungskraft bei einer solchen Entscheidung methodisch vorgehen? Das ist die Frage, die im Forschungsprojekt untersucht wird.

Wie trifft man eine nachvollziehbare Entscheidung?

Ausgangspunkt der Überlegungen ist die Beobachtung, dass Maßnahmen des Gesundheitsmanagements zunächst einmal Kosten, genauer: Auszahlungen verursachen. Erst mittelfristig stellen sich positive Auswirkungen auf den Krankenstand ein. Sie entsprechen Produktivitätsgewinnen, die man in Geld ausdrücken und „kalkulatorische Einzahlungen“ nennen kann. Um diese zukünftigen Einzahlungen den früher anfallenden Auszahlungen gegenüberzustellen, müssen die unterschiedlichen Zeitpunkte des Anfalls der Zahlungen wertrelevant erfasst werden. Dazu werden die Einzahlungen auf den Zeitpunkt der Auszahlungen abgezinst.

Entscheidungen, bei denen zukünftige Vorteile mit zeitlich vorgelagerten Nachteilen „erkauft“ werden, bezeichnet die Betriebswirtschaftslehre als Investitionsentscheidungen. Folglich sind auch Entscheidungen über die Durchführung oder die Unterlassung eines betrieblichen Gesundheitsmanagements als besondere Arten von Investitionsentscheidungen zu begreifen. Wie macht man sie Dritten gegenüber nachvollziehbar?

Eine Antwort auf diese Frage kann auf Vorgaben der Rechtsprechung zur zivilrechtlichen Managerhaftung zurückgreifen (§ 93 Aktiengesetz, § 43 GmbH-Gesetz, § 34 Genossenschaftsgesetz). In verschiedenen Urteilen haben Richter den Begriff der Nachvollziehbarkeit u. a. durch die folgenden fünf Entscheidungsmerkmale operationalisiert:

- Der Entscheider muss die Ziele angeben, die er verfolgt.
- Er hat deutlich zu machen, welche Handlungsmöglichkeiten er berücksichtigt und wie deren voraussichtliche Wirkungen auf die Ziele abgeschätzt werden.
- Der Entscheider muss erläutern, wie er diese Wirkungen bewertet, um auf dieser Grundlage
- die Handlungsmöglichkeiten nachvollziehbar zu ordnen und die beste auswählen zu können.

Interessanterweise hält die betriebswirtschaftliche Entscheidungslehre ein Phasenschema bereit, das den juristischen Anforderungen gut Rechnung trägt und sich daher als Instrument zur Unterstützung von Entscheidungen über ein mögliches Gesundheitsmanagement eignet. Dieses Schema wird in Abbildung 1 gezeigt.

Phase im Entscheidungsprozess	Informationsaktivitäten
Zielsetzung	Informationsbeschaffung und -verarbeitung
Bestimmung alternativer Handlungsmöglichkeiten	
Prognose der Zielwirkungen für jede Handlungsmöglichkeit	
Bewertung der Zielwirkungen	
<i>Auswahl der besten Handlungsmöglichkeit auf der Grundlage der vorliegenden Informationen</i>	

Abb. 1:
Phasen eines nachvollziehbaren Entscheidungsprozesses

Es basiert auf der Beobachtung, dass die in der Rechtsprechung identifizierten Entscheidungsmerkmale unterschiedlichen Qualitätskriterien unterliegen und teilt daher den Prozess in verschiedene, voneinander genau abgegrenzte Phasen ein. Die Entscheidungslehre stellt dann für jede Phase geeignete methodische Handreichungen zur Verfügung,

um den Entscheider beim Erreichen der Qualitätskriterien zu unterstützen. Zu durchlaufen sind diese Phasen übrigens nicht notwendigerweise sequentiell. Rücksprünge sind durchaus erwünscht, sofern neue Informationen auftauchen. So können beispielsweise neue Handlungsmöglichkeiten bestimmte Wirkungen haben, die dem Entscheider wichtig sind, bislang aber noch nicht als Ziel erfasst wurden. In diesem Fall sollte das Zielsystem überdacht und ggfs. erweitert werden. Dies wiederum macht neue Prognosen und neue Bewertungen erforderlich.

Die genaue inhaltliche Bestimmung des Vorgehens innerhalb der Phasen wird zwar erst im Forschungsprojekt erfolgen. Es lassen sich jedoch schon zum gegenwärtigen Zeitpunkt einige Erkenntnisse herausstellen.

Erste Konkretisierung des Entscheidungsprozesses

Als primäre Zielsetzung muss bei Investitionsentscheidungen das Erreichen eines möglichst großen Kapitalwerts fungieren. Darunter versteht man den Gegenwartswert der Differenz aller zukünftigen Einzahlungen und Auszahlungen, die durch ein mögliches Investitionsprojekt ausgelöst werden. Im vorliegenden Fall betrifft das insbesondere die monetär bewerteten Produktivitätsgewinne aus einem reduzierten Krankenstand (die kalkulatorischen Einzahlungen) und die durch Fördermaßnahmen ausgelösten Auszahlungen.

Liegt die Zielsetzung auf der Hand (zumindest für Betriebswirte), verlangt die Erzeugung alternativer Handlungsmöglichkeiten schon mehr Kreativität. Aus formaler Sicht rät die Entscheidungslehre, dass Entscheider hierbei in drei Schritten vorgehen: Zunächst identifiziert man unterschiedliche Klassen von Handlungen, mit denen sich das gesetzte Ziel beeinflussen lässt. Dann werden konkrete Einzelhandlungen innerhalb dieser Klassen bestimmt. Und schließlich kombiniert man Einzelhandlungen aus verschiedenen Klassen zu alternativen Handlungsmöglichkeiten. Obwohl die inhaltliche Konkretisierung dieser Schrittfolge erst im Forschungsprojekt erfolgen wird, lassen sich schon jetzt beispielhaft drei formale Handlungsmöglichkeiten angeben:

1. Man wagt nur einen kleinen Versuch. Dieser enthält Handlungen aus nur einer Handlungsklasse.

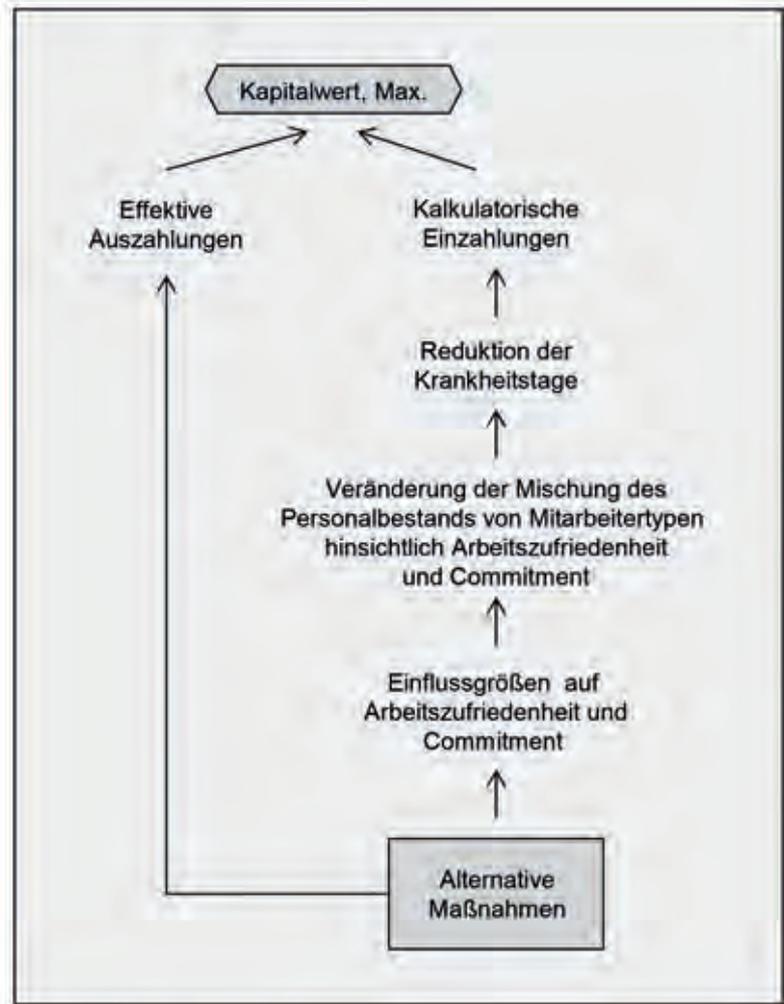
2. Man versucht den großen Wurf und berücksichtigt dafür Handlungen aus allen Handlungsklassen.
3. Man hält am Status quo fest. Somit bliebe alles wie bisher, und spezielle Fördermaßnahmen würden unterlassen.

Im nächsten Schritt sind vom Entscheider die Zielwirkungen einer jeden Handlungsalternative zu schätzen. Im vorliegenden Fall ist das der durch a), b) und c) ausgelöste Kapitalwert. Hierbei ist die Prognose der erwarteten Auszahlungen vergleichsweise einfach. Anspruchsvoll hingegen ist die Prognose der erwarteten Einzahlungen. Um Entscheider hierbei zu unterstützen, wurde das in Abbildung 2 dargestellte Wirkungsmodell entwickelt.

Das Wirkungsmodell greift auf Erkenntnisse einer Studie zurück, die das Institut „forum! Marktforschung“ von November 2013 bis Februar 2014 durchführte. Dabei wurden 2400 sozialversicherungspflichtig Beschäftigte in einem Alter zwischen 18 und 69 Jahren befragt, Da nach der Bevölkerungs-/Arbeitnehmerstatistik auf Grundlage der Merkmale „Geschlecht“, „Alter“, „Betriebsgrößenklasse“ und „Branche“ quotiert wurde, darf die Stichprobe – lässt man die geringfügig Beschäftigten außer Acht – als repräsentativ für die deutsche Arbeitnehmer-schaft gelten.

Obwohl die Auswertung der Studie noch im Fluss ist, zeichnet sich bereits ab, dass der Variablenblock der Einflussgrößen auf Arbeitszufriedenheit und Commitment vor allem drei Größen umfasst: die Zufriedenheit der Mitarbeiter mit Aufstiegsmöglichkeiten und Vergütung, die vom Unternehmen ermöglichte Work/Life-Balance (= Wunsch nach Vereinbarkeit von Beruf und Privatleben) sowie eine transformationale Führung (= vorbildliches Verhalten der Führungskraft, inspirierende Motivation, geistige Anregung plus individualisierte Unterstützung der Mitarbeiter).

Diese Erkenntnis erleichtert bereits die Erzeugung alternativer Handlungsmöglichkeiten in Phase 2 des Entscheidungsprozesses. So kann die inhaltliche Konkretisierung der Handlungsklassen dadurch erfolgen, dass diese auf die vorgenannten Einflussgrößen einwirken müssen. Die Förderung von Arbeitszufriedenheit und Commitment, die Ermöglichung einer Work/Life-Balance und die Sicherstellung einer transformationalen Führung wären solche Handlungsklassen, in denen nun jeweils konkrete Einzelmaßnahmen zu identifizieren



-  Zielsetzung
-  Angenommene Kausalwirkung
-  Menge alternativer Handlungsmöglichkeiten

Abb. 2: Wirkungsmodell

und ggfs. miteinander zu kombinieren sind. Die oben eingeführte Handlungsalternative a) – der „kleine Versuch“ – könnte beispielsweise lediglich darin bestehen, die Führungskräfte im transformationalen Führungsstil zu schulen. Der „große Wurf“ b) enthielte darüber hinaus noch ein Maßnahmenpaket zur Förderung der Work/Life-Balance – etwa die bessere Verteilung der Arbeitszeit im Lebensverlauf (z.B. Teilzeitarbeit, Sabbaticals) oder auch eine mögliche Flexibilisierung von Zeit und Ort der Leistungserbringung (z. B. Gleitzeit, Arbeitszeitkontenmodelle, Heimarbeit, Job-Sharing).

Die quantitative Schätzung der Auswirkungen solcher Maßnahmen auf die weiteren Größen des Wirkungsmodells in Abbildung 2 ist dann die Hauptaufgabe des Forschungs-

projekts. Als anspruchsvoll gilt insbesondere die Schätzung der Mischungsveränderung des Personalbestands von Arbeitertypen hinsichtlich Arbeitszufriedenheit und Commitment sowie das Schätzen der Auswirkung dieser Veränderung auf die Menge an Krankheitstagen. Sollte beides aber gelingen, ergeben sich die erwarteten kalkulatorischen Einzahlungen aus einer Multiplikation eingesparter Krankheitstage mit den Tagesentlohnungen der Mitarbeiter, und der Kapitalwert einer jeden Handlungsalternative kann berechnet werden. In der letzten Phase des Entscheidungsprozesses müsste der Entscheider die berechneten Kapitalwerte dann nur noch ihrer Höhe nach ordnen und die beste Handlungsalternative auswählen.

Praktischer Wert der angestrebten Erkenntnisse

Das Forschungsprojekt soll Führungskräften verdeutlichen, dass Maßnahmen des Gesundheitsmanagements nicht schon deshalb zu ergreifen sind, weil sie einen positiven Einfluss auf Mitarbeitergesundheit und Krankenstand erwarten lassen. Mögliche Fördermaßnahmen sind vielmehr als alternative Investitionsprojekte zu begreifen, deren Vorteilhaftigkeit sich nach den von ihnen bewirkten Kapitalwerten bemisst.

Möglichen Einwänden, dass eine zuverlässige Prognose kalkulatorischer Einzahlungen nicht möglich und die Kapitalwertberechnung deshalb willkürlich sei, kann in dem Maß entgegengetreten werden, indem es gelingt, ein quantitatives Wirkungsmodell zu konstruieren, wie es in Abbildung 2 gezeigt ist. Gelingt dies im Forschungsprojekt auf der Basis repräsentativer statistischer Daten, wie sie das Institut „forum! Marktforschung“ erhoben hat, können Unternehmen das allgemeine Wirkungsmodell mit individuellen Daten versehen und für eigene Zwecke anwenden. Auf diese Weise wird eine Entscheidung über das Ergreifen oder Unterlassen von Fördermaßnahmen nachvollziehbar.

AUTOREN

Prof. Dr. rer. pol. habil. Matthias Graumann

Professor für Betriebswirtschaftslehre, Fakultät B+W, Unternehmensführung, Organisation
matthias.graumann@hs-offenburg.de



Prof. Dr. rer. pol. Achim Burkhardt

Professor für Handelsmanagement, Fakultät B+W, Handelsmanagement,
achim.burkhardt@hs-offenburg.de



Prof. Dr. rer. pol. Kristian Foit

Professor für Betriebswirtschaftslehre, Fakultät B+W, Controlling und Finanzen,
kristian.foit@hs-offenburg.de



Daniel Venohr

Leiter Methoden und Analysen, forum! Marktforschung GmbH,
venohr@forum-mainz.de



Export Credit and Investment Guarantees

Prof. Dr. Andreas Klasen, Dr. Simone Krummaker

Exportkredit- und Investitionsversicherungen sind wichtige Instrumente für international aktive Unternehmen. Die Nachfrage nach Deckungen ist bislang jedoch wenig untersucht. Dieses Forschungsprojekt konzentriert sich auf übergreifende und unternehmensspezifische Faktoren. Die Analyse wendet in einem Mixed-Method-Ansatz quantitative und qualitative Verfahren an. Ziel ist es, ein Strategiemodell für staatliche und private Exportkredit- und Investitionsversicherer zu entwickeln. Deren Entscheider erhalten einen komprimierten Überblick über Treiber der Versicherungsnachfrage. Erste Ergebnisse legen nahe, dass die Unternehmensgröße neben dem Zugang zu Finanzierungen, Umsatz- und Gewinnvolatilität sowie wachsendem politischen Risiko wesentlicher Nachfragefaktor ist. Änderungen der Versicherungsprämien scheinen dagegen von untergeordneter Bedeutung zu sein.

Export credit and political risk insurance are important instruments for internationally active companies. However, the demand for insurance has been little explored so far. This analysis focusses on macro-level and firm-level factors driving insurance demand. It presents an empirically based, bottom-up view of motives for corporate purchase by applying quantitative methods and grounded theory in order to develop a strategy model for export credit and political risk insurers. Thus, we provide decision makers in public and private insurance companies with a comprehensive bunch of factors affecting demand. Preliminary results suggest that the size of the company and access to finance, signalling and earnings volatility as well as increasing political risk are positively associated with demand for export credit and political risk insurance whereas changes in premium levels seem not to be a key driver of the demand.

Introduction

Internationally active firms often use a variety of strategies to serve foreign customers: They export their products and services to buyers abroad, franchise and licence, or invest by setting up foreign manufacturing operations and regional headquarters. Firms operate in a global environment characterised by heterogeneous political and legal systems, economic conditions and cultural behaviour. Therefore, internationally active businesses are exposed to several dimensions of risk: Political risk, commercial risk, currency exposure as well as cross-cultural risk. Exporters often require insurance cover for political and commercial risks linked to export transactions (1). Export credit agencies are important to mitigate negative trade effects of financial constraints due to market failures (2). Political risk insurance is a risk mitigation tool foreign direct investors regularly use.

Recognising that risk aversion as the only motive is not adequate, several authors have

provided a theory following evidence that firms purchase substantial insurance amounts (3). This theoretical framework about insurance demand in general has been extended and tested by a number of authors with empirical studies on corporate demand (4). However, it is still not yet well understood what drives the corporate demand for insurance due to difficulties in data availability and challenges in measuring the theoretical constructs (5). There is also limited evidence on the question why exporters and foreign investors use export credit and political risk insurance as an essential risk mitigation tool.

Research Design and Data

The research project follows an explorative qualitative approach and an explanative quantitative approach, both informing each other. Data were collected via open-ended interviews, via a survey with qualitative and quantitative questions, as well as from annual reports. Mul-

tiple rounds of qualitative data collection via interviews (Table 1) run simultaneously with the collection of data via questionnaires (Table 2). This empirical study was conducted with 31 export credit and political risk insurers in both public and private forms. The selection of insurers was driven by the aim to include a variety of suppliers from different countries but also to cover both public agencies and private commercial insurers. It was the intention to cover organisations from different cultural and national backgrounds but also from more mature to young insurers. The participants of each insurer was the CEO, COO or Managing Director.

Preliminary Results Company Size

One of the most mentioned reasons influencing the demand for export credit and political risk insurance is the size of the company. According to the empirical data, company size impacts the demand through three main factors: Transaction cost of risk management, knowledge and diversification. Another argument was that larger companies have more weight in negotiating the terms of an insurance agreement. Nearly all of the interview participants mentioned that SMEs have a higher need than large corporations to cover risks associated with international trade via insurance agreements.

For example, the interviews show that larger companies have more professional risk management or finance functions. They also have more knowledge about markets for risk and export credit products available. This code was labelled transaction cost of risk management, because the effort to build up a risk management and the related knowledge is not increasing proportional to firm size. Once a growing company has installed such a function, the benefits are that more resources and knowledge are available to manage risks efficiently. In smaller firms, the insurance portfolio is often managed in the finance, accounting or law department without a dedicated function. Thus, time and knowledge is limited and as a result, smaller firms' insurance programmes often not only lack sophistication but also might let go benefits and opportunities of professionally organised export credit risk coverage.

Larger companies are more diversified internally in terms which products or services they are trading internationally or which countries they are exporting to or investing in. Thus,

Organisation	Country	Type
Atradius Durch State	Netherlands	Public
AIG	USA	Private
BECI	Botswana	Private & Public national
Berne Union	International	multilateral association
EKF	Denmark	Private & Public national
Finnvera	Finland	Private & Public national
GIEK	Norway	Private & Public national
HKECIC	Hong Kong	Private & Public national
ICIEC	Saudi Arabia, international	Private & Public national
KUKE	Poland	Private & Public national
LCI	Lebanon	Private & Public national
MIGA	International	multilateral
NZECO	New Zealand	Private & Public national
SID	Slovenia	Private & Public national
Zurich USA	USA	Private

Table 1:
Participants of the Interviews

Organisation	Country	Type
ABGF	Brazil	Public national
AIG	USA	Private
Berne Union	United Kingdom	multilateral association
COSEC	Portugal	Private & Public national
ECGE	Egypt	Private & Public national
ECIO	Greece	Private & Public national
EFIC	Australia	Private & Public national
EGAP	Czech republic	Private & Public national
EGFI	Iran	Private & Public national
EKN	Sweden	Private & Public national
Euler Hermes	Germany	Private & Public national
ICIEC	Saudi Arabia	Private & Public multinational
KredEx	Estonia	Private & Public national
LCI	Lebanon	Private & Public national
NZECO	New Zealand	Private & Public national
PwC	Germany	Private & Public national
Qatar Development Bank	State of Qatar	Private & Public national
SERV	Switzerland	Private & Public national
Türk Eximbank	Turkey	Private & Public national

Table 2:
Participants of the Survey

for insurers of export credit and political risk, they are a favourable risk as they provide a wider portfolio of different risks which inherently comes with diversification benefits. A further reason mentioned is the negotiating power of larger companies. The volume of business makes the insurer more willing to discount premiums before risking to lose the whole business. The data reveal that size is only indirectly influencing the demand for insurance against export credit and political risks.

Financial Intermediary and Financing

In export credit and political risk insurance, the question of how the transaction is financed is often tightly associated with the requirement to transfer the export credit or investment risk to a public or private insurer. Thus, the bank which finances the trade transaction plays a decisive role in the demand for coverage against these risks. The role of the financial intermediaries is also emphasised in the topic of financing for SMEs. Several statements in the interviews describe that external financing for SMEs is more difficult for smaller than for larger companies, which often have long and active relationships with several banks. Some arguments also point out, that the 2007–8 financial crisis has made it even more difficult for smaller companies to obtain substantial financing via banks. Statements also emphasise that SMEs actually would benefit even more from risk transfer via export credit or investment insurance. As these companies have less expertise in dealing with these instruments, financial intermediaries could take the role in advising the companies and to connect the financing of export trade with the financing question.

Signalling and Stakeholders

The interviews reveal that many exporters and foreign investors are concerned about the impact of the risks of international trade on the firm's balance sheet. The key reason here is to avoid earnings volatility, as this is in general considered to be a feature of risky firms. This motive is closely connected with the factors of signalling to stakeholders. Insurance is assumed to be a means of signalling risk of the company to markets and stakeholders, as companies with insurance contracts will have a lower earnings volatility due to insurable un-systematic risk.

Geopolitical risk

Geopolitical risk is in the core of export credit and political risk insurance. The evidence indicates that there is a strong relationship between the demand for coverage against those risks and the perceived or actual risks. These findings are supported by the results of the survey, in which 65 per cent of the respondents expect political risk to increase. Additionally, being asked to name the top five of the most important risks to the global economy, the most often mentioned risk was the risk of geopolitical conflicts, followed by a recession in China and volatility in oil and commodity prices. It can also be seen from the data that the country rating influences the opportunities for importers. In countries with lower ratings, investment and financing is more difficult and comes usually with additional requirements. Credit export and political risk insurance can alleviate some of these issues.

Trends

Besides factors driving the demand for insurance directly, vaguer trends were explored under the question if and how these might shape future trade and therefore the demand to cover related risks. Table 3 gives an overview of the appraisal of some trends on global trade. Besides further financial crises, the respondents are concerned about geopolitical issues, such as shifting of power towards Asia as well as fragile multilateral relationships.

Another trend emerging from the survey is digitalisation. 85 per cent of the respondents believe that this will have a high or very high impact on global trade. It emerges from the interviews that export credit and political risk insurers at the moment see changes coming up in how the internal processes and distribution of their insurance products will be made simpler and quicker. No clear picture yet emerges about the impact of digitalisation on trade directly. A second trend showing is the regulation with 75 per cent expecting a high or very high impact in trade. This is also reflected in the data from the interviews. Tightened regulations and rules internationally are expected to make foreign trade for companies more difficult and therefore will have an impact on the demand for insurance.

What impact does the following trend has on global trade?	Changing power and the rise of the East		Fragile multilateralism		Industrial and digital revolution		Climate finance		Continuous financial crises		Regulation		Ageing Society	
	Frequency	Percent	Frequency	Percent	Frequency	Percent	Frequency	Percent	Frequency	Percent	Frequency	Percent	Frequency	Percent
very low	0	0.0	0	0.0	0	0.0	2	10.0	1	5.0	0	0.0	0	0.0
low	2	10.0	0	0.0	2	10.0	3	15.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
neutral	2	10.0	9	5.0	1	5.0	11	55.0	1	5.0	5	25.0	10	50.0
high	11	55.0	8	40.0	12	60.0	3	15.0	13	65.0	13	65.0	7	35.0
very high	5	25.0	2	10.0	5	25.0	1	5.0	5	25.0	2	10.0	3	15.0
Total	20	100.0	19	95.0	20	100.0	20	100.0	20	100.0	20	100.0	20	100.0

Table 3:
What impact does the following trend has on global trade?

Conclusion and further research

First preliminary results show concepts emerging from the data which enrich the current theoretical landscape on firms' demand for export credit and political insurance. The concept of the size of the company, for example, does not seem to influence the demand of insurance directly, but rather via factors which are a consequence of size effects within companies. The context of financing and risk management for SMEs differs significantly from those in larger or even multinational companies, in particular with regard to restriction on access to finance and limitations on the sophistication of risk management and knowledge. Furthermore, context factors such as the macroeconomic and geopolitical environment seem to be important. As many participants expect some of these factors to be more volatile in the nearer future, this will have an impact on the demand for export credit and political risk insurance. This project is work in progress. Theoretical coding has not been concluded yet, and further concepts emerging from the data will be integrated into a broader framework. Additionally, more external data will be added to enhance data triangulation and to provide a richer context to the study.

AUTOREN

Prof. Dr. Andreas Klasen

Professor für Allg. und Internationale Betriebswirtschaft, Honorary Fellow an der Durham University, Forschungs- und Interessensgebiete: Wirtschaftsförderung, Handelspolitik, Theologie/Wirtschaft
andreas.klasen@hs-offenburg.de



Dr. Simone Krummacker

Senior Lecturer für Finance an der University of Westminster, London, Senior Research Associate am Kompetenzzentrum Versicherungswissenschaften der Leibniz-Universität Hannover
s.krummacker@westminster.ac.uk



Literature:

- 1) Klasen, A. (2014). Export Credit Guarantees and the Demand for Insurance, CESifo Forum 15, 3, pp. 26-33
- 2) Badinger, H. and Url, T. (2013) Export Credit Guarantees and Export Performance: Evidence from Austrian Firm-Level Data, World Economy 36, pp. 1115-1130
- 3) e.g., Mayers, D. and Smith jr., C.W. (1982). On the Corporate Demand for Insurance, Journal of Business 55, no. 2, pp. 281-296
- 4) Hoyt, R.E. and Khang, H. (2000). On the Demand for Corporate Property Insurance, Journal of Risk and Insurance 67, no. 1, pp. 91-107
- 5) e.g., Krummacker, S. and Schulenburg, J.-M. Graf von der (2008). Die Versicherungsnachfrage von Unternehmen: Eine empirische Untersuchung der Sachversicherungsnachfrage deutscher Unternehmen, Zeitschrift für die gesamte Versicherungswissenschaft 97, no. 1, pp. 79-97

Modern Monastic Leadership

Prof. Dr. Andreas Klasen

Das Projekt verbindet zwei Forschungsbereiche: Ordensregeln und Führungsverhalten in Klöstern. Untersucht wird, wie gelebte christliche Tradition Führung in einem Orden beeinflusst. Das Forschungsvorhaben ergründet insbesondere, wie sich die Regel des heiligen Franziskus und Franziskanische Spiritualität auf die Leitung einer klösterlichen Gemeinschaft mit Schwestern und Mitarbeitern auswirken. Die qualitative Analyse der Forschungsfrage basiert auf den Methoden 'Theology in Four Voices' und Grounded Theory. Mehrere Schwestern und eine zivile Führungskraft wurden interviewt, zudem wurden zahlreiche Dokumente ausgewertet. Aufgrund der Ergebnisse ist es möglich, ein kohärentes franziskanisches Führungssystem zu entwickeln. Das Modell zeigt, dass spirituelles „dienendes Führen“ als zentraler Treiber das Verhalten und die Ergebnisse beeinflusst.

The project combines two important areas: Monastic rules and leadership in a cloistral organisation. The aim is to examine how living Christian tradition in a monastic order affects leadership today. This research discovers how the Rule of Saint Francis and Franciscan spirituality impact managing a convent. The research question is answered within this inductive research applying the methodology of the 'theology in four voices'. Several sisters and a lay executive from a monastic order were interviewed in order to develop a model using grounded theory as the research method. In addition, document analysis was applied. Based on the results, it is possible to build a coherent leadership system. This model shows that spiritually inclined servant leadership behaviour and servant leadership outcomes are key drivers of modern Franciscan leadership.



Fig. 1:
Franciscan Leadership (Source: Developed for this research. Pictures from wikipedia.de)

Introduction

How to lead people, how to take care of followers, colleagues or employees, and how to motivate and control them is relevant for companies, public administration and non-government organisations. Leadership is affected by several important variables such as society, culture and politics. Leaders have to motivate and influence followers in a positive manner because of human beings' hierarchy of needs. Positive leadership today is associated with a different, a more appropriate approach

to hierarchy, control and correction (1). And 21st century leaders are often defined as adaptive, authentic, servant or spiritual leaders utilising values and encouraging followers to solve challenges (2). But leadership is not only crucial questions for companies, it has also been and still is formative for monastic organisations. In addition to leadership theory and practice, monasterial rules play a crucial role for abbots and abbesses.

Monasticism is a special form of Christian belief and practice. For many Christians, a monastic way of life is both a calling and a vocation following an apostolic way of human existence: "I have no command from the Lord" (1 Cor 7, 25), but because Jesus loves me, I trust that one has to "sell all that you have and give to the poor, and you will have treasure in heaven" (Mk 10, 21). Monasticism also requires rules (3). Famous authors are Pachomius the Great, Benedict of Nursia and Francis of Assisi. Figure 1 shows the development and basic content from Saint Francis' Basic Rule in 1209 to the Regula Bullata in 1223 (4). Franciscans friars and sisters further elaborated regulations based on the Regula Bullata, his testament and teachings, incorporated in the 1982 "Rule and Life of the Brothers and Sisters of the Third Order Regular of Saint Francis." As normative sources, the Regula Bullata and the contemporary 1982 Rule play a crucial role for individual and monastic conduct today.

Research framework

The aim and the objective of this research are to discover and understand what factors influence cloistral leadership in a Franciscan monastery. In the project, a methodological approach was developed focussing on the theology in four voices (5). These four voices are normative theology such as the Bible and official Church teaching and formal theology following theologians' theology, also in dialogue with other disciplines. In addition, the methodology looks into espoused theology representing what the group of practitioners actually believes is the 'applied theology'. Finally, it reflects on operant theology, meaning the theology embedded within the actual practice. In addition, grounded theory systematically set procedures in order to generate and discover a theory. Qualitative data was collected from selected participants from a Franciscan monastery via six open-ended, semi-structured interviews until theoretical saturation was reached. In addition, documents from the monastic community were analysed.

Results

There are a number of important findings from this study. The first essential observation is that both Scriptures and the Rule of Saint Francis are the impetus and dominant guidelines for the monastic leaders. Francis of Assisi is a role model, and sisters claim that his spirituality guides them through daily routine and life. In part, the Rule seems to apply also

for a lay senior executive with regard to leadership in practice. However, there are several difficulties with regard to sources of Franciscan leadership. The Regula Bullata forbids to receive money in any form either directly or through an intermediary, but already in Franciscan times it was clear that a monastic order can hardly survive with no economic basis. This applies, in particular, if a monastery runs nurseries, schools and homes for the elderly in today's market economies. Furthermore, civil law emerges as resistance because Christian behaviour and labour law is partially regarded as an area of conflict.

The second essential observation centres on the approach that senior monastic executives in the community can be regarded as servant leaders. The observation stood out that being a servant and humility seem to be the dominant components with regard to leadership. Franciscan Rule and spirituality inform daily behaviour concerning hearing and openness. The monastic leaders also show a thorough understanding of the organisation concentrating on love and worry for the community's purposes, missions and complexities. Other dominant factors are empathy and sisterliness. The study gives evidence for the sensitivity to personal concerns and the well-being of their sisters and employees.

A third observation is that societal impact and empowering followers are major outcomes, and both results are closely connected with Franciscan leadership. The spiritual and servant leadership behaviour helps followers to grow and succeed, making their spiritual and personal development a priority and providing them with remarkable support. The same applies to leadership behaviour as an act of service aiming to create value for the society, linking goals of the Franciscan community with a broader purpose. Based on these results, it is possible to build a coherent leadership system based on Biblical and Franciscan sources, spiritually driven servant leadership behaviour as well as outcomes. Figure 2 shows a basic Franciscan leadership model.

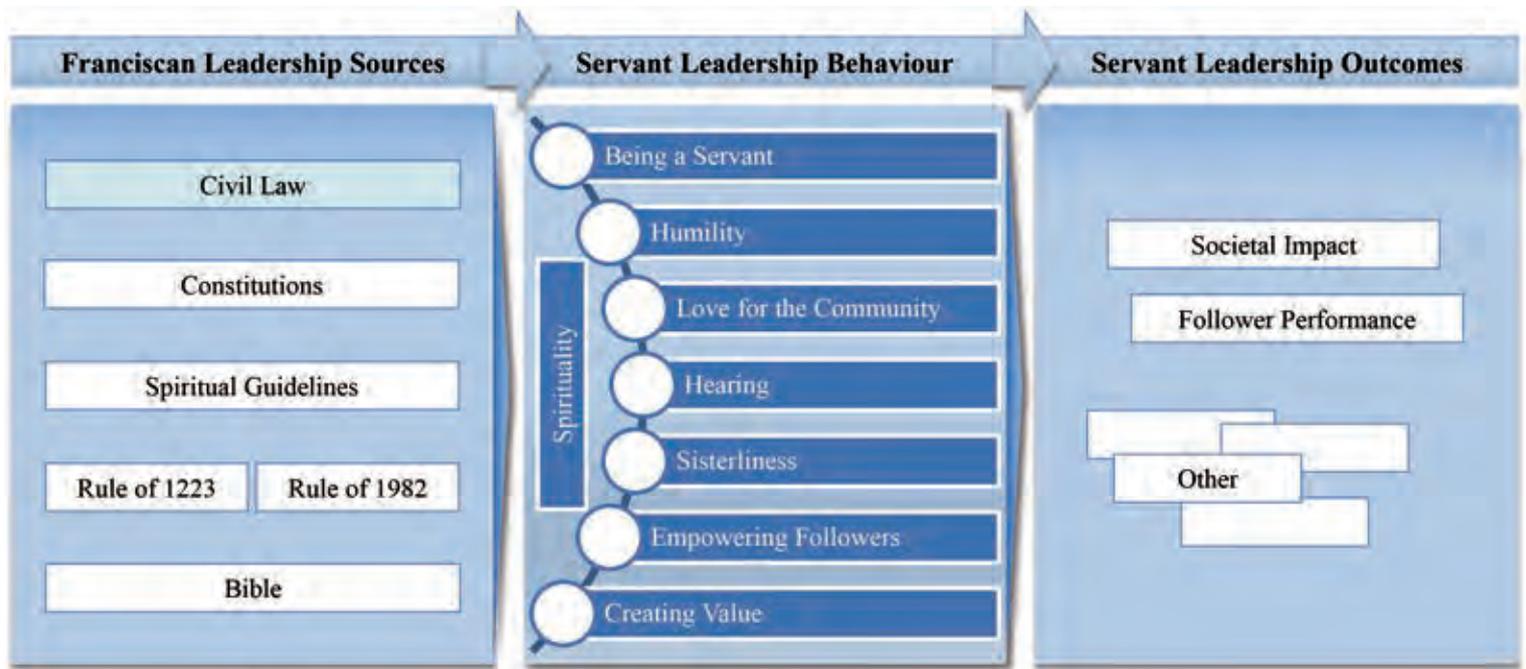


Fig. 2:
Franciscan Leadership Model
(Source: Developed for this project)

Conclusion and further research

In some important ways, the results of this project extend findings from prior studies. The research provides the first analysis based on the theology in four voices conceptualising key aspects of a Franciscan leadership behaviour. It analyses Franciscan leadership outcomes adding empirical evidence. Scriptures and Franciscan spirituality can be seen as a source for a holistic servant leadership model integrating behaviour such as servanthood, humility, hearing and empowering followers. This approach to modern Franciscan leadership combines practical theology and management behaviour building a new servant leadership paradigm for monastic organisations. Monastic and secular leadership behaviour do not have to be regarded as independent domains.

There are also practical implications for a number of parties involved in leadership. Franciscan monasteries can analyse if their sources of leadership are Franciscan Rules and spirituality, and if their contemporary guidelines reflect the historic rules. They are also able to assess if they follow a servant leadership behaviour, and if their leadership outcomes are consistent. The underlying concept of the Franciscan leadership model can be applied to other monastic communities. It also raises issues for leaders of other Christian organisations. There are, however, a number of limitations, and a follow-up project currently undertakes further research in a broader context.

AUTOR

Prof. Dr. Andreas Klasen

Professor für Allg. und Internationale Betriebswirtschaft, Honorary Fellow an der Durham University, Forschungs- und Interessensgebiete: Wirtschaftsförderung, Handelspolitik, Theologie/Wirtschaft
andreas.klasen@hs-offenburg.de



Literature:

- 1) Northouse, Peter G. Leadership: Theory and Practice. London: Sage, 2016
- 2) see, e.g., Fry, Louis W. "Toward a theory of spiritual leadership." Leadership Quarterly 14 (2003): 693-727
- 3) Giorgio Agamben, The Highest Poverty. Monastic Rules and Form-of-Life (Stanford: Stanford University Press, 2013)
- 4) See, e.g., Casutt, Laurentius. "Franziskus." In Die Großen Ordensregeln, edited by Hans Urs von Balthasar, 261-321. Einsiedeln: Johannes, 2010
- 5) Cameron, Helen, Deborah Bhatti, Catherine Duce, James Sweeney and Clare Watkins. Talking about God in Practice. London: SCM Press, 2010

Hochschulsteuerung auf Basis eines kaufmännischen Rechnungswesens

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

Das Hochschulrechnungswesen befindet sich in Deutschland im Umbruch. Viele Hochschulen haben ihre Haushaltsführung von einem kameralen bereits auf ein kaufmännisches Rechnungswesen umgestellt. Aufgrund unzureichender Standards hat sich jedoch eine undurchsichtige Gemengelage entwickelt. Mit dem Projekt wird versucht, der heterogenen Ausgestaltung des kaufmännischen Rechnungswesens als Basis einer bedarfsgerechten und nachhaltigen Hochschulsteuerung durch Beiträge zu begegnen.

The structure of accounting in german universities is changing. A lot of universities and universities of applied sciences already made the transition from cash to accrual accounting. However because of the lack of uniform guidelines concerning specific questions of universities a non-transparent accounting environment has developed. The project faces the heterogeneity in the accounting of german universities that is based on accrual accounting as an expedient and sustainable management tool. In order to improve the accounting system, several articles in chosen journals will be published.

Im Oktober 2015 startete an der Hochschule Offenburg das Forschungsprojekt „Bedarfsgerechte Hochschulsteuerung auf Basis eines kaufmännischen Rechnungswesens (HRW)“. Das durch die Förderlinie „Innovative Projekte“ des Ministeriums für Wissenschaft, Forschung und Kunst des Landes Baden-Württemberg finanzierte Vorhaben hat die in Hochschulen bundesweit voranschreitende Umstellung der Haushaltsführung vom kameralen hin zum kaufmännischen Rechnungswesen als Ausgangspunkt. Diese Umstellung unterliegt keinen einheitlichen Vorgaben, sodass zwischenzeitlich eine heterogene Ausgestaltung eines Informationsinstruments gegeben ist, das sich im privatwirtschaftlichen Bereich durch hohe Normierung auszeichnet. Die durch eine Umstellung erwarteten neuen Steuerungsmöglichkeiten für Hochschulen unterliegen hochschulspezifischen Anforderungen, die weder normiert sind, noch durch landesrechtliche Vorgaben einheitlich geregelt werden können.

Ziel des Forschungsprojekts ist es daher, der vorhandenen Heterogenität in der Ausgestaltung eines kaufmännischen Rechnungswesens an Hochschulen zu begegnen. Dabei liegt das Hauptaugenmerk auf den Steuerungsmöglichkeiten, die der kaufmännischen Rechnungslegung zugesagt werden, und damit verbunden auf der Frage, wie diese bedarfsgerecht und nachhaltig ausgestaltet werden können.

Dazu wurde in einem ersten Schritt die Hochschulrechnungslegung in ihre rechtlichen Rahmenbedingungen eingeordnet und die Übertragbarkeit der handelsrechtlichen Rechnungslegungszwecke auf die Zwecke der Hochschulrechnungslegung überprüft. Da Hochschulen landesrechtlichen Regelungen unterliegen, bestimmen diese, neben der allgemeinen Ausrichtung auf die handelsrechtlichen Bestimmungen des HGB's, auch die Ausgestaltung des Rechnungswesens mit. Die in den Bundesländern praktizierten landesspezifischen Regularien stellen letztlich den Nährboden für die uneinheitliche Ausgestaltung der Hochschulrechnungslegung dar und schieben damit der Vergleich- und Lesbarkeit von Hochschulabschlüssen einen Riegel vor. Auch die Möglichkeit einer zweckadäquaten Interpretation von Daten aus den betreffenden Jahresabschlüssen ist ohne Kenntnisse spezifischer landesrechtlicher Vorgaben kaum möglich. Dieser Umstand wird durch abweichende Bilanzierungspraktiken kaufmännisch buchender Hochschulen aufgrund ungeklärter hochschulspezifischer Sachverhalte zusätzlich verstärkt. Der Status quo der Hochschulrechnungslegung ist einer nachhaltigen Hochschulsteuerung nicht zuträglich. Für die Frage der Ausgestaltung einer bedarfsgerechten Hochschulsteuerung auf Basis eines kaufmännischen Rechnungswesens darf zudem die Hochschulfinanzierung als eine die Hochschulen zunehmend vor Res-

scourcenengpässe stellende Herausforderung nicht unbeachtet bleiben. Der handelsrechtliche Schutzzweck der Rechnungslegung, eine vorsichtige Gewinnanspruchsermittlung, entspricht vor diesem Hintergrund bei nicht gewinnorientierten öffentlichen Unternehmen dem Ziel des Ressourcenerhalts bzw. der Kostendeckung. Damit trägt er in Hochschulen, angesichts schrumpfender Grundmittel, zur langfristigen Sicherung der Aufgabenerfüllung bei.

Aufbauend für den Zweck des Ressourcenerhalts auf Basis handelsrechtlicher Normen, soll die Erarbeitung einer bedarfsgerechten Ausgestaltung der externen Rechnungslegung im hochschulspezifischen Kontext anhand von ausgewählten Bilanzposten wie der Bilanzierung des sog. Sonderpostens oder des Eigenkapitals anknüpfen. Diese für die Hochschulsteuerung wesentlichen Positionen sollen hierfür nach ihrem Sinn und Zweck auf Basis der handelsrechtlichen Konzeption erarbeitet und unter Berücksichtigung der Anforderungen von Hochschulen durchleuchtet werden. Darüber hinaus sollen an dieser Stelle auch strategische Fragen der Hochschulsteuerung erarbeitet werden, die mit der Interpretation des Jahresabschlusses in Verbindung stehen. Dies erfordert die Betrachtung des Liquiditäts-, Finanz-, Investitions- oder Rücklagenmanagements und eines bedarfsgerechten Risikomanagements an Hochschulen.

Auf dieser Basis wird im Hinblick auf die monetären Aspekte der Rechnungslegung eine bedarfsgerechte Ausgestaltungsform zum Hochschulcontrolling erarbeitet. Jedoch sind auch Aspekte der qualitativen Hochschulsteuerung durch das hochschulspezifische Berichtswesen zu integrieren. Dabei muss besonders den Interessen der unterschiedlichen internen Hochschuladressaten Rechnung getragen werden. In jedem der vorgenannten Schritte sollen ebenfalls nichtmonetäre Steuerungsaspekte in Form des Nachhaltigkeitsmanagements sowie der Managementstrukturen im Hochschulumfeld eingebunden werden.

Die jeweiligen Arbeitsergebnisse werden in Fachzeitschriften veröffentlicht und sollen auf einschlägigen Konferenzen vorgestellt werden. Zudem soll die Thematik in Bachelor- und Masterarbeiten Eingang finden.

Das Projekt wird maßgeblich durch folgende Projektbeteiligte vorangetrieben:

Frau Prof. Dr. Anne Najderek ist Hauptverantwortliche des Gesamtprojekts. Sie ist seit September 2012 als Professorin für Betriebswirtschaftslehre, insbesondere Bilanzierung und externes Rechnungswesen an der Hochschule Offenburg tätig und hat sich in ihrer bisherigen akademischen Laufbahn bereits ausgiebig mit den Fragen der Umstellung von der Kameralistik zur Doppik beschäftigt. Dies schlägt sich unter anderem in der jährlichen Tagung zum Thema „Hochschulrechnungswesen“ an der Hochschule Offenburg nieder, die von Frau Prof. Dr. Najderek ins Leben gerufen und im September 2013 erstmalig ausgerichtet wurde.

Der Kooperationspartner Herr WP/StB Dr. Christian Marettek ist Direktor im Bereich Public Management Consulting der PwC Wirtschaftsprüfungs AG. Als ausgewiesener Experte auf dem Gebiet der Hochschulsteuerung hat er bereits viele Doppikumstellungen begleitet und sich durch mehrere Publikationen, u.a. zum aktuellen Forschungsprojekt „Steuerungsprobleme großer Universitäten in Zeiten der Exzellenzinitiative“, auf diesem Gebiet engagiert.

Die Kooperationspartnerin Frau Prof. Dr. habil. Katharina Spraul ist seit September 2013 Inhaberin des „Lehrstuhls für Betriebswirtschaftslehre, insb. Sustainability Management“ im Fachbereich Wirtschaftswissenschaften an der Technischen Universität Kaiserslautern. Sie ist ausgewiesene Expertin zu Fragen strategischer Steuerung im öffentlichen Bereich und für Nachhaltigkeitsmanagement in Unternehmen, öffentlichen Institutionen und Non-Profit-Organisationen.

AUTOREN

Prof. Dr. rer. pol. Anne Najderek

Fakultät B+W, Buchführung, Bilanzierung, Internat. Rechnungslegung (IFRS), Kosten- und Leistungsrechnung, Internat. Financial Management, Gesamtverantwortliche im Projekt „Bedarfsgerechte Hochschulsteuerung auf Basis eines kaufmännischen Rechnungswesens (HRW)“
anne.najderek@hs-offenburg.de



Philip Jung M. Sc.

Fakultät B+W, wissenschaftlicher Assistent von Prof. Dr. Najderek und Projektleiter im Projekt „Bedarfsgerechte Hochschulsteuerung auf Basis eines kaufmännischen Rechnungswesens (HRW)“
philip.jung@hs-offenburg.de



Optimierung eines Prüfkörpers für biaxiale Zugversuche

Simon-Martin Höfer M. Sc., Prof. Dr.-Ing. habil. Lutz Nasdala

Im Gegensatz zu einer uniaxialen Zugprüfung stellt sich bei einer einfachen Kreuzzugprobe kein homogenes, sondern ein heterogenes Spannungsfeld ein. Anhand von FEM-Simulationen wird veranschaulicht, dass eine Vermeidung von Spannungssingularitäten durch eine Aussparung der Kerben nicht ausreicht. Um eine annähernd homogene Spannungsverteilung erzielen zu können, muss die Probe in ihrer Mitte vertieft werden. Außerdem wird gezeigt, wie sich durch weitere Maßnahmen das homogene Spannungsfeld vergrößern lässt.

In contrast to a uniaxial tensile test, for a simple cross tensile specimen, not a homogeneous but a heterogeneous stress field is observed. Based on FEM simulations, it is demonstrated that avoiding a singularity in tension through a notch is not sufficient. In order to achieve an approximately homogeneous region of the stress field, the specimen needs to be deepened in the middle of the sample. Further, it is shown that with additional measures an increase of the homogeneous stress field is possible.

Motivation

Die biaxiale Zugprüfung ist eine relativ neue Testmethode. Sie dient der Ermittlung von Materialparametern für Werkstoffgesetze. Als Beispiele seien genannt:

- Grenzformänderungsdiagramme bei Metallen: Hierbei ist die biaxiale Zugprüfung eine Alternative zum Cupping-Test, bekannt auch als Nakajima- oder Bulge-Versuch [1]. Aus einem Grenzformänderungsdiagramm lässt sich ablesen, bei welcher Belastung ein Material versagt.
- Hyperelastizität bei Elastomerwerkstoffen: Mit hyperelastischen Materialgesetzen lässt sich das Werkstoffverhalten bei sehr großen Verzerrungen beschreiben. Als Alternative für den Scherversuch kann die biaxiale Zugprüfung dienen.
- Versagen thermoplastischer Kunststoffe: Das in das FEM-Programm Abaqus implementierte Materialgesetz „Molded Plastics“ [2] wurde für die Crash-Simulation von Bauteilen aus kurzfaserverstärkten Kunststoffen entwickelt. Ein besonderes Merkmal ist, dass auch nicht-konvexe („erdnussförmige“) Fließflächen möglich sind. Dies erlaubt eine bessere Anpassung an unterschiedliche ebene Spannungszustände. Zur Messung der Richtungsabhängigkeit sind biaxiale Prüfungen zwingend erforderlich.

Stand der Forschung

Im Gegensatz zum uniaxialen Versuch stellt sich bei der biaxialen Zugprüfung immer ein heterogenes Spannungsfeld ein. Die einfache Kreuzzugprobe sowie die bislang entwickelten Gegenmaßnahmen sind in Abb. 1 gegenübergestellt:

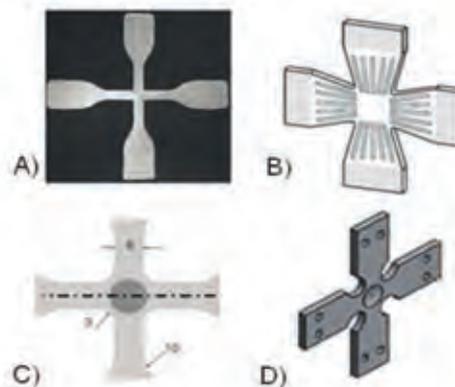


Abb. 1: Unterschiedliche Kreuzproben: A) einfache Kreuzzugprobe [3], B) Schlitzte [5], C) Radius und Vertiefung [5], D) Aussparung und Vertiefung [8]

- Probe A) einfache Kreuzzugprobe: In der Arbeit von Johlitz [3] wird versucht, das hyperelastische Werkstoffverhalten von Elastomeren mit Messdaten zu beschreiben, die an einer einfachen Kreuzzugprobe gewonnen wurden. Für die Prüfung von Stählen wurde diese Geometrie ebenfalls verwendet, was aus der Veröffentlichung von Scheffer [4] hervorgeht. Der große Nachteil dieser Probenform ist die Spannungssingularität im Kerbgrund.

- Probe B) Schlitz:
Dieser Prüfkörper hat in jedem Achsschenkel fünf Schlitzte und hat den Vorteil, dass sich durch die Verjüngungen der Achsschenkel in Richtung der Probenmitte ein Versagen in den Achsschenkeln verhindern lässt. Durch die Reduktion des Materials in Richtung Probenmitte wird das homogene Spannungsfeld geringer, was als Nachteil zu bewerten ist. Mit dieser Probenform [5, 6] wurde versucht, für metallische Bleche eine Fließortkurve zu bestimmen.
- Probe C) Radius und Vertiefung:
Diese Kreuzzugprobe mit einem ausgeprägten Radius am Kerbgrund und einer kreisförmigen Vertiefung in der Probenmitte wird sowohl für Stahl [5] als auch für Hartschäume [7] verwendet. Mithilfe der Vertiefung wird ein größeres homogenes Spannungsfeld generiert. Jedoch weist die Kerbgeometrie den Nachteil auf, dass die Plastifizierung im Kerbgrund beginnt.
- Probe D) Aussparung und Vertiefung:
Für die Untersuchung des Crashverhaltens von Aluminiumprofilen wurde die Probe D [8] entwickelt. Diese Probengeometrie hat den Vorteil, dass die Plastifizierung durch die Vertiefungsgeometrie, die einer Halbkugel ähnelt, in der Probenmitte beginnt. Infolge der Vertiefungsgeometrie ist das homogene Spannungsfeld relativ klein, da bedingt durch die Vertiefungsform die Fläche im Vertiefungsgrund sehr klein ist.

Die Wirksamkeit der vorgestellten Maßnahmen wird nachfolgend anhand von FEM-Simulationen untersucht. Ziel ist es, ein möglichst großes homogenes Spannungsfeld in der Probenmitte zu generieren. Hierfür werden verschiedene der oben aufgeführten Methoden kombiniert, und es wird zusätzlich eine Materialaufdickung vorgesehen, welche zur Verbesserung des Ergebnisses beiträgt.

Einfluss der Kerbgeometrie

Mit den gesammelten Erkenntnissen aus der Literaturrecherche wird im ersten Optimierungsschritt der Einfluss der Kerbgeometrie auf die Plastifizierung der Probe untersucht. Für die Berechnung der Prüfkörper wird exemplarisch ein Stahl verwendet, der durch ein Elastizitätsmodul von 210 GPa und eine Querkontraktionszahl von 0,3 charakterisiert ist. Die Streckgrenze des Stahls liegt bei 240 MPa. Da die Kräfte F_1 und F_2 unterschiedlich sein können, wird zur Reduzierung der Rechenzeit ein

Viertelmodell genutzt. Im Nachfolgenden werden aber nur äquibiaxiale Zugprüfungen betrachtet. Wie in Abb. 2 gezeigt, soll zumindest für den rot dargestellten Bereich eine homogene Spannungsverteilung erreicht werden.

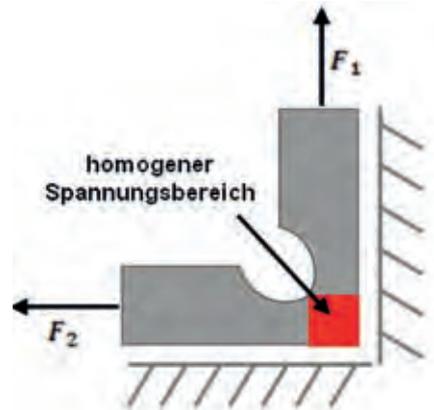


Abb. 2: Merkmale des Viertelmodells mit eingezeichnetem homogenem Spannungsbereich

Bei der Optimierung der Kerbgeometrie werden die plastischen Vergleichsdehnungen betrachtet, denn diese zeigen sofort an, an welcher Stelle die Plastifizierung beginnt. Die (akkumulierte) plastische Vergleichsdehnung

$$\bar{\epsilon}_p = \int \dot{\epsilon}_p dt \quad (1)$$

erhält man durch Integration der plastischen Vergleichsdehnungsrate $\dot{\epsilon}_p$. Es werden verschiedene Kerbgeometrien an der Kreuzprobe berechnet. Das Ziel ist es, die maximalen plastischen Dehnungen, die im Kerbgrund entstehen, zu minimieren. Ein weiteres Untersuchungskriterium sind die plastischen Vergleichsdehnungen in der Probenmitte, dem Messbereich, und in den Achsschenkeln, wo sie niedriger sein sollen, damit der Prüfkörper nicht im Achsschenkel, sondern im Messbereich versagt. Während des Berechnungsprozesses der jeweiligen Kerbe wurden verschiedene Parameter wie die Radien und die Kerbtiefe variiert, um für jede Kerbform das in Abb. 3 dargestellte Optimum zu erreichen.

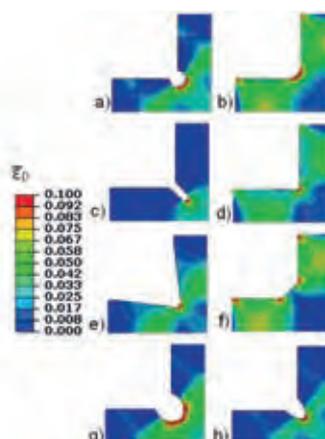


Abb. 3: Vergleich der plastischen Vergleichsdehnung: a) Bohrung, b) Radius, c) Schlitz, d) Kante, e) Verjüngung, f) Fase, g) Ellipse, h) Ausschnitt

Bei den Kerbgeometrien b, d, e und f sind die plastischen Dehnungen im Achsschenkel sehr viel höher als im Inneren der Probe. Zusätzlich weisen diese Kerbformen nahezu keine plastische Dehnung in der Probenmitte auf, was ein Versagen der Probe im Achsschenkel bedeutet und damit nicht den geforderten Anforderungen entspricht. Bei der Kerbgeometrie g, die für den weiteren Optimierungsprozess verwendet wird, werden im Gegensatz zu den anderen Kerbformen die plastischen Dehnungen soweit wie möglich in das Messfeld der Probe verlagert. Außerdem wird die Spannungsspitze am Kerbgrund gleichmäßig verteilt. Im Hinblick auf die Verwirklichung eines größtmöglichen homogenen Spannungszustands in der Mitte der Kreuzprobe ist eine alleinige Optimierung der Kerbe nicht ausreichend. Bei der Betrachtung der Normalspannungen σ_{xx} , die in Abb. 4 dargestellt sind, erkennt man, dass diese in der Kerbe höher als in der Probenmitte sind. Der Bereich des homogenen Spannungsfelds erreicht noch nicht ganz die gewünschte Größe des in Abb. 2 rot gekennzeichneten Quadrats. Aus diesem Grund müssen Zusatzmaßnahmen ergriffen werden, damit sich der homogene Spannungsbereich vergrößern kann.

Optimierung des homogenen Spannungsfelds

Ausgehend von der ellipsenförmigen Kerbe, sollen zur Optimierung des homogenen Spannungsfelds die in Abb. 5 dargestellten Geometrieänderungen eingehend untersucht werden. Beginnend mit einer Vertiefung in der Probenmitte, werden stufenweise weitere Maßnahmen wie Schlitzte und Materialaufdickungen an dem Probenkörper modelliert. Für die Quantifizierung der einzelnen Maßnahmen muss ein Bereich in der Probenmitte ermittelt werden, der als gewünschtes homogenes Spannungsfeld definiert wird. Die Normalspannungen σ_{xx} und σ_{yy} müssen in diesem Bereich die gleichen Spannungswerte aufweisen. Hierfür wird bei den beiden Normalspannungen jeweils ein maximal mögliches Rechteck im homogenen Spannungsfeld erzeugt, wie in Abb. 6 zu erkennen ist. Um eine Homogenität des Spannungsbereichs zu gewährleisten, dürfen die Spannungswerte maximal zehn Prozent von der maximalen Spannung abweichen. Dies bedeutet, dass in den Rechtecken nur rotgefärbte Bereiche vorhanden sein dürfen. Durch das Übereinanderlegen der Rechtecke, wie in der Skizze in Abb. 6 dargestellt, entsteht ein überdeckender Bereich, der der gemeinsame homogene Spannungsbereich der Probe ist.

Abb. 4: Normalspannung mit ellipsenförmiger Kerbgeometrie ohne zusätzliche Maßnahmen

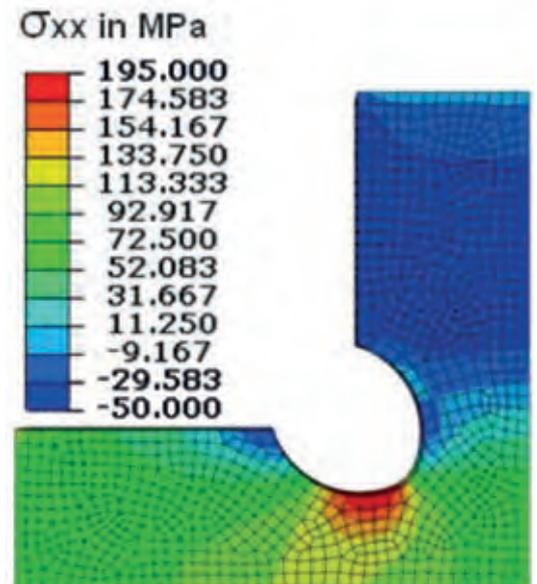


Abb. 5: Konstruktive Maßnahmen an der Kreuzzugprobe

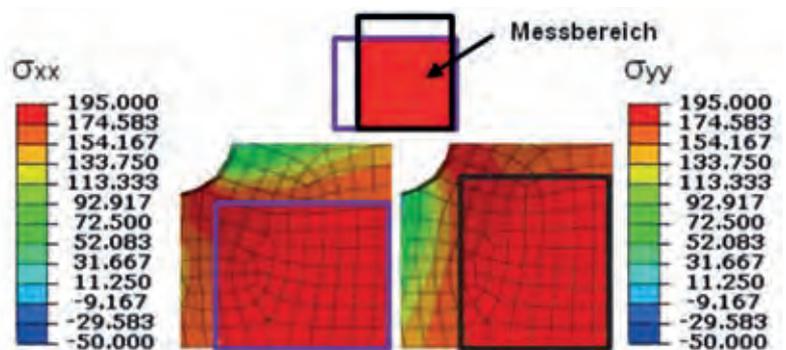
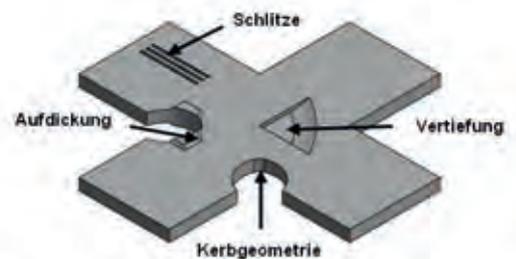


Abb. 6: Auswertung für das Messfeld der Kreuzzugprobe

Kreuzzugprobe mit Vertiefungsgeometrie

Mit einem Polygonzug als Vertiefungsform lässt sich ein vergleichsweise homogenes Spannungsfeld erzeugen. Die Nenntiefe der Vertiefung beträgt 1,5 mm. Zusätzlich wird zur Reduzierung der Spannungsspitzen im Vertiefungsgrund ein Radius von 17 mm zwischen Vertiefungsgrund und der Probenkörperoberfläche modelliert. Bei der Betrachtung der Normalspannungen σ_{xx} stellt sich, ausgehend von der Probenmitte, ein homogener Spannungsbereich bis zum Kerbgrund ein. Dieser Bereich weist jedoch eine Schwankung im horizontalen Verlauf auf, die weitere Maßnahmen erforderlich macht.



Institute for Unmanned Aerial Systems



Prof. Dr. rer. nat. Werner Schröder, Institutsleitung IUAS

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

Es haben sich aber bald weitere Themenbereiche eröffnet, die in einem technologischen Zusammenhang mit Lösungswegen im UAV-Bereich stehen. Hier sind zunächst Entwicklungsarbeiten in der Kanalsanierung zu erwähnen. Es wurde ein akustisches Verfahren zur Inspektion von Kanalrohren entwickelt, über das an anderer Stelle berichtet wird. Hieraus ist ein weiteres Projekt für ein System für die Kanalnavigation entstanden, das derzeit in Arbeit ist. Weitere Projekte im Bereich Navigation sind in der Antragsphase.

Vorarbeiten in der optischen 3-D-Erfassung haben zu einem Entwicklungsprojekt in diesem Bereich geführt. Ein entsprechendes Labor-

muster läuft, derzeit sind die ersten Prototypen im Aufbau.

Problemstellungen in der Inspektion von Beton mündeten in ein Entwicklungsprojekt im Bereich Ultrawideband-Radar. Ein erstes System wurde realisiert und wird derzeit optimiert. Aus diesen Arbeiten haben sich weitere Anwendungsbereiche für UWB-Radare ergeben; hier werden derzeit Konzepte erstellt und Finanzierungsquellen eruiert.

Das Institut hat inzwischen erfahrene Mitarbeiter und eine breite technologische Basis: Navigation, Flugregelung, Trägerphasen-GPS, HF-Kommunikationssysteme, optische 3-D-Erfassung, Ultrawideband-Radar, inverse 3-D-Rekonstruktionsalgorithmen, akustische Systeme etc. Die Auftragslage und Auslastung ist gut, und es darf gehofft werden, dass sich auf dieser Basis noch einige interessante Entwicklungen ergeben werden.

Natürlich sind Absolventenarbeiten und Projektarbeiten im Institut gern gesehen.



Rohrleitungsnavigation

Michael Lange B. Eng.

Für die Kanalinspektion und Kanalsanierung ist es wichtig, den Rohrverlauf zu kennen. Am Institute for Unmanned Aerial Systems wird ein Messsystem entwickelt, das den Verlauf des Rohrs während der Durchfahrt eines Roboters ermittelt. Zudem kann der 3-D-Rohrverlauf dargestellt und die Strecke vermessen werden.

For the sewer inspection and sewer rehabilitation, it is important to know the course of the pipe. The Institute for Unmanned Aerial Systems developed a measuring system that measures the course of the pipe while the robot moves through the tube. In addition, the course of the pipe and the route is shown in a 3-D-representation.

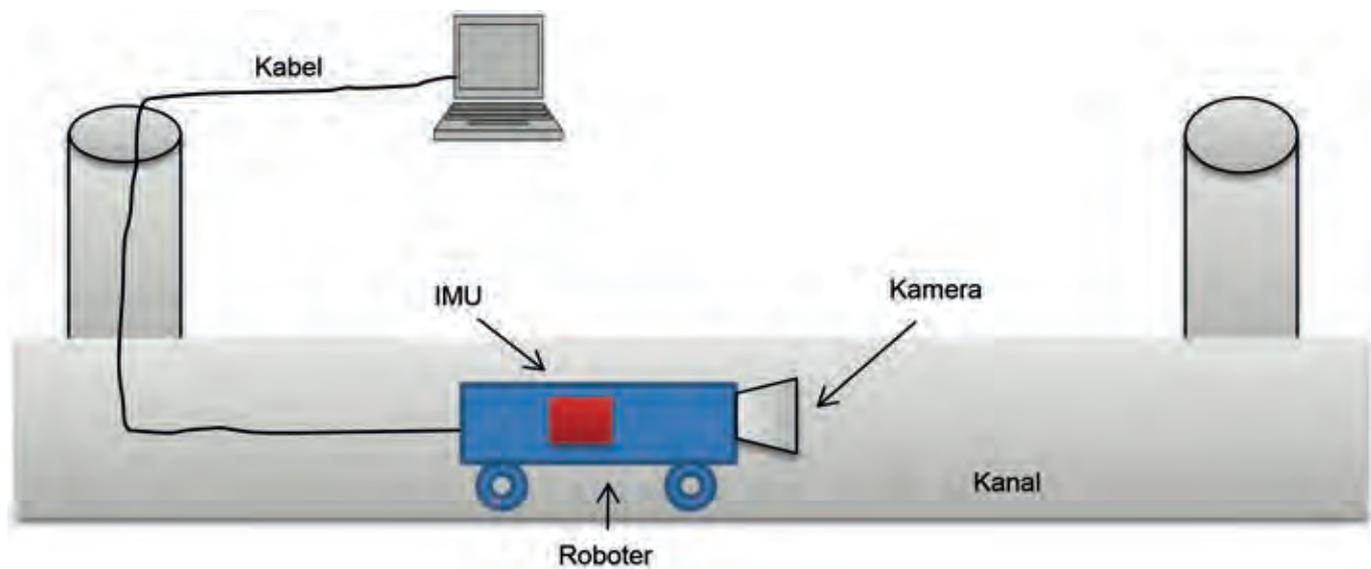


Abb. 1: Aufbau des Messsystems

Einleitung

Bei der Sanierung von Kanalsystemen sind Robotersysteme nicht mehr wegzudenken. Sie können einfach in den Kanal eingesetzt werden und weitestgehend automatisiert arbeiten. Aufgrund der Größe der Roboter ist dies auch in Bereichen möglich, die nicht begehbar sind. Probleme bei der Nutzung von Robotersystemen bestehen jedoch in der exakten Positionierung des Systems im Kanal, da die genauen Verläufe der Rohrsysteme im Raum häufig nicht bekannt sind (fehlende Zeichnungsunterlagen, anders verlegt als gezeichnet etc.). Dies kann teilweise zu Schäden am Roboter (Absturz in einen nicht erkannten Seitenkanal), aber auch zu höherem Aufwand bei Sanierungsarbeiten (Aufspüren bzw. Wiederfinden von beschädigten Stellen) führen.

Hierzu entwickelt das IUAS zusammen mit einem Projektpartner ein Messgerät, das den

Verlauf von Rohrleitungen erfasst und darstellt. So können fehlende Pläne und Teilpläne erfasst und Rohre lokalisiert werden. In einem weiteren Projekt in Kooperation mit dem Institut Eco-PhARO werden die von der Kamera erfassten Bilder mit den Daten der Verlaufsmessung verrechnet. Dadurch kann das Rohr visuell in 3D dargestellt, Objekte im Rohr sowie die gesamte Rohrgeometrie vermessen werden.

Funktionsweise

Im Herzen des Systems befindet sich eine IMU (Inertial Measurement Unit). Diese erfasst Drehraten und Beschleunigungen jeder Achse. Aus diesen Daten wird mit einem Quaternionen Algorithmus laufend die Lage des Roboters errechnet. Über einen weiteren Schritt wird daraus der Verlauf des Rohrs ermittelt.

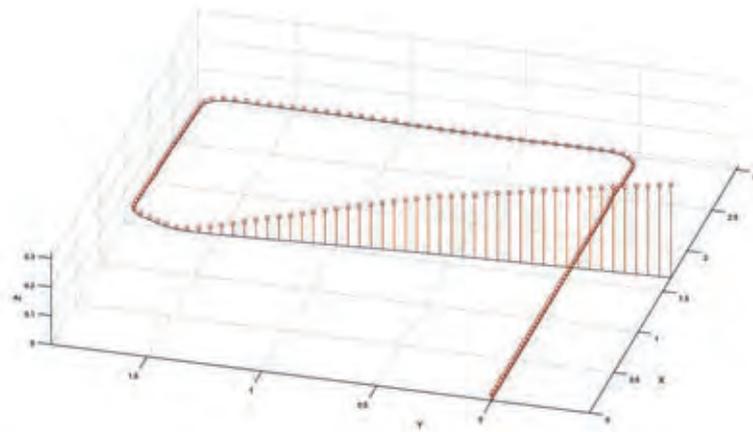


Abb. 2/3:
Gegenüberstellung der Teststrecke und dem Messergebnis

Abb. 4: Schieberoboter

Messergebnisse

Zum Test des Systems wurde eine Strecke mit Bögen und Höhenunterschied aufgebaut. Wie im Diagramm zu sehen ist, kann der Rohrverlauf aus den Messdaten dargestellt und einzelne Punkte vermessen werden.

Aktueller Projektstand und weiteres Vorgehen

Momentan wird ein praxistauglicher Fahrzeug, auf dem alle Sensorsysteme (IMU, Kamera und Laser) integriert sind, aufgebaut. Dieser hat keinen eigenen Antrieb, sondern wird mit Schieberoboter durch den Kanal geschoben. Somit ist dieser individuell einsetzbar.

Darauf wird das Gesamtmesssystem optimiert und die Verlaufsmessung, 3-D-Visualisierung sowie die Geometrieerfassung des gesamten Rohrs in realer Umgebung getestet.

Die Komponenten wurden im Labor bereits zusammengebracht und das Gesamtsystem auf seine Funktion getestet, wodurch mit einem schnellen Erfolg der Messungen in realer Umgebung zu rechnen ist.



AUTOR

Michael Lange B. Eng.
Projektmitarbeiter
Institute for Unmanned Aerial
Systems (IUAS)
michael.lange@hs-offenburg.de



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 können wegen des Fehlens von Personen an Bord eine Reihe von Vorteilen aufweisen: Zum einen können sie bedeutend leichter als bemannte Luftfahrzeuge sein, was eine wesentliche Reduktion in Herstellungs- und Betriebskosten für eine spezifische Aufgabe bedeutet, zum anderen können sie eine Flugdynamik aufweisen, die ein Mensch nicht überstehen würde. Auch ergeben sich wesentlich größere Freiheitsgrade im Entwurf, so dass beispielsweise Nurflügel für ein solches Luftfahrzeug eine interessantere Option darstellen kann als im bemannten Bereich usw.. Der große Entwurfsspielraum erfordert ein gutes Verständnis der physikalischen Zusammenhänge, um der Aufgabenstellung entsprechenden Entwurf zu gelangen. Dieser Artikel soll die erforderlichen Arbeiten aufzeigen, die für den Entwurf eines UAVs erforderlich sind. Er beschränkt sich allerdings nur 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 zu nutzen sowie FEM-Programme für die Untersuchung der Steifigkeit der Struktur zu verwenden. Leider haben diese Programme für die vielen erforderlichen Durchläufe der Optimierung eines Entwurfs unakzeptabel lange Laufzeiten und erfordern teils ein zeitraubendes Preprocessing. Zudem liefern diese Ergebnisse kaum Einblick in physikalische Zusammenhänge, sodass man nicht so recht weiß, in welche Richtung man eigentlich sinnvoll weiter optimieren sollte.

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. So wird der zeitliche und finanzielle Aufwand überschaubar.

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

- **Pflichtenheft:** Einsatzzweck, Nutzlast, Reisegeschwindigkeit, Start-/Landegeschwindigkeit, Steigleistung, Gipfelhöhe, Reichweite, Wetterbedingungen, erlaubte Flugzustände usw.
- **Aerodynamik:** Ermittlung der Luftkräfte und -momente für alle erlaubten Flugzustände
- **statische Strukturfestigkeit:** Kann die Zelle die Luftkräfte und -momente ohne Bruch für alle erlaubten Flugzustände sicher aufnehmen?
- **Flugstatik- und dynamik:** Schwerpunkt-lage bei getrimmtem Flug, aerodynamisch stabiler oder labiler Flug; sind alle Schwingungen – im wesentlichen Gierrollschwingung, Spiralsturz und schnelle Schwingung um die Querachse – ausreichend stark gedämpft? (Alles gerechnet unter der Annahme einer statischen Flugzeugstruktur.)
- **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 modifizierbar sein, denn manche weniger wichtige Anforderungen sind möglicherweise in einem vertretbaren Aufwand doch nicht realisierbar.

Aerodynamik

In der Aerodynamik von Flugzeugen versucht man, über strömungsgünstige Körperformen Ablösegebiete mit Rückstromwirbeln aufgrund 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 Skelettfläche/-linie 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 Skelettfläche 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 geringem Aufwand selber zu schreiben. Auch kann man FLZ-Vortex von Frank Ranis, AVL von Mark Drela, Tornado oder ähnliche Programme verwenden. Aus der berechneten Zirkulationsverteilung können dann alle Luftkräfte 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 i. a. zu minimieren (induzierter Widerstand).

Die Berechnung der Grenzschicht, die für die Viskosereibung verantwortlich ist, kann mit Integralverfahren über ein selbstgeschriebenes Programm erfolgen oder man verwendet Martin Hepperles Javafoil oder Mark Drelas Xfoil. Diese Programme liefern 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 Fliegeroberfläche, 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 durch VLM-Verfahren oder auch analytisch berechnen. Bereits Steuerflächen mit geringer Tiefe führen zu deutlichen Auftriebs- und Drehmomentveränderungen.

Besondere Beachtung verdient das Verhalten bei Strömungsabriss; beispielsweise durch eine Böe bei einem 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 um die Rollachse unmittelbar unsteuerbar. Da Strömungsabrisse meistens einseitig auftreten, ergäbe sich eine schnelle Rolle, bei der nicht gegengesteuert werden kann; mit ggf. anschließendem Aufschlag auf den Boden oder einem Übergang in das Trudeln.

Statische Strukturfestigkeit

Im Gewichtsbereich kleiner UAVs 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. Dies gilt 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 zu kohlenstoffverstärktem Fasermaterial (CFK) in Bezug auf 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 (drei für die translatorische Bewegung, drei für die Rotation) mit einem mathematischen Hochsprachenprogramm aus und ermittelt daraus die Dämpfung der verschiedenen Schwingungsmodi im Flug. Man kann auch AVL verwenden, 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 UAVs 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 Skelettfäche eins zu eins in ein FEM-Programm, ein Modell des Tragflügels aus entsprechenden steifen Platten, die mit Federn gekoppelt sind, abgebildet werden können. Ein solches FEM-Modell ist sinnvollerweise im Matlab o. ä. zu programmieren, wobei sich die Eigenmoden über Invertierung der Systemmatrix ermitteln lassen. Die durch die Verformung veränderten Kräfte und Momente lassen sich wiederum nun über das VLM-Programm ermitteln. So kann man 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, so dass die Lösung der stationären Strömung i. a. zu einer konservativen, d. h. sichereren Lösung führt.

Üblicherweise wird jede Tragfläche oberhalb einer bestimmten Geschwindigkeit durch aeroelastische Schwingungen zerstört. Es kommt daher darauf an, dass diese Geschwindigkeitsgrenze deutlich oberhalb der erlaubten Flugzustände liegt. Da der mögliche Schaden bei einem UAV in einem solchen Fall vergleichsweise gering sein wird, kann die Aeroelastizität bei einem nicht zu großen UAV 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. Aber nur 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 zu untersuchen.

Steuerflächen, insbesondere Querruder, können Schwingungen anfachen. Hier lässt sich häufig Abhilfe schaffen, indem man durch Zusatzgewichte vor der Drehachse die Steuerflächen so ausbalanciert, dass ihr Schwerpunkt in der Drehachse zum Liegen kommt. Durch diese Maßnahme wird die Steuerflächenschwingung von der Tragflächenbiegeschwingung abgekoppelt.

Ausblick

Der beschriebene Entwurfsprozess wird im Institut IUAS auch für den Langstreckenflieger „Jan Mayen“ eingesetzt.

Es ist noch zu beachten, dass kleine UAVs 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 üblicherweise Vorteile in Bezug auf geringsten Flugwiderstand.

**Autor
dieses
Artikels:
Seite 107**

„Jan Mayen“ – Entwicklung eines kleinen unbemannten Fluggeräts für die Langstrecke

Prof. Dr. rer. nat. Werner Schröder

Folgend werden Auslegung und Projektstand von „Jan Mayen“ erläutert – einem unbemannten Fluggerät für die Langstrecke.

In the following pages the design and project status of „Jan Mayen“ is presented – an unmanned aerial vehicle for long range applications.

Einleitung

Es mag erstaunen, dass kleine unbemannte Fluggeräte (UAV) eine sehr große Reichweite haben können. Die Oberflächenreibung ist bei kleiner Baugröße zwar relativ größer als bei Großflugzeugen, jedoch kann durch eine geeignete Formgebung z. B. in einer Ausführung als Nurflügel mit integriertem Rumpf (blended wing body) dem begegnet werden.

Das IUAS hat sich die Aufgabe gestellt, in einem, im wesentlichen von Studenten getragenen Projekt ein unbemanntes Fluggerät für die Langstrecke zu entwickeln. Ziel ist der Flug über eine Strecke von der Nordseeküste bis zur Insel Jan Mayen kurz vor Grönland und zurück, eine Flugstrecke von etwa 4200 km nonstop (Abb. 1). Als Name des UAV und des Projekts hat sich daher „Jan Mayen“ angeboten.

Wesentliche Eigenschaften des Fluggeräts „Jan Mayen“

Für die Wetterverhältnisse auf dem Nordatlantik ist wegen der häufig vorkommenden Stürme eine Reisefluggeschwindigkeit von mindestens 110 km/h erforderlich. Theoretische Analysen haben gezeigt, dass mit einer Abflugmasse von etwa 10 kg das gesteckte Ziel erreicht werden kann: 6 kg Treibstoff und ca. 3,5 kg Leermasse.

Die Zelle ist ein Nurflügel mit integriertem Rumpftank mit Schwalldämpfung (Abb. 2). Als Material werden CFK-Sandwichplatten und gefrästes Styrodur mit leichter Beplankung verwendet. Teile des UAV werden zudem aus ABS beziehungsweise PLA in 3D gedruckt.



Abb. 1:
Beabsichtigte Flugstrecke Nordseeküste - Insel „Jan Mayen“ und zurück

Als Motor soll ein 11 ccm Viertakter mit elektronischer Zündung Verwendung finden. Wesentlich für Zuverlässigkeit und geringem spezifischem Kraftstoffverbrauch ist die Entwicklung einer höhentauglichen Einspritzanlage, die auch gleichzeitig die Drehzahlregelung, die Kühlluftregelung sowie die Überwachung der Zylinderkopftemperatur und der Abgastemperatur übernimmt.

Für die Flugregelung wird die bewährte Helikopterflugregelung des IUAS modifiziert. Die Datenfunkverbindung wird über Satellit über das Iridiumsystem erfolgen.



Abb. 2:
Fluggerät „Jan Mayen“ mit vorn eingebautem, hängendem 4-Takt-Einzylinder-Motor

Stand des Projekts

Für die Flugplanung wird ein Softwarepaket entwickelt, das Wetterdaten des Global Forecast Systems (GFS) mit Wegpunktedaten und Charakteristika des UAV zusammenführt, sodass für eingegebene Wegpunkte und Startzeit der gesamte Flugverlauf einschließlich Treibstoffverbrauch im Voraus simuliert werden kann. So kann die optimale Flugstrecke und der optimale Startzeitpunkt, um z. B. bei Tageslicht und sichtigem Wetter von Jan Mayen Luftaufnahmen machen zu können, ermittelt werden.

Das UAV soll von einem Startwagen mit Zusatzantrieb per Handsteuerung gestartet werden und dann auf Automatik umgeschaltet werden. Die Landung soll ebenfalls per Handsteuerung „auf dem Bauch“ erfolgen, leergefliegen ist die Flächenbelastung recht gering, und es ist daher eine unproblematisch langsame Landegeschwindigkeit zu erwarten.

Die Einspritzanlage ist im wesentlichen entwickelt, und erste Verbrauchs- und Dauerbetriebstests unter Verwendung verschiedener Propeller sind begonnen worden. Die ersten Ergebnisse entsprechen den Erwartungen. Allerdings sind noch eine Reihe von Details zu optimieren. Der Motor erweist sich als recht empfindlich auf die Betriebstemperatur, sodass er im Flug mit nur etwa einem Viertel seiner Maximalleistung belastet werden kann. Auf dem Motorteststand ist bisher keine adaptive Kühlung wie im Fluggerät selber vorgesehen, deshalb haben sich Betriebsmessungen bei geringer Belastung wegen der niedrigen Betriebstemperatur als schwierig herausgestellt.

Der aerodynamische Entwurf wurde konstruktiv umgesetzt. Mit den sich daraus ergebenden Massenträgheitsmomenten wurde die zu erwartende Flugstabilität theoretisch untersucht und optimiert. Alle gekoppelten Schwingungen, insbesondere auch die Gier-Rollschwingung, sind ausreichend gedämpft.

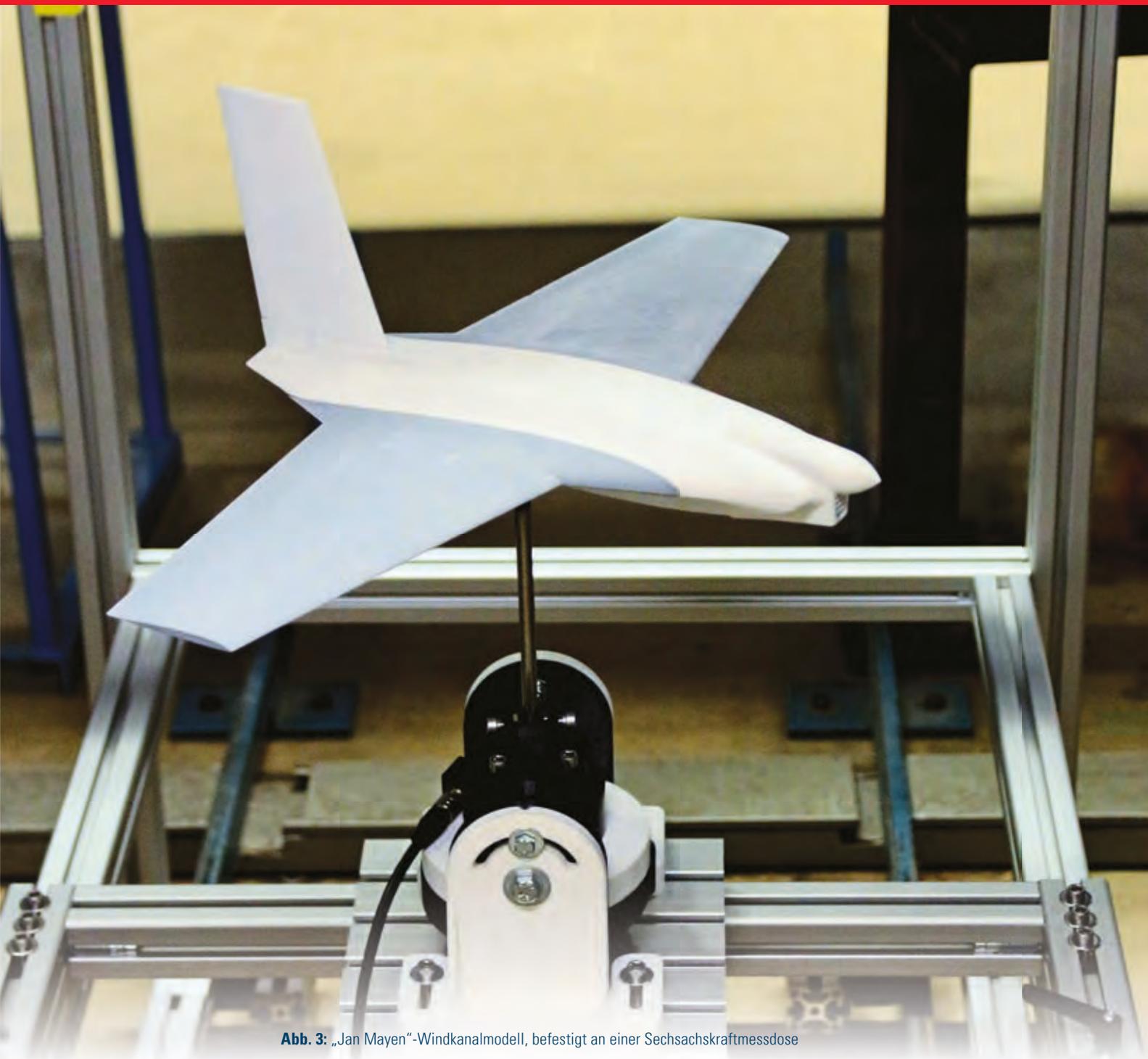


Abb. 3: „Jan Mayen“-Windkanalmodell, befestigt an einer Sechssachskraftmessdose

Zwei Modelle des Nurflügels mit unterschiedlichen Oberflächenrauigkeiten wurden im Maßstab 1:3.6 in 3D gedruckt. An diesen Modellen werden derzeit Messungen im Windkanal der Hochschule durchgeführt (Abb. 3). Der Luftwiderstand hat sich hier als etwas besser als vorausberechnet ergeben und das satellitengestützte Iridiumkommunikationssystem ist im wesentlichen programmiert und funktioniert. Die Daten werden per E-Mail mit dem Fluggerät ausgetauscht. Zudem befindet sich das erste flugfähige Modell im Aufbau, und erste Flugtests werden für Mai 2016 erwartet.

Bisher hat sich kein technisches Hindernis ergeben, das einem Langstreckenflug über 4200 km entgegenstünde; die aktuellen Schätzungen basieren auf den Motortest- und Windkanal- sowie Propellerdaten. Diese liegen bei einer Reichweite von etwa 5500 km.

AUTOR

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

Leiter Institute for Unmanned
Aerial Systems (IUAS)
w.schroeder@hs-offenburg.de



EMIS Electrics ist ein erfolgreiches mittelständisches Familienunternehmen in den Bereichen: Elektrotechnik und Automatisierung. Ein Team von derzeit 460 Mitarbeitern ist an 8 Standorten in Deutschland national und international tätig. Daher denken wir heute schon an morgen und suchen am Standort Waldkirch:

Wir unterstützen Sie auch gern bei Bachelor- und Masterarbeiten.

Aus diesem Grund nutzen Sie die Chance und bewerben sich jetzt per Mail unter: karriere@emis-electrics.de. Weitere Informationen erhalten Sie auch unter www.emis-electrics.de.

Praktikanten und Ingenieure der Automatisierungstechnik.



EMIS Electrics GmbH • Mauermattenstr. 6 • 79183 Waldkirch • Tel.: +49(0) 7681 49307 0 • Fax: +49(0) 7681 49307 10



WIR SIND DIE EXPERTEN FÜR WINDEN UND WINDENSYSTEME

ROTZLER ist ein weltweit führender Hersteller von hydraulischen Seilwinden und Windensystemen für das Heben und Ziehen von Lasten. Gemeinsam mit namhaften Aufbauherstellern entwickeln wir maßgeschneiderte Windenlösungen für den Einsatz in unterschiedlichen Anwendungsbereichen, z.B. Ladekrane oder Rettungsfahrzeuge.

Besuchen Sie unsere Website und erfahren Sie mehr über ROTZLER, unsere Produkte und Karrieremöglichkeiten.



www.rotzler.de

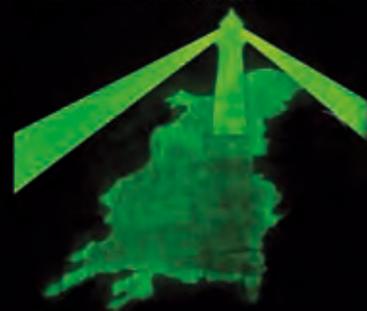
DATADIRECT GMBH NETWORK TECHNOLOGY

Wir bieten regelmäßig Praktikanten- und Diplomanden-Plätze an.

- Netzwerkanalyse
- Risikoanalyse
- Security Consulting
- Definition und Erstellung von Security Policies
- Netzwerkdesign und -optimierung
- Bandbreitenmanagement
- Application Performance
- Firewall
- Internationale WAN-Netzwerke
- E-Mail-Verschlüsselung
- WAN-, Festplatten und PDA-Verschlüsselung
- WEB-Applicationssecurity
- Wireless Security
- Intrusion Prevention
- Content Filtering
- Managed Security Services 24/7
- Compliance Solution



datadirect GmbH, Bötzingstraße 48, D-79111 Freiburg, Fon: +49 (0)761/4702-0, www.datadirect.de



Eco Photonics Advanced Research at Oberrhain (Eco-PhARO)

Eine fakultätsübergreifende Forschungseinrichtung unter Leitung von Prof. Dr. Dan Curticean

Das Eco-PhARO – Photonics Institute befasst sich mit der Entwicklung von optischen und photonischen Anwendungen. Die Forschungstätigkeiten des Instituts fokussieren sich auf Lösungen mit einem Spektrum von optischen Sensoren bis hin zu medizintechnischen Anwendungen.

Das Institut strebt zahlreiche Kooperationen mit Unternehmen aus der regionalen und überregionalen Umgebung an. Forschungsaktivitäten mit nationalen und internationalen Universitäten und Forschungseinrichtungen sind im Gang. Dadurch wird die Förderung der interdisziplinären Zusammenarbeit der Professoren sowie die Unterstützung von Studierenden in Forschung und Lehre sowie Doktoranden bei der Erstellung ihrer Abschluss- bzw. Forschungsarbeit beabsichtigt.

Ziel ist es, einen aktiven Know-how-Transfer von Forschungsergebnissen und Patenten in die Praxis umzusetzen und die jungen Nachwuchswissenschaftler in diesem Forschungsgebiet zu begeistern und zu fördern. Mitglieder des Photonics-Instituts sind Professoren und wissenschaftliche Mitarbeiter der Hochschule

Offenburg, auch externe Mitglieder sind willkommen. Das Institut wird durch Prof. Dr. Dan Curticean und stellvertretend durch Prof. Dr. Schröder geleitet. Im Team des Eco-PhARO-Instituts sind zurzeit vier Professoren und vier wissenschaftliche Mitarbeiter aus verschiedenen Fachgebieten wie z. B. Mechatronik, Photonik, Medientechnologie, Elektrotechnik sowie Projektmanagement tätig. Dadurch werden neue Forschungsanwendungsgebiete eröffnet und Projekte interdisziplinär gelöst. Entsprechend ergeben sich Möglichkeiten für Studierende unterschiedlicher Studienrichtungen, praxisorientierte Forschungs- und Projektarbeiten auszuführen.

Das Eco-PhARO – Photonics Institute ist derzeit an zwei laufenden Projekten der Hochschule beteiligt und führt im Rahmen des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) Forschungen an einem bewilligten ZIM-Projekt durch. Zurzeit werden intensive Gespräche mit Partnern aus der Wirtschaft und Forschung auf dem Gebiet der Sensorik des Condition-Monitorings, der Bildverarbeitung, Medizintechnik sowie Navigation durchgeführt.



Optische Messverfahren zur 3-D-Visualisierung von Kanalrohrsystemen

Jonas Schönauer B. Sc., Malte Schönborn M. Sc., Prof. Dr. Dan Curticapean

Ein praktisches Problem bei Sanierungsarbeiten an Kanalsystemen ist die genaue Kenntnis des Verlaufs eines Rohrs sowie die Lokalisierung bestimmter Problemstellen im Rohr. Das Institut Eco-PhARO entwickelt hierzu eine optische Messeinheit für Kanalrohrinspektionsfahrwagen, bestehend aus Foto- und Lasertechnik sowie einer Software zur grafischen Datenverarbeitung und 3-D-Visualisierung. Mithilfe der Bildanalyse und Mustererkennung wird während der Durchfahrt simultan eine virtuelle Rekonstruktion der lokalen Rohrwand errechnet. Kombiniert mit Navigationssensorik kann damit ein vollständiges dreidimensionales Modell des Rohrs erstellt werden, das nicht nur dessen Lage im Raum veranschaulicht, sondern auch die exakte Lokalisierung sowie nachträgliche Inspektion und Vermessung von Problemstellen ermöglicht.

A practical problem of sewage systems sanitation is the need for exact knowledge of position and course of the pipes, as well as the lacking ability to precisely localize points of failure inside them. To counter those problems, the Eco-PhARO – Photonics Institute is developing an optical measuring unit for pipe vessels, combining photographic and laser technology with software for image processing and 3-D-visualisation. By using picture analysis and pattern recognition, a virtual reconstruction of the local inner pipe surface is being calculated on transit. This, combined with navigational sensors, allows the creation of a complete three dimensional model of the inspected pipe, which illustrates the pipe's course and position, while also enabling to easily localise, inspect and precisely gauge problematic spots inside them.

Projektgegenstand

Unter deutschen Städten liegt ein hochverzweigtes und gewachsenes Netz aus Kanalisationsrohren unterschiedlichster Formen und Alter, die regelmäßig inspiziert und gewartet werden müssen. Schon heute sind dabei mit Kameras und Werkzeugen ausgestattete Fahrwagen nicht mehr wegzudenken. Sie können schnell in den Kanal eingesetzt werden und teilweise automatisiert arbeiten. Aufgrund der Größe der Roboter ist dies auch in Bereichen möglich, die nicht begehbar sind.

Große Probleme bei der Nutzung von Robotersystemen bestehen jedoch in der exakten Positionierung des Systems im Kanal, da die genauen Verläufe der Rohrsysteme im Raum häufig unbekannt sind (fehlende Zeichnungsunterlagen, anders verlegt als gezeichnet, etc.). Dies kann teilweise zu Schäden am Roboter (Absturz in einen nicht erkannten Seitenkanal), aber auch zu höherem Aufwand bei Sanierungsarbeiten (Aufspüren bzw. Wiederfinden von beschädigten Stellen) führen.

Ziel des vorliegenden Projekts ist es, in Kooperation mit dem Institute for Unmanned Aerial Systems sowie einem mittelständischen Kooperationspartner aus der Kanalsanierungsbranche ein mobiles Messsystem zu entwickeln, das sämtliche relevanten Daten zur Bestimmung der exakten Lage und Dimension des/der Rohres/Rohre während der Durchfahrt erfasst. Die aufgezeichneten Daten sollen dann aufbereitet und in eine 3-D-Darstellung überführt werden.

Durch die Zusammenarbeit dreier Projektpartner werden Kompetenzen gebündelt, um zusammen einen Mehrwert gegenüber marktüblichen Lösungen zu finden. Während der Kooperationspartner aus dem Mittelstand die praktischen Bedingungen, Problemfelder, Anforderungen und Roboterinfrastruktur aus bisherigen Produkten miteinbringen kann, konzentrieren sich die beiden an der Hochschule ansässigen Institute um die Entwicklung und Kombination neuer Messtechniken. Das IUAS, das bereits seit Jahren ferngesteuerte und au-

tonome Fahrzeuge auf breiter Basis entwickelt, arbeitet hierzu mit inertialer und akustischer Messtechnik, dessen Erläuterung ein eigener Beitrag in diesem Heft gewidmet ist. Das Eco-PhARO, über dessen Arbeit im Folgenden berichtet wird, ergänzt diese Ansätze durch optische Messkomponenten, kombiniert die erfassten Daten, bereitet sie auf und verwendet sie für die Berechnung und Darstellung eines digitalen Rohrabbilds, das in virtuellem 3D navigiert und inspiziert werden kann.

Komponenten des Messsystems

Für die 3-D-Vermessung der Kanalrohre werden inertielle und akustische Sensorsysteme zusammen mit optischen Komponenten eingesetzt. Letztere bestehen dabei aus einer Lasertechnik zur Abtastung der Rohrwand, Kameras mit Weitwinkeloptiken sowie digitaler Bildverarbeitung. Die Kamera dient dabei der Aufnahme der Farbbilder der Rohrinne zur späteren Visualisierung der Oberfläche wie auch der Auswertung der Lasermuster, durch die Aussagen über die geometrischen Eigenschaften des Rohrs getroffen werden können.

Während Kamerabesichtigung und Lasermessungen in der Branche durchaus erprobte und bewährte Mittel darstellen (Abb. 1), können durch Kombination der Datenquellen die Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Messtechniken gewinnbringend miteinander verglichen werden. Damit kann der Grad an Ungenauigkeiten im Vergleich zu marktüblichen Lösungen minimiert werden mit dem Ziel, genauere Rückschlüsse über die exakte Lage des Rohrs zu erhalten. Dies wäre bei der bloßen Anwendung einzelner Messtechniken schlicht unmöglich.

Architektur und Messablauf

Im Messbetrieb wird das Testmuster analog anderer Kanalinspektionsfahrzeuge manuell oder automatisiert einmalig durch das Rohr bewegt. Zur Verarbeitung werden die aufgenommenen Daten an einen handelsüblichen PC/Laptop übertragen. Die dortige Datenauswertung ist zeitkritisch, da für die Steuerung des Roboters und für Entscheidungen über die weitere Vorgehensweise bei der Durchführung der Messung die Ergebnisse unmittelbar oder nur mit nicht-störender Verzögerung geliefert werden müssen.

Da mehrere Datenverarbeitungsschritte (bspw. Aufnahme der Kamerabilder, Speicherung der Daten, Zusammenführung und Verarbeitung der Daten oder Visualisierung der Ergebnisse) gleichzeitig um die Rechnerressourcen konkurrieren, war ein wichtiger Punkt bei der Entwicklung die Implementierung einer effizienten und dennoch flexiblen Datenverarbeitungspipeline. Um dem Echtzeitansatz gerecht zu werden, wurde diese im Sinn der parallelen Programmierung entworfen und von einer prioritätsgesteuerten Task-Architektur Gebrauch gemacht. Dadurch können erste Ergebnisse kurzfristig zur Verfügung gestellt werden, während aufwendigere Verarbeitungsschritte, die nicht der unmittelbaren Rückmeldung im Messprozess dienen, ans Ende der Aufnahme zurückgestellt werden und/oder nur bei Bedarf „on-demand“ durchgeführt werden.

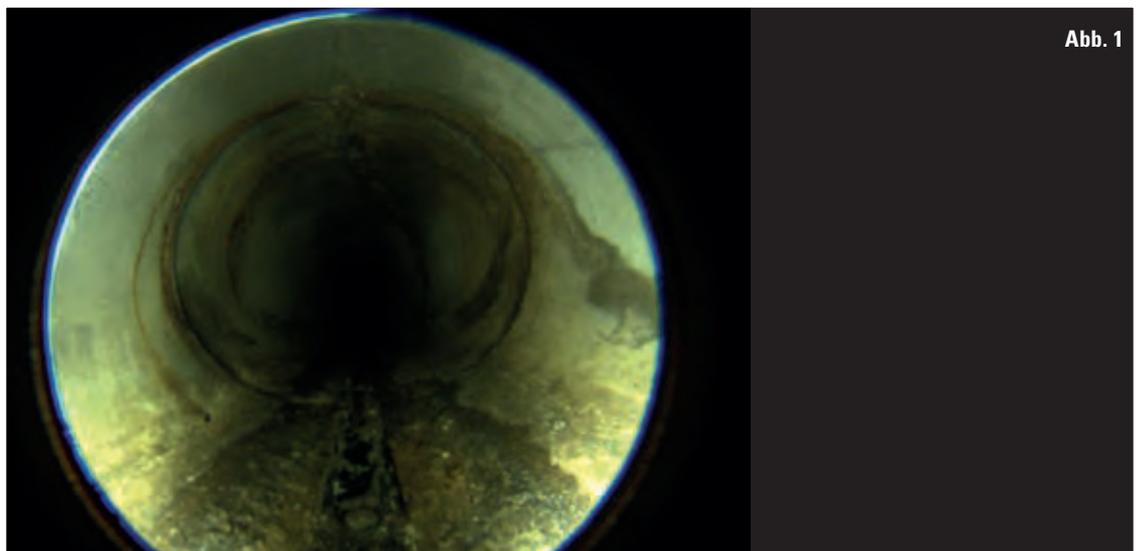


Abb. 1

Digitale Bildverarbeitung

Mithilfe eines Fisch-Eye-Objektivs wird ein Bereich von über 180 ° horizontal und vertikal erfasst und auf den Fotosensor der Kamera projiziert. Der Fotosensor hat ein 16:9 Format und löst mit 2560 x 1920 Pixel auf. Der erfasste Bereich wird vom Fisch-Eye-Objektiv verzerrt und kreisförmig auf den rechteckigen Fotosensor abgebildet. In der höher aufgelösten horizontalen Achse entsteht deshalb ein schwarzer Bereich, der keine relevanten Daten enthält, demnach für die Datenanalyse und Verarbeitung nicht benötigt wird und daher vernachlässigt werden kann.

Die Bildverarbeitung beinhaltet die Bildanalyse und die Mustererkennung und steht zwischen den aufgenommenen Rohdaten und der 3-D-Visualisierung. Besonderen Wert wurde bei der Entwicklung der Bildverarbeitung auf Robustheit, Effektivität und Flexibilität gelegt. Ziel der Implementierung war es, selbst bei unterschiedlichen Lichtverhältnissen und unvollständigen Mustern ein verwertbares Ergebnis zu liefern. Die Verarbeitungszeit eines Bildes liegt dabei im zweistelligen Millisekundenbereich. Die Software kann individuell auf verschiedene Arten von Rohdaten konfiguriert werden und ist nicht auf einen bestimmten Fotosensor oder Lasertyp festgelegt. Zudem ist sie soweit unabhängig vom Rohrdurchmesser, dass sie bei einem Großteil der verlegten Rohrgrößen verwendet werden kann.

Bildanalyse und Mustererkennung

Die gesamte Bildverarbeitung enthält grundlegend vier Verarbeitungsschritte:

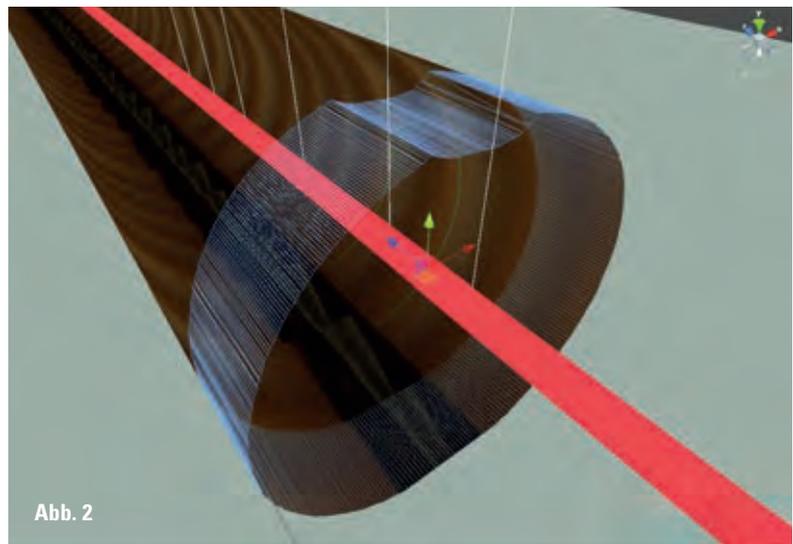
1. Erfassung der relevanten Daten: Die Rohdaten werden auf ihren Inhalt überprüft, nach relevanten Daten durchsucht und entsprechend ihren Eigenschaften kategorisiert.
2. Filterung der relevanten Daten: Nicht alle potenziell relevanten Daten sind für eine Auswertung geeignet und werden deshalb mithilfe von verschiedenen Filterungsverfahren aussortiert.
3. Mustererkennung: Die gefilterten Daten werden anhand ihrer Eigenschaften auf vorgegebene Muster untersucht und entsprechende Orientierungspunkte erstellt.

4. Auswertung der Musterdaten: Für die virtuelle Wiedergabe der gemessenen Strukturen werden die 3-D-Koordinaten anhand der Orientierungspunkte errechnet und für die 3-D-Visualisierung aufbereitet.

3-D-Visualisierung

Die gewonnenen Informationen über den Verlauf des Rohrs und die verarbeiteten Bilddaten dienen der Erstellung eines dreidimensionalen Punktenetzes. Dessen Punkte werden nach dem impliziten Wissen über die Eigenschaften eines Rohrs zu einem geordneten Drahtgittermodell verbunden. Die anschließende Texturierung der Flächen mit entzerrten Kameraaufnahmen ermöglicht eine realitätsnahe digitale Reproduktion des vermessenen Rohrabschnitts. (Abb. 2)

Durch Aufnahme und Auswertung der Bilddaten in regelmäßigem, von der Fortbewegungsgeschwindigkeit des Messfahrzeugs abhängigem Rhythmus wird mit dieser Technik schichtweise ein Profil des gesamten durchfahrenen Rohrs gebildet.



Vorteile der 3-D-Vermessung

Einmal abgefahrene und erfasste Streckenabschnitte können durch die Berechnung eines generischen, polygonbasierten 3-D-Modells von jedem Computer in Echtzeit aus beliebiger Perspektive begutachtet werden. Neben der automatisierten Erstellung von Übersichtsplänen über den tatsächlichen Rohrverlauf im Gesamten ermöglicht dies auch die nachträgliche Inspektion einzelner auffälliger Stellen und deren genaue Lokalisierung im System. (Abb. 3)

In Kombination mit den erfassten Geometriedaten können zudem Abweichungen des Rohrs von der idealen Rundform visuell aufbereitet und übersichtlich anhand des Originalverlaufs markiert werden, sowie weitere, beliebige Datenabfragen wie beispielsweise Längen einzelner Abschnitte oder Auffälligkeiten schnell und einfach am interaktiven Modell durchgeführt werden.

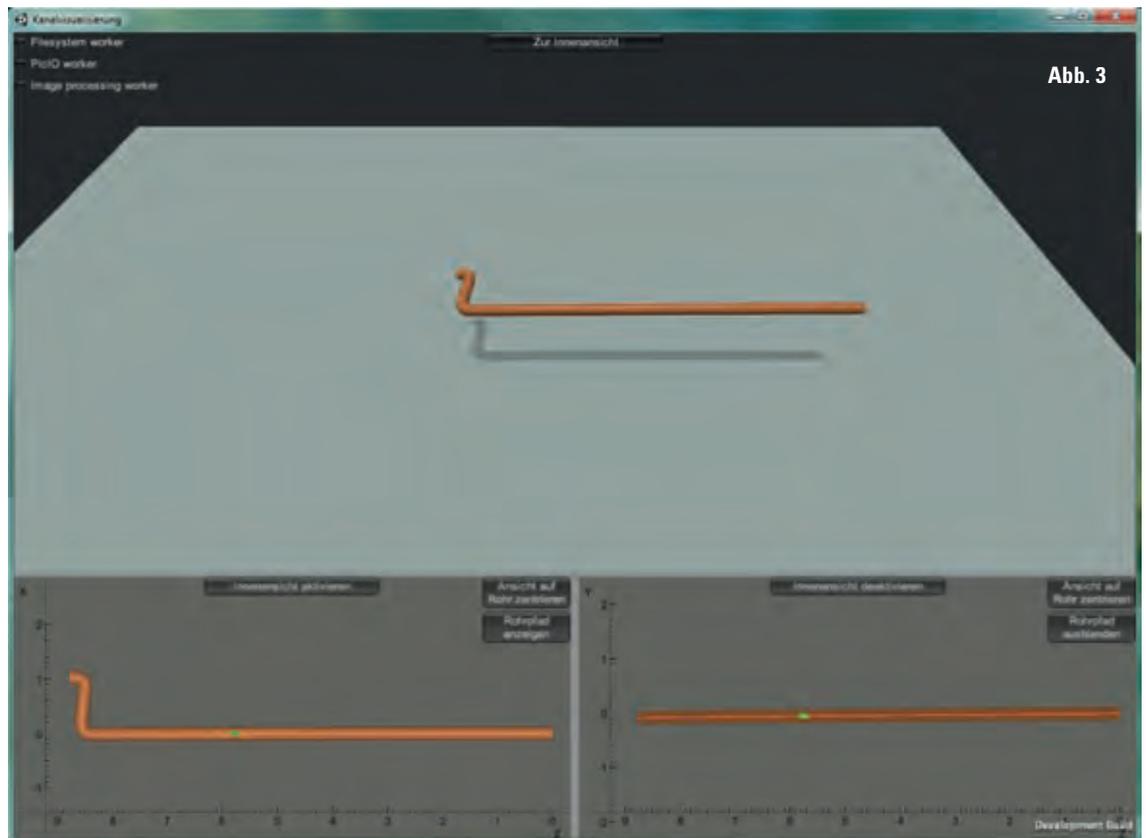


Abb. 3

AUTOREN

Jonas Schönauer B. Sc.
Akademischer Mitarbeiter
Eco-PhARO - Photonics
Institute, Entwicklungs-
ingenieur 3-D-Visualisierung,
Master-Student Informatik
jschoena@stud.hs-offenburg.de



Malte Schönborn M. Sc.
Akademischer Mitarbeiter,
Eco-PhARO - Photonics In-
stitute, Softwareingenieur,
malte.schoenborn@
hs-offenburg.de



Prof. Dr. Dan Curticapean
Fakultät Medien und Informations-
wesen, Institutsleitung Eco-PhARO,
Institutsmitglied IAF, Lehrgebiete:
Physik, E-Technik, Mathematik, For-
schungsgebiet: Optics & Photonics
dan.curticapean@hs-offenburg.de





Die neue Qualitätssicherung

Setzen Sie neue Impulse für Ihr Qualitätsmanagement der Zukunft!

- ✔ Wissen präventiv nutzen
- ✔ Konsequente Fehlervermeidung
- ✔ Transparente Prozesse

Als einer der Branchenführer im Bereich CAQ-Software steht die iqs Software GmbH für innovative und zukunftsweisende Technologien in Qualitätssicherung und Qualitätsmanagement. Zahlreiche Installationen – vom mittelständischen Unternehmen bis zum global tätigen Großunternehmen – beweisen die Leistungsfähigkeit und den Nutzen des iqs CAQ-Systems.

Informieren Sie sich jetzt über Ihre CAQ-Lösung:

📄 www.iqs.de

☎ +49 7223 28148-0

iqs
CAQ mit System



„Den Laden schmeißen.“

Jetzt beraten lassen!

Jeder Mensch hat etwas, das ihn antreibt.

Der VR-FinanzPlan Mittelstand zeigt, wie sehr wir dem Mittelstand verbunden sind. Denn mit ihm können Sie für jede unternehmerische Herausforderung die richtige finanzielle Lösung finden. Sprechen Sie persönlich mit unseren Beratern, rufen Sie an (0781 800-0) oder gehen Sie online: www.volksbank-offenburg.de

Wir machen den Weg frei.

 **Volksbank
Offenburg**



Institut für Energiesystemtechnik



Prof. Dipl.-Ing. Elmar Bollin, Leiter der Institute INES und IAF

Seit 2012 ist das INES in den Büro- und Laborräumen auf dem Campus Nord im Ortsteil Bohlsbach auf dem ehemaligen Dietrich-Speditionsgelände untergebracht. Als geschäftsführender Leiter zeichnet sich Prof. Elmar Bollin für insgesamt 19 Institutsmitglieder, davon sieben Professoren aus zwei Fakultäten, verantwortlich. Als stellvertretender INES-Leiter zeichnete sich bis zum Oktober 2015 Prof. Dr. Jens Pfafferott verantwortlich. Im Oktober 2015 wurde Prof. Dr. Wolfgang Bessler in der Mitgliederversammlung zum stellvertretenden INES-Leiter gewählt. Prof. Elmar Bollin wird im Geschäftsjahr 2016 nach vier Jahren die Funktion als Geschäftsführender Leiter des INES an Prof. Dr. Wolfgang Bessler weitergeben.

Als fakultätsübergreifende Einrichtung der HAW Offenburg bietet das INES ein Dach für Forschung und Entwicklung im Bereich der Gebäudeenergie-technik, der Energiespeichertechnik, des Energiemanagements und dem Steuern, Regeln und Monitoring von Energiesystemen, der PV-Produktionstechnik, der Elektromobilität, energiewirtschaftlicher Fragestellungen sowie der Smart-Grid-Technologie und elektrischer Netze. Die interdisziplinäre Zusammensetzung der INES-Mannschaft ermöglicht die Teilnahme an zahlreichen öffentlichen Ausschreibungen, bei denen gerade eine umfassende Sicht auf das Energiethema gefordert ist.

Aktuell haben sich am INES fünf Forschungsgruppen mit den folgenden Themenspektren herausgebildet:

- die Forschungsgruppe NET – Nachhaltige Energietechnik unter Leitung von Prof. Elmar Bollin mit derzeit sechs wissenschaftlichen Mitarbeitern;
- die Forschungsgruppe ABT – Advanced Building Technology unter Leitung von Prof. Dr. Jens Pfafferott mit derzeit zwei wissenschaftlichen Mitarbeitern;

- die Forschungsgruppe EES – Elektrische Energiespeicher unter Leitung von Prof. Dr. Wolfgang Bessler mit derzeit vier wissenschaftlichen Mitarbeitern;
- die Forschungsgruppe NEW – Nachhaltige Energiewirtschaft unter Leitung von Frau Prof. Dr. Anke Weidlich mit derzeit einem wissenschaftlichen Mitarbeiter;
- die Forschungsgruppe PVT – Photovoltaische Technologie unter der Leitung von Prof. Dr. Daniel Kray.

2015 trug das INES mit insgesamt 1.0 Mio. € zum Drittmittelaufkommen (neu eingeworbene Drittmittel) der HAW Offenburg bei. Insgesamt wurden im Jahr 2015 von den INES-Mitgliedern 771801 € im Rahmen von Forschungsprojekten umgesetzt.

Auch 2015 wurde am INES mit viel Aufwand das hybride INES Smart Grid weiter aufgebaut. 2015 konnte die bereits installierte Wasserstoffsystemeinheit, bestehend aus Druckelektrolyseur und Brennstoffzelle, verstärkt in das Energiemanagement des INES Smart Grids mit einbezogen werden. Damit verfügt das INES über eine weitere wichtige Komponente einer nachhaltigen Energieversorgung, die sowohl im Rahmen von Forschungsarbeiten als auch in der Lehre zum Einsatz kommen kann.

Im Aufbau befinden sich ferner das Mikro-Kraft-Wärme-Kälte-Kopplungssystem (kurz KWKK-Anlage) und die LCP-Anlage SelectDopLCP (LCP = Laser Chemical Processing) als Dauerleihgabe für die Solarzellenentwicklung.

Ich wünsche dem INES nach den erfolgreichen „Kinderjahren“ eine Konsolidierung des eingeschlagenen Wegs mit spannenden und wegweisenden Forschungsprojekten für die Entwicklung einer nachhaltigen zukunftsweisenden Energieversorgung.

INES fokussiert auf nachhaltige Energieversorgung

Elektrische Energiespeicherung mit Batterien und Brennstoffzellen

Prof. Dr. habil. Wolfgang G. Bessler

Die Forschungsgruppe Elektrische Energiespeicherung am Institut für Energiesystemtechnik (INES) der Hochschule Offenburg widmet sich der Batterie- und Brennstoffzellentechnik. Schwerpunkt ist die Modellierung und Simulation auf unterschiedlichen Skalen – von der Elektrochemie zum Energiesystem. Die Aktivitäten werden durch experimentelle Zellcharakterisierungen ergänzt. Das Ziel ist die verständnisgetriebene Entwicklung und Optimierung von Brennstoffzellen und Batterien.

The research group Electrical Energy Storage at the Institute of Energy Systems Technology (INES) at Offenburg University of Applied Sciences focuses on battery and fuel cell technology. Electrochemical energy storage and conversion play a key role in an energy economy with large amounts of solar and wind power; they are also key components of electromobility. We develop and apply multi-scale and multi-physics mathematical models. We furthermore carry out experimental cell characterization. Goal of the activities is to understand and improve fuel cells and batteries.



Abb. 3: Forschungsgruppe Elektrische Energiespeicherung unter Leitung von Prof. Dr. Wolfgang Bessler an der Hochschule Offenburg

Die Speicherung von Energie mithilfe elektrochemischer Wandler ist ein integraler Bestandteil einer Energieversorgung mit hohem Anteil Sonnen- und Windstrom sowie Kernkomponente der Elektromobilität. Zur elektrochemischen Energietechnik gehören Batterien, Brennstoffzellen und Elektrolyseure. Sie erlauben die gegenseitige Umwandlung von elektrischer Energie und chemischer Energie. Der hohe Wirkungsgrad der Umwandlung und die hohe Energiedichte chemischer Energieträger haben diese Technologien zu einem festen Bestandteil unseres alltäglichen Lebens werden lassen.

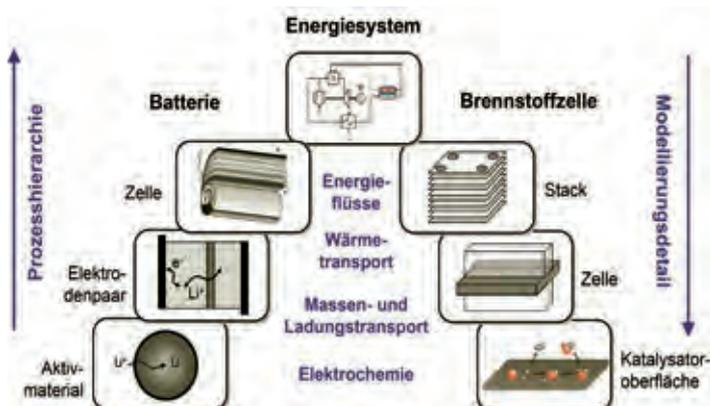
Die Forschungsgruppe Elektrische Energiespeicherung (EES) ist am Institut für Energiesystemtechnik (INES) der Hochschule Offenburg angesiedelt. Die Forschungsgruppe widmet sich der Batterie- und Brennstoffzellentechnik. Schwerpunkt ist die Entwicklung detaillierter Modelle und Simulationsprogramme, um virtuelle Experimente an Batterien und Brennstoffzellen durchzuführen, sie zu verstehen, zu optimieren und in Energiesysteme zu integrieren. Die Verwendung von Computersimulationen erlaubt uns dabei eine verständnisgetriebene Entwicklung unter Einsparung

von Kosten und Zeit. Parallel betreiben wir experimentelle Batterieteststände zur Zellcharakterisierung und Unterstützung der Modellierung. Ziel ist die Verbesserung von Leistung, Lebensdauer, Energiedichte und Sicherheit elektrochemischer Wandler.

Wir widmen uns folgenden Forschungs- und Entwicklungsthemen:

- Lithium-Ionen-Batterien für stationäre und mobile Anwendungen mit Schwerpunkt auf Alterungsmechanismen, Lebensdauervorhersage und Wärmemanagement
- Metall-Luft-Batterien (Lithium-/Natrium-Luft) für hohe Energiedichte mit Schwerpunkt auf dem Verständnis der komplexen Reaktionsabläufe
- Polymerelektrolytmembran-Brennstoffzelle und Wasserstofftechnologien
- Energiesystemtechnik und insbesondere Photovoltaik-Batteriesysteme sowie Elektrofahrzeuge mit Schwerpunkt auf der wechselseitigen Beeinflussung von System und Batteriezellen

Methodische Klammer der vielseitigen Projekte ist die Multi-Skalen- und Multi-Physik-Modellierung (Abb. 1). Modelle reichen von der Elektrode bis zum System und von der Elementarkinetik zum Wärmetransport. Zur Methodik zählt auch die Entwicklung von numerischer Simulationssoftware, insbesondere unserem hauseigenen Code DENIS ("Detailed Electrochemistry and Numerical Impedance Simulation") [1]. Wir verwenden außerdem die Simulationscodes MATLAB/SIMULINK für Systemsimulationen, COMSOL für die numerische Strömungsmechanik und CANTERA für die Auswertung elektrochemischer Reaktionsmechanismen.



Für begleitende Laborexperimente steht ein Batterieteststand mit verschiedenen Zyklern, elektrochemischer Impedanzspektroskopie und Temperaturprüfschrank zur Verfügung, mit dem das elektrische und thermische Verhalten von Einzelzellen systematisch untersucht werden kann (Abb. 2). Die experimentellen Ergebnisse dienen der Zellcharakterisierung, Modellparametrierung und Validierung.

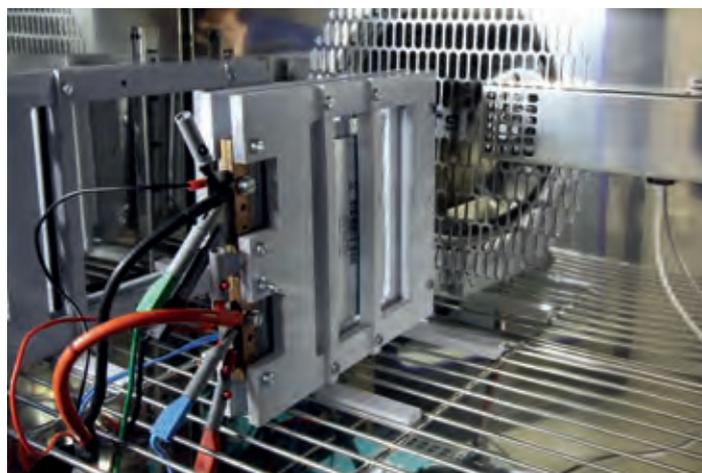


Abb. 2: Lithium-Ionen-Zelle bei der Charakterisierung im Temperaturprüfschrank

Die Aktivitäten werden im Rahmen von öffentlich geförderten Projekten, Industriekooperationen sowie Doktorarbeiten und studentischen Arbeiten durchgeführt. Die Forschungsgruppe besteht derzeit aus fünf akademischen und weiteren studentischen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern (Abb. 3). Im Folgenden werden vier exemplarische Projekte vorgestellt.

Im Projekt TempOLadung („Optimierung von Ladeverfahren einer Lithium-Ionen-Batterie unter besonderer Berücksichtigung des Temperaturverhaltens“) entwickeln wir thermische Modelle einer Lithium-Ionen-Batterie für Solarstromspeicherung mit dem Ziel, Zyklisierbarkeit und Ladeverfahren zu analysieren und zu optimieren (Abb. 4). Das vom BMBF geförderte Projekt findet in Zusammenarbeit mit dem Zellhersteller Leclanché statt.

Abb. 1: Multi-Skalen- und Multi-Physik-Modellierung von Batterien und Brennstoffzellen

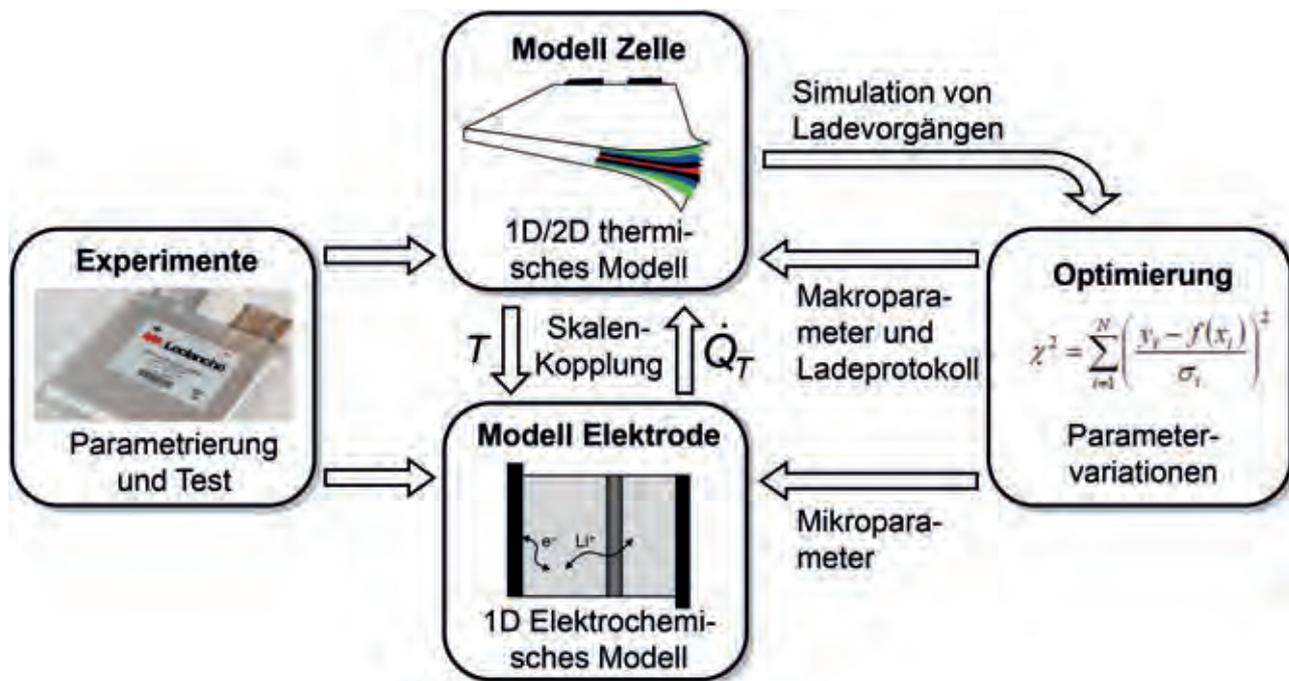


Abb. 4: Virtuelles Design und thermische Optimierung einer Lithium-Ionen-Batterie

An der Hochschule Offenburg und der Universität Freiburg ist das kooperative Promotionskolleg DENE („Dezentrale erneuerbare Energiesysteme“) angesiedelt. Unter Landesförderung läuft in diesem Rahmen eine Doktorarbeit zur Modellierung von Degradationsmechanismen in Lithium-Ionen-Batterien. Auch hier kommt ein skalenübergreifendes Modell zum Einsatz (Abb. 5). Es bildet die Transportvorgänge auf Partikelskala, Elektrodenpaarskala und Zellskala ab.

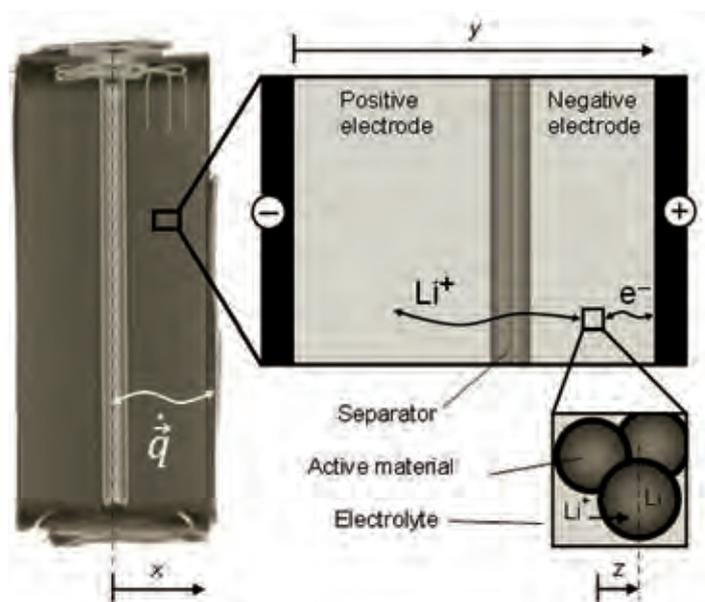


Abb. 5: Skalenübergreifende Modellbeschreibung von Lithium-Ionen-Batterien

Das Projekt LiBaLu („Lithiumbatterien mit Lufterlektrode“) widmet sich der Lithium-Luft-Batterie, einer Technologie, die künftig einen vielfachen Energiegehalt im Vergleich zu klassischen Lithium-Ionen-Batterien aufweisen kann. Hier sind jedoch noch zahlreiche akademische Fragestellungen zu klären. So sind die komplexen Vorgänge in der Lufterlektrode bisher unzureichend verstanden. Im Projekt erarbeiten wir entsprechende detaillierte Reaktionsmechanismen (Abb. 6). An dem BMBF-geförderten Verbundprojekt sind unter anderen die Universität Bonn und der Zellhersteller Varta beteiligt.

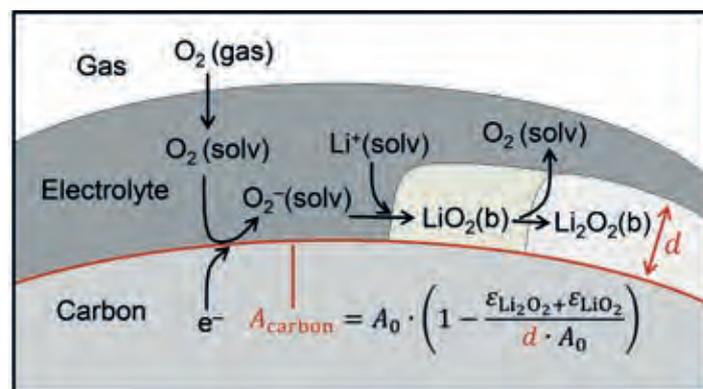


Abb. 6: Mechanismus der Sauerstoffreduktion und Lithiumperoxidbildung in der positiven Elektrode von Lithium-Luft-Batterien [2]

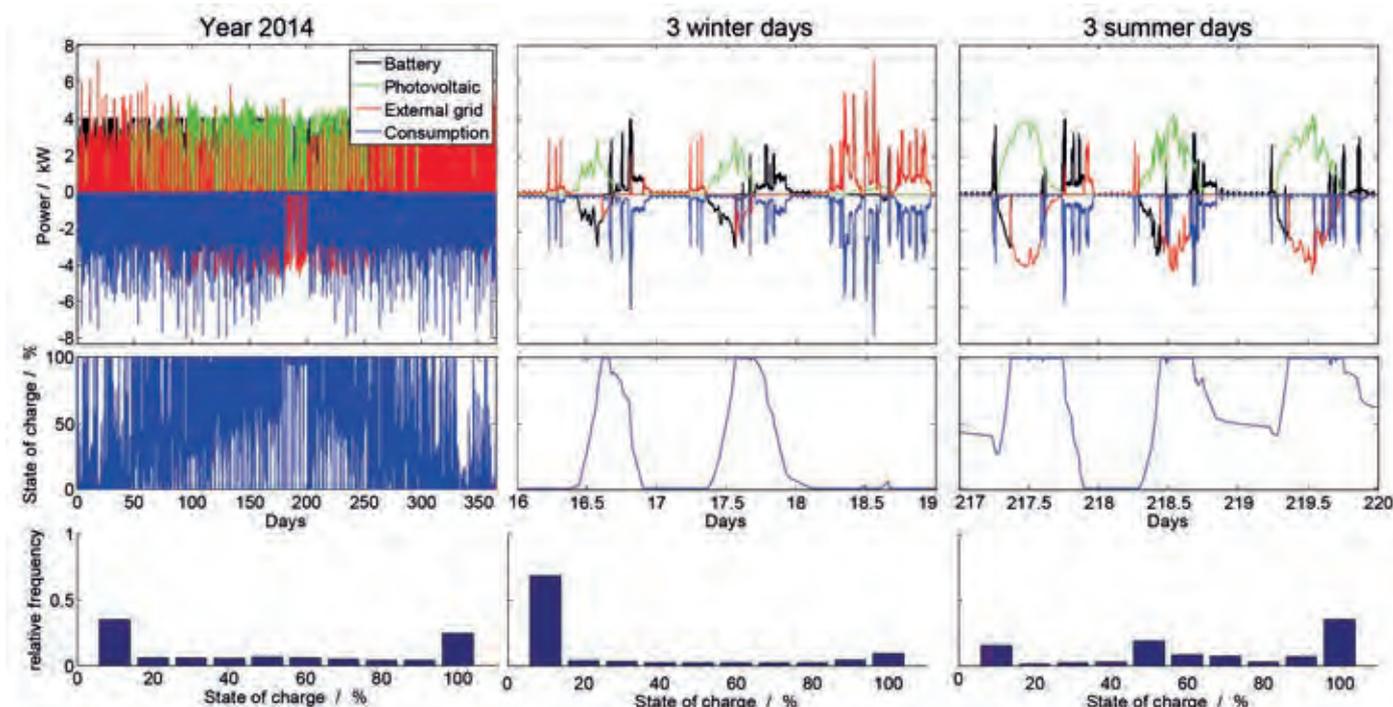


Abb. 7:

Simulierte Jahresverläufe eines PV-Batteriesystems: Leistungsflüsse (oben), Batterieladezustand (Mitte) und Ladezustandsverteilung (unten) [3]

Referenzen:

- [1] J. P. Neidhardt, D. N. Fronczek, T. Jahnke, T. Danner, B. Horstmann, and W. G. Bessler, „A flexible framework for modeling multiple solid, liquid and gaseous phases in batteries and fuel cells,” *J. Electrochem. Soc.* 159, A1528-A1542 (2012).
- [2] D. Grübl, B. Bergner, J. Janek, and W. G. Bessler, “Dynamic Modeling of the Reaction Mechanism in a Li/O₂ Cell: Influence of a Redox Mediator,” *ECS Trans.* 69, 11-21 (2015).
- [3] B. Weißhar and W. G. Bessler, “Model-Based Degradation Assessment of Lithium-Ion Batteries in a Smart Microgrid,” *International Conference on Smart Grid and Clean Energy Technologies*, Offenburg, Germany, 10/2015, IEEE Xplore (in press).

Im Projekt STABIL („Vorhersage und Verlängerung der Lebensdauer von gekoppelten stationären und mobilen Lithium-Ionen-Batterien“) wird das Alterungsverhalten von Lithium-Ionen-Batterien für Plug-In-Hybridfahrzeuge in Kombination mit stationären Batterien („vehicle-to-grid“) untersucht. Das Projekt findet in Zusammenarbeit mit dem Automobilzulieferer Schaeffler und dem Batteriehersteller ASD unter BMBF-Förderung statt. Durch Simulation von Jahresverläufen in einminütiger Auflösung kann die Lebensdauer eines PV-Batteriesystems vorhergesagt werden (Abb. 7).

Die Forschungsprojekte sind in das Institut für Energiesystemtechnik (INES) der Hochschule Offenburg eingebunden und sind dort insbesondere mit zahlreichen weiteren Aktivitäten in den Themenfeldern regenerative Energiespeicherung, intelligente Netze und Elektromobilität sowohl auf experimenteller wie auch auf simulativer Seite vernetzt. Gemeinsam mit unseren Partnern aus Forschung und Industrie arbeiten wir an dem Ziel langlebiger, kostengünstiger und leistungsfähiger elektrischer Energiespeicher.

AUTOR

Prof. Dr. habil. Wolfgang G. Bessler

wurde 2012 auf die Professur für Prozesssimulations- und Optimierungsverfahren an die HSO berufen. Er leitet die Forschungsgruppe Elektrische Energiespeicherung, die am Institut für Energiesystemtechnik (INES) angesiedelt ist. Seit 2016 ist Prof. Bessler zudem geschäftsführender Leiter des INES. wolfgang.bessler@hs-offenburg.de www.hs-offenburg.de/bessler



PräTABS – Erprobung und Validierung an der Klimakammer

Martin Schmelas, Prof. Elmar Bollin

Mithilfe der am Institut für Energiesystemtechnik (INES) befindlichen Klimakammer kann die neuartige TABS-Strategie „PräTABS“ unter Laborbedingungen erprobt und validiert werden, bevor sie in einem realen Gebäude zum Einsatz kommt. Dieser Beitrag beschreibt in aller Kürze die Klimakammer, das in PräTABS eingesetzte Berechnungsverfahren und zeigt erste Messergebnisse aus einem dreiwöchigen Versuchsbetrieb der Strategie in einer der Testkammern.

With the help of the climate chamber which is located at the Institute of Energy System Technology (INES) a new TABS control strategy called “PräTABS” can be tested and validated under laboratory conditions before it is applied in a real building. In brief this paper describes the climate chamber, the calculation procedure of PräTABS and shows first measurement results from a three weeks period.

Einleitung

Heiz- und Kühlkonzepte, die erneuerbare Energiequellen nutzen können, gewinnen immer mehr an Bedeutung. Hierfür besonders geeignet sind Niedertemperatur-Systeme, wie beispielsweise Thermoaktive Bauteilsysteme (TABS). Unter TABS versteht man Systemkonfigurationen, bei denen sich Rohre innerhalb der Gebäudestruktur befinden, mit deren Hilfe das Gebäude geheizt und gekühlt werden kann. Eines der ersten Gebäude, die mit einer Betonkernaktivierung ausgestattet wurden, wurde in der Schweiz 1990/1991 gebaut [1]. Im Jahr 2001 gab es in Deutschland bereits mehr als 60 Gebäude mit TABS. Im Jahr 2007 wurden in Deutschland allein 508 Neubauten mit 483000 m² betonkernaktivierter Fläche ausgestattet [2]. Gründe für diese rasante Ausbreitung sind vor allem der zunehmende Trend einer besseren Dämmung der Außenfassaden im Zug der deutschen Energieeinsparverordnung (EnEV) sowie die vielen Vorteile von TABS. Diese sind vergleichsweise niedrige Investitionskosten bei Neubauten und eine hohe Wirtschaftlichkeit aufgrund der Energieeffizienz dieser Systeme. Geringe Übertemperaturen bzw. Untertemperaturen und die große Übertragungsfläche lassen die Nutzung von Umweltenergie (Erdreich, Grundwasser, Außenluft) mithilfe von Wärmepumpen zu. Besonders interessant für Architekten ist die Eigenschaft, dass TABS nicht sichtbar sind, da sie im Beton verlegt werden. Durch erzwungene Konvektion gibt es keine schnellen Luftbewegungen im Raum und daher kann die

Problematik von Zugerscheinung ausgeschlossen werden. Durch die Möglichkeit einer aktiven Be- und Entladung der thermischen Masse eines Gebäudes können außerdem Lastspitzen geglättet und Lastverschiebungen innerhalb eines Tages durchgeführt werden (Kurzzeitspeicher). Neben den genannten Vorteilen gibt es jedoch auch einige Nachteile. Dazu gehören niedrige Heiz- und Kühlleistungen, da die Vorlauftemperatur aufgrund von Kondensation und Unbehagen in bspw. Bürogebäuden auf minimal 16 °C und maximal 30 °C begrenzt ist. Die große thermische Trägheit dieser Systeme ermöglicht keine schnelle Reaktion auf Raumtemperaturänderungen. Konventionelle Steuer- und Regelstrategien können nur sehr schlecht mit dieser thermischen Trägheit umgehen.

Kurzbeschreibung der Klimakammer

Die am Institut für Energiesystemtechnik (INES) befindliche Klimakammer (siehe Abb. 1) wurde 2013 unter Leitung von Prof. Dr. Jens Pfaffert aufgebaut. Sie eignet sich hervorragend für die Erprobung und Validierung des PräTABS-Algorithmus unter Laborbedingungen. Sie besteht aus einer begehbaren Klimakammer (grau) und zwei angeschlossenen baugleichen Testkammern (grün). Die begehbare Klimakammer wurde als DFG-HPFG-Großgerät von Prof. Dr. Ulrich Hochberg beantragt und sowohl vom Land Baden-Württemberg als auch von der Hochschule Offenburg



Abb. 1:

Klimakammer am Institut für Energiesystemtechnik (INES) mit einer Hauptklimakammer und zwei Testkammern

gefördert. Sie kann in dem ca. 39 m³ fassenden Innenvolumen Temperaturen von – 40 °C bis + 80 °C bei variabler relativer Feuchte bereitstellen. Diese Temperaturen entsprechen im Laborversuch der Außentemperatur. Die beiden aus Beton gefertigten baugleichen Testkammern haben TABS in ihren Decken, verfügen über mehrere Lüftungsgeräte, und durch Kühllastsimulatoren kann die Wärmeentwicklung von Menschen und Maschinen nachgebildet werden. Die Testkammern sollen einen typischen Büroraum widerspiegeln. Die Hauptklimakammer ist mit den Testkammern über jeweils ein 4 m² großes Einflügelgtor verbunden, in das unterschiedliche Fassadenelemente eingesetzt werden können. In den hier vorgestellten Ergebnissen wurde Testkammer 1 mit einer 4 m² großen Einscheibenfassade und Testkammer 2 mit einer ca. 1,125 m² großen Dreischeiben-Fassade ausgestattet.

PräTABS

Im Rahmen einer Dissertation wurde eine neue TABS-Strategie mit dem Namen „PräTABS“ entwickelt. Durch die Einbeziehung von Prognosen des Wetters und der Nutzung von Zonen (Zusammenfassung mehrerer Räume) kann dieser Algorithmus zonenspezifische und vorausschauende Energiepakete berechnen, die im Lauf

eines Tages übertragen werden. Eine weitere Besonderheit ist, dass sich der Algorithmus selbstständig an unterschiedliche Gebäude anpassen kann und somit der sonst langwierige Parametrierungsaufwand entfällt.

Die Entwicklung von PräTABS hat in der Simulation begonnen. Dazu wurden die Testkammern mit all ihren spezifischen Eigenschaften in der Simulationsumgebung TRNSYS modelliert. Eine 3-D-Ansicht des Modells wird in Abb. 2 dargestellt. Erst nachdem der Algorithmus in der Simulationsumgebung einwandfrei funktioniert hat, wurde er mithilfe der Klimakammer unter Laborbedingungen getestet. Hierzu wurde die sich zunächst in MATLAB befindliche Programmierung in LabVIEW überführt, da die gesamte Mess-, Steuer- und Regelungstechnik der Klimakammer auf dieser Software basiert.

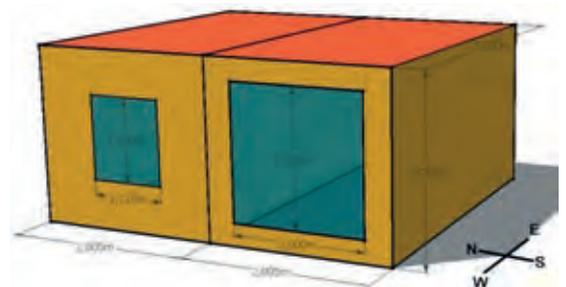


Abb. 2:

Google SketchUp-Modell der beiden Testkammern zur Weiterverarbeitung in der Gebäude- und Anlagensimulationssoftware TRNSYS

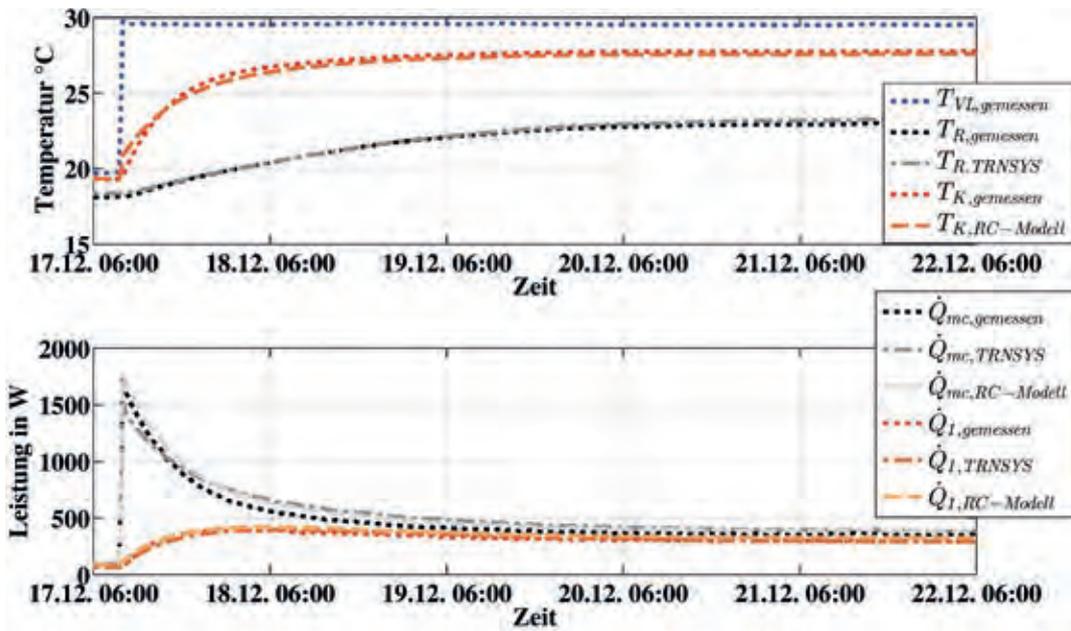


Abb. 3:
Vereinfachtes Funktionsschema einer Ultrafiltrationseinheit

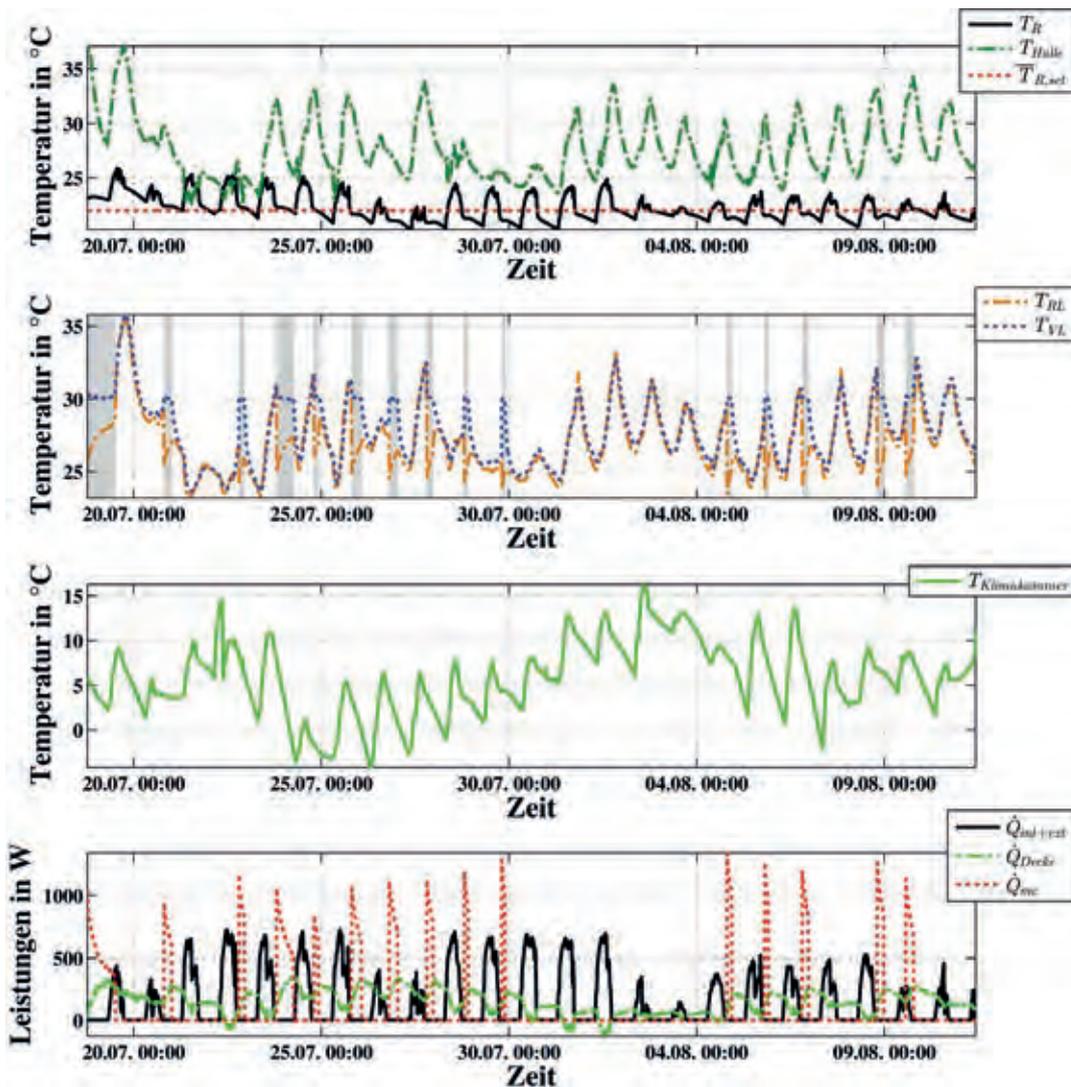


Abb. 4:
Laborergebnisse der Testkammer 1 über einen Versuchszeitraum von drei Wochen

Referenzen:
 [1] Henze GP, Felsmann C, Kalz DE, Herkel S. Primary energy and comfort performance of ventilation assisted thermo-active building systems in continental climates. *Energy and Buildings* 2008;40(2):99–111
 [2] Lohmüller S, Koob C, Leisering F. Das Marktvolumen für Flächenkühlung in Deutschland. *HLH. Heizung, Lüftung/Klima, Haustechnik* 2009(60):58–60
 [3] Schmelas, Martin; Feldmann, Thomas; Bollin, Elmar (2015): Adaptive predictive control of thermo-active building systems (TABS) based on a multiple regression algorithm. In: *Energy and Buildings* (103), S. 14–28. DOI: 10.1016/j.enbuild.2015.06.012.

Messergebnisse

PräTABS basiert im Wesentlichen auf einem Widerstands-Kapazitäten-(RC)Modell. Dadurch ist es möglich, durch Messwerte der Vorlauftemperatur (T_{VL}) und der Raumtemperatur (T_R) eine mittlere Kerntemperatur (T_K) des Bauteils zu errechnen. Über T_K können die Energieflüsse, die dem Bauteil zugeführt werden (Q_{mc}) und die vom Bauteil an den unteren Raum abgegeben werden (Q_1), berechnet werden. Detaillierte Informationen zu PräTABS sind [3] zu entnehmen. Einen Vergleich zwischen Messung, dem detaillierten TRNSYS-Modell und dem vereinfachten RC-Modell wird in Abb. 3 dargestellt.

Über einen Versuchszeitraum von drei Wochen sollte sich der PräTABS-Algorithmus unter Laborbedingungen bewähren. Die dazugehörigen Messergebnisse sind in Abb. 4 dargestellt. Diese unterteilt sich in vier Unterabbildungen. Die erste Unterabbildung zeigt die tagesgemittelte Sollraumtemperatur ($T_{R,set}$), die Testraumtemperatur (T_R) sowie die Hallentemperatur (T_{Halle}), in der sich die Kammern befinden. Die zweite Unterabbildung stellt Vor- (T_{VL}) und Rücklauftemperaturen (T_{RL}) der TABS dar. Diese Temperaturen sind nur dann korrekt, wenn ein Massenstrom durch das Bauteil fließt (grau markierte Bereiche). Die dritte Unterabbildung zeigt die Hauptklimakammertemperatur und damit die hier simulierte Außentemperatur. In der vierten Unterabbildung werden die internen (PCs, Personen, Beleuchtung) und externen Leistungen (solare Lasten) aufgezeigt, die über die Kühllastsimulatoren in den Raum eingebracht werden. Außerdem wird die Leistung angegeben, die über die TABS in die Decke eingebracht wird Q_{mc} sowie durch Wärmeflussplatten an der Decke die Leistung von der Decke an den Raum Q_{Decke} . Es wurde absichtlich eine typische Herbst- bzw. Frühlingssituation gewählt, da TABS insbesondere in den Übergangszeiten zwischen Winter und Sommer bzw. Heizen und Kühlen sowie bei großen Außentemperaturänderungen innerhalb weniger Stunden schwierig zu steuern sind.

Die erste Woche diente als Lern- und Einschwingphase. Die Raumtemperaturen passen sich der mittleren Sollraumtemperatur von 22 °C an. In Testkammer 1 wird über den gesamten Zeitraum geheizt (positive Leistung). In der zweiten Woche befindet sich Testkammer 1 an mehreren Tagen innerhalb der sogenannten Neutralzone (weder heizen noch kühlen), was einen minimalen Anstieg der Raumtemperatur erklärt. In der dritten Woche wird eine plötzliche Änderung der internen Lasten simuliert. Dabei werden die internen Wärmegewinne von zwei Personen und zwei PCs zu einer Person und einem PC geändert. Wie in der Abbildung zu erkennen ist, kommt der Algorithmus gut mit dieser plötzlichen internen Laständerung zurecht. Die mittlere Sollraumtemperatur wird weiterhin eingehalten.

Fazit und Ausblick

Die Klimakammer bietet für diverse Heizungs-, Lüftungs- und Klimaversuche eine hervorragende Laborumgebung. Sie ist insbesondere für die Erprobungen und Validierungen vor dem Einsatz in der realen Umgebung geeignet. Sie wird u. a. im wissenschaftlichen Umfeld von Promotionsarbeiten im Rahmen der Promotionskollegie KleE und DENE von den Doktoranden eingesetzt. Am Beispiel der Validierung des PräTABS-Algorithmus hat sich die Klimakammer mit ihren zwei angeschlossenen Testkammern bereits bestens bewährt.

AUTOREN

Martin Schmelas

Doktorand im Promotionskolleg KleE am Institut für Energiesystemtechnik, martin.schmelas@hs-offenburg.de



Prof. Dipl.-Ing. Elmar Bollin

Institutsleitung IAF und INES, Leitung Forschungsgruppe net Lehrgebiete: Solarthermie, Nachhaltige Energietechnik, Gebäudeautomation bollin@hs-offenburg.de



Physikalische Charakterisierung von Solarmaterialien

Prof. Dr. Daniel Kray, Prof. Dr. Walter A. Großhans

In der Produktentwicklung in der Photovoltaik-Verfahrenstechnik sind präzise Charakterisierungsverfahren von entscheidender Bedeutung. Die physikalischen Untersuchungsmethoden stehen oftmals am Anfang von Untersuchungen von Solarmaterialien und erlauben mikroskopische Aufnahmen, die Defekte sichtbar machen können. Das Institut für Energiesystemtechnik (INES) arbeitet mit dem Zentrum für Physik (ZfP) der Hochschule Offenburg zusammen, um mit modernen Systemen zur physikalischen Charakterisierung Solarmaterialien umfangreich zu untersuchen.

Accurate characterization systems are key elements in the product development for photovoltaics process technology. The physical characterization methods are often the first steps in PV material analyses and allow for microscopic images of defects. Multiple state-of-the-art systems for physical characterization are available at the Institute for Energy System Technology (INES) and the Center of Physics (ZfP) of the University of Applied Sciences Offenburg to provide comprehensive analysis of solar materials.

Die Prozessierung von Siliciumscheiben zu Solarzellen erfordert eine Kette von mehreren Prozessschritten: von nasschemischen Ätzschritten über Hochtemperaturprozesse (wie die Diffusion in einem Rohrofen) bis zum hochpräzisen Siebdruck der Kontakte mithilfe von metallhaltigen Pasten. Entscheidend für kostengünstige Produkte ist das schnelle Erkennen und Beseitigen von Defekten und Prozessfehlern. So kann die Ausbeute der Produktion und der Wirkungsgrad der Solarzellen verbessert werden. Dieser ist direkt an den Verkaufspreis gekoppelt, da Solarzellen über einen leistungsabhängigen Preis in \$/Wp (\$ pro Watt Spitzenleistung) auf dem Weltmarkt angeboten werden. Im Folgenden stellen wir einige mikroskopische Systeme des INES/ZfP der Hochschule Offenburg anhand von Anwendungsbeispielen in der PV-Verfahrenstechnik vor.

Digitale Lichtmikroskopie

Die Lichtmikroskopie besticht durch ihre Schnelligkeit der Bildaufnahme, da keine spezielle Probenpräparation notwendig ist. Außerdem wird die Farbe des Messobjekts erfasst. Mit Vergrößerungen zwischen 5 – 100x können auch größere Sichtfelder abgebildet werden. Eine Anwendung in der PV ist die Vermessung des Druckbilds nach dem Siebdruck bzw. nach dem Kontaktfeuern. Dies ist in der Abbildung 1 dargestellt, aufgenommen mit dem LEICA DM 2700 M. Im digitalen Bild können umfangreiche Messaufgaben durchgeführt werden. So ergab

die Analyse in diesem Beispiel eine mittlere Fingerbreite von $(144 \pm 6) \mu\text{m}$.



Abb. 1: Lichtmikroskopische Aufnahme einer Solarzellen-Oberfläche: Kontaktfinger und Stromsammel-schiene (Busbar)

Laser-Scanning-Mikroskop

Eine konsequente Weiterentwicklung der Lichtmikroskopie (LM) ist das Laser-Scanning-Mikroskop (LSM): Es vereint ein Lichtmikroskop mit einem Laserinterferometer, das die Oberfläche zusätzlich abtastet, siehe Abbildung 2. Dadurch entsteht ein Höhenprofil der Oberfläche mit deutlich verbesserter Auflösung. Durch die Überlagerung beider Bilder (Farbe aus dem LM, Höhenprofil aus dem LSM) entstehen detaillierte dreidimensionale Aufnahmen, die digital analysiert und ausgewertet werden können. Die Lateralauflösung des Olympus LEXT OLS-4100 beträgt 120 nm, die Auflösung in z-Richtung 10 nm.

Abb. 2: Strahlengang im Laser-Scanning-Mikroskop (LSM) Olympus LEXT OLS-4100 (Grafik mit freundlicher Genehmigung von Olympus). Neben der laserinterferometrischen Oberflächenabtastung mit einer Wellenlänge von 405 nm erfolgt gleichzeitig eine Hellfeldbetrachtung zur Bestimmung von der Farbinformation



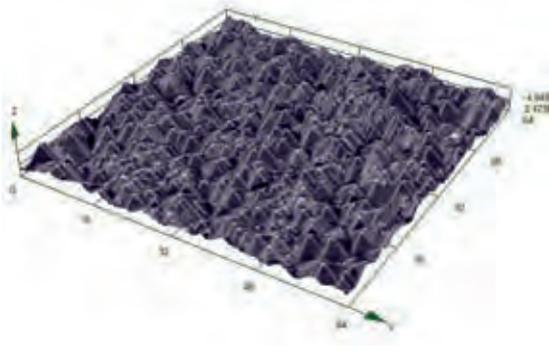


Abb. 3: LSM-Aufnahme eines monokristallinen Wafers nach Textur-Ätzung. Die mikrometerkleinen Zufallspyramiden sind deutlich erkennbar und können anschließend mit einer Bildanalyse-Software untersucht werden. Dadurch können mittlere Größen und Abstände bestimmt werden

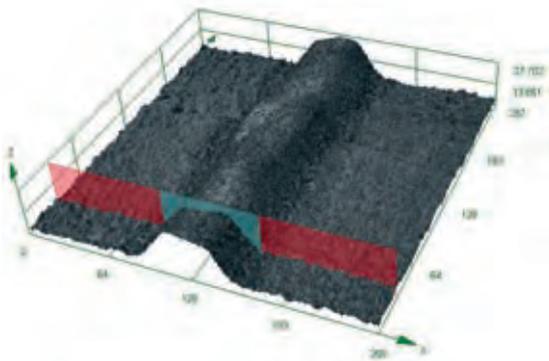


Abb. 4: LSM-Aufnahme eines Solarzellen-Kontaktfingers

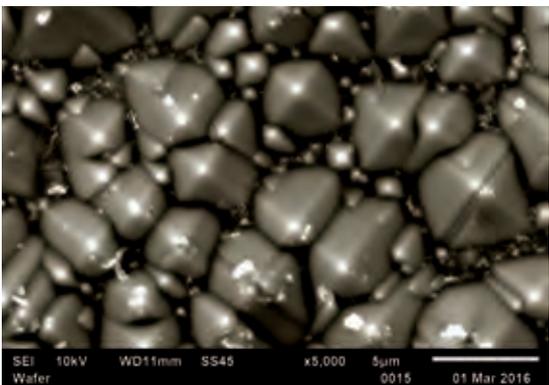


Abb. 5: REM-Aufnahme der Zufallspyramiden auf einem Solarwafer. In der 5000-fachen Vergrößerung sind Verunreinigungen z.B. durch Staubpartikel deutlich zu erkennen



Abb. 6: Mit dem JEOL IonSlicer präparierter Solarzellen-Kontakt, STEM-Aufnahme (mit freundlicher Genehmigung von JEOL). Unterschiedliche Kristallorientierungen können erkannt werden

Die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten des LSM sind z. B. die Analyse der Textur von Solarwafern in Abbildung 3 (nach Ätzen der Wafer in Kalilauge entstehen mikrometerkleine Pyramiden) und die Messung des Leitungsquerschnittes von Kontaktfingern in Abbildung 4. Dabei ergab sich ein Fingerquerschnitt von $(1244 \pm 29) \mu\text{m}^2$. Das LSM kann Flankensteilheiten bis 85° aufnehmen, daher können unterschiedlichste Oberflächen untersucht werden.

Rasterelektronenmikroskop mit EDX

Noch höhere Auflösungen lassen sich mit dem Rasterelektronenmikroskop (REM) erzielen, siehe Abbildung 5. Das JEOL JSM-6610LV ist zusätzlich mit einem EDX-Detektor (energy dispersive x-ray spectroscopy) ausgestattet, der es ermöglicht, Elementaranalysen bis hinunter zu etwa 1 % Massegehalt durchzuführen.

Präparation von TEM-Proben (IonSlicer) / STEM

Um atomare Versetzungen und Defekte aufzuspüren, können Proben im REM im Durchstrahlungsmodus (scanning transmission electron microscopy / STEM) betrachtet werden. Dafür müssen sie auf wenige Atomlagen abgedünnt werden. Dies ist an der Hochschule Offenburg mit dem JEOL IonSlicer möglich: Durch einen pendelnden Argon-Ionen-Strahl werden Proben schonend und schnell von beiden Seiten gleichzeitig auf diese geringen Dicken abpoliert. In Abbildung 6 ist ein Beispiel eines mit dem IonSlicer abgedünnten Solarzellen-Kontakts dargestellt.

AUTOREN

Prof. Dr. rer. nat. Daniel Kray
 Institut INES, Forschungsgr.
 Photovoltaik-Technologie PVT,
 Lehrgebiete: Erneuerbare
 Energien, Physik,
 Projektmanagement,
 daniel.kray@hs-offenburg.de



Prof. Dr. Walter A. Großhans
 Zentrum für Physik,
 Lehrgebiete: Physik,
 Mathematik, EDV,
 Messtechnik
 großhans@hs-offenburg.de



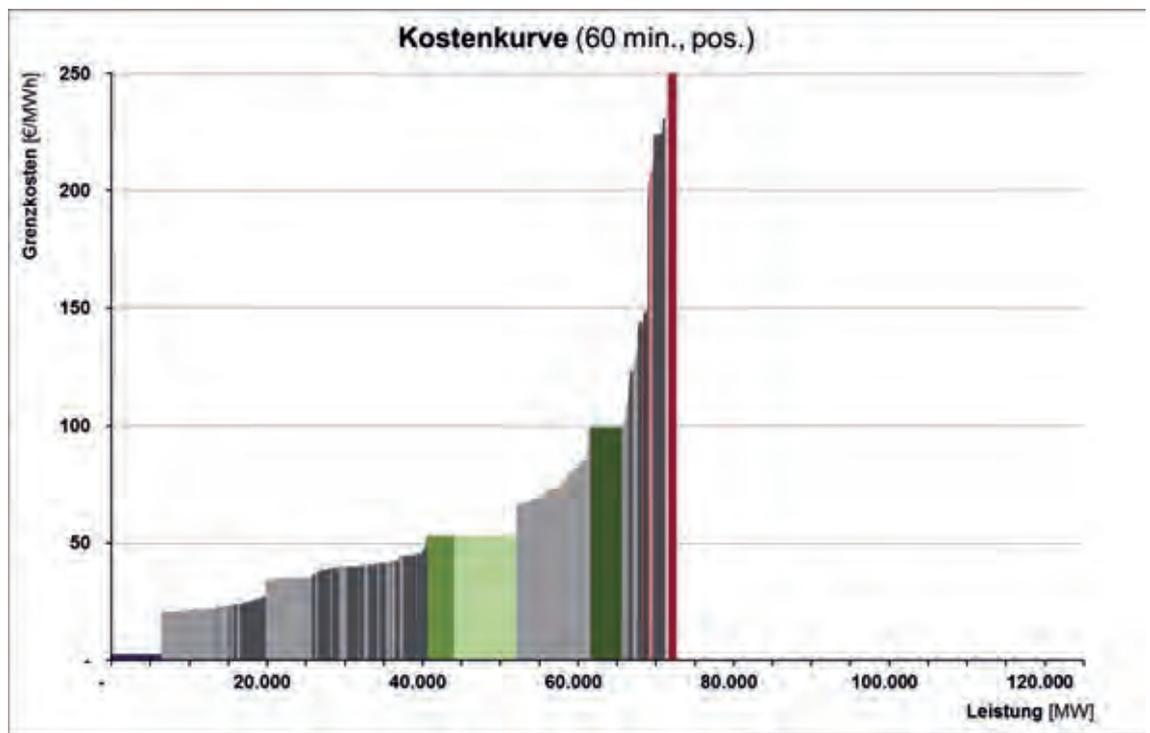


Abb. 2:
Grenzkosten der positiven
Flexibilitätsbereitstellung
über einen Zeitraum von 60
Minuten [2]

Im Vorhaben „ÖkoFlex – Flexibilität als ökonomisches Gut im intelligenten Energiesystem zur effizienten Einbindung erneuerbarer Energien“ werden die ökonomischen Charakteristika von Flexibilitäten im Energiesystem untersucht und insbesondere die Grenzkosten ihres Einsatzes quantifiziert. Darauf aufbauend wird ein Simulationsmodell, mit dem verschiedene Fragestellungen im Hinblick auf die Einbindung von Flexibilitäten in die Strommärkte untersucht werden können.

andere Unternehmen ähnliche Mobilitätsstrategien anwenden und dabei von den Erfahrungen profitieren können.

Die Projekte werden u. a. durch mehrere wissenschaftliche Mitarbeiter und studentische Hilfskräfte bearbeitet. Derzeit läuft auch eine kollaborative Promotion im Rahmen der Forschungstätigkeiten.

Im Projekt „mikroVKK – Demonstration der Machbarkeit, Wirtschaftlichkeit und der Smart Grid-Potenziale von Virtuellen Kraftwerken mit Mikro- und Mini-BHKW“ – führt die Forschungsgruppe die Evaluation eines Demonstrationbetriebs bei verschiedenen Stadtwerken durch, in dem nachgewiesen werden soll, dass auch Blockheizkraftwerke unter 100 kW Leistung in ein virtuelles Kraftwerk integriert und durch eine Kombination von verschiedenen marktrelevanten und netzdienlichen Geschäftsmodellen wirtschaftlich betrieben werden können.

Das Ziel des Vorhabens „Wissenschaftliche Begleitforschung zur Etablierung eines klimafreundlichen Berufspendlerverkehrs in der Hochrheinregion“ ist die Förderung des klimafreundlichen grenzüberschreitenden Pendelns am Beispiel der Wege der Mitarbeiter von ABB Schweiz von der und zur Arbeitsstätte. Der Umstieg auf Elektrofahrzeuge und die Bildung von Fahrgemeinschaften sollen dabei durch geeignete Mechanismen gefördert werden. Die gemachten Erfahrungen werden zusammengefasst und veröffentlicht, damit auch

Referenzen:
[1] Bolívar, L. und A. Weidlich (2016): Optimal Microgrid Scheduling with Peak Load Reduction Involving an Electrolyzer and Flexible Loads. Applied Energy 169, S. 857-865
[2] Künzel, T. und A. Weidlich (2016): Methodik zur Quantifizierung der Grenzkosten flexibler Systemkomponenten, 3. Konferenz Zukünftige Stromnetze für Erneuerbare Energien, S. 110-114, Berlin

AUTOR

Prof. Dr. Anke Weidlich

Mitglied am INES, Forschungsgruppe Nachhaltige Energiewirtschaft, Senatsbeauftragte für Nachhaltige Entwicklung
Lehrgebiete: Energiewirtschaft, Smart Grids, Operations Research, Mathematik, BWL
anke.weidlich@hs-offenburg.de





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

info@bau-cooperation.com

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



Wir machen Ihnen Platz.



Mein Effizienzhaus. Weil sich beim Bauen kluge Entscheidungen rechnen.

Eine Zukunftsentscheidung, die sich auszahlt: Häuser, die höchste KfW-Förderstandards erfüllen. Vom Pionier für den ökologischen Hausbau. Komfortabel, smart, nachhaltig.
weberhaus.de

Mein Haus. Meine Welt.

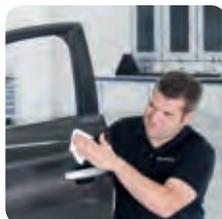


KfW-Effizienzhaus 40 Plus
Jetzt mit WeberHaus die höchste
KfW-Förderung sichern.

WeberHaus
Die Zukunft leben

bertrandt

■ INNOVATION ERLEBEN. MIT IHREN IDEEN.



Jetzt bewerben: Andreas Sziedl, Telefon +49 7034 656-5811
andreas.sziedl@de.bertrandt.com
Bertrandt Technikum GmbH, Birkensee 1, 71139 Ehningen

www.bertrandt-karriere.com



**Peter Osypka Institute
for Pacing and Ablation**

Prof. Dr. rer. nat. habil. Bruno Ismer, Institutsleitung POI



Das von Professor Bruno Ismer geleitete Peter Osypka Institute for Pacing and Ablation (POI) besteht seit Juni 2011. Es wurde auf Initiative von Prof. Dr.-Ing. Peter Osypka, dem Begründer der Hochfrequenz-Katheterablation, ins Leben gerufen. Seine Forschungsaufgaben liegen im Bereich der Entwicklung und Vervollkommnung diagnostischer und therapeutischer Verfahren in der Kardiologie. Es widmet sich insbesondere der Entwicklung von Methoden und Equipment zur individualisierten Therapie der Herzinsuffizienz mit hämodynamisch wirksamen Implantaten sowie des Vorhofflimmerns.

Enge Kooperationen mit medizintechnischen Firmen und medizinischen Einrichtungen, regional insbesondere mit dem Herzzentrum Lahr/Baden, international mit der Saitama Medical School in Japan sowie der Universität Bratislava ermöglichen eine an den Bedürfnissen der Praxis orientierte Grundlagen- und Anwendungsforschung. Das POI verfügt über eine Vielzahl von Diagnose-, Therapie- und Messapparaturen. Hierzu gehören Stimulatoren, Mess- und Programmiergeräte für implantierbare Herzschrittmacher und Defibrillatoren, eine stattliche Anzahl elektrophysiologischer Messplätze und Hochfrequenzablatoren sowie drei dreidimensionale elektroanatomische Mappingsysteme.

Am Institut wurden unter anderem zwei Teachingsysteme aufgebaut, eins zur Therapie mit implantierbaren Herzschrittmachern, Defi-

brillatoren und kardialen Resynchronisationssystemen, ein weiteres zur Physik der Hochfrequenzablation. Sie ermöglichen jeweils 12 Teilnehmern ein realitätsnahes praktisches in-vitro Training. Dessen Ziel ist die Vertiefung der Kenntnisse beim Umgang mit den aktuell in den Kliniken zur Verfügung stehenden Geräten, bei der Durchführung der Messungen sowie bei der Programmierung von Implantaten. Für das Training stehen eine Vielzahl implantierbarer Herzschrittmacher und Defibrillatoren und unterschiedlichste Elektrodenkatheter bereit. Medizintechnikstudenten können in den Laboren zur Kardiologie, Elektrostimulation, Programmierung von elektronischen Implantaten sowie im Labor Pacing und Ablation in zahlreichen Versuchen ihre in Vorlesungen und Seminaren erworbenen Kenntnisse beim „Studieren durch Experimentieren“ vervollkommen.

Eine besondere Rolle für die Forschung spielen die am POI betreuten Promovenden, darunter junge Medizinstudenten und Ärzte. Sie bilden zusammen mit Projektstudenten, Praktikanten, Bachelor- und Master-Studenten das Bindeglied zwischen Theorie und Praxis, übernehmen Grundlagen- und Anwendungsforschung. Großer Wert wird auf rege Vortrags- und internationale Publikationstätigkeit gelegt. 2015 nahmen Studenten und Assistenten des POI an Kongressen der Kardiologie und Medizintechnik in Paris, London, Mailand, Venedig und Singapur teil.

Weiterbildung für junge Assistenzärzte des Offenburger Klinikums, gestaltet durch OA Dr. med. Dirk Müller und Prof. Dr. Bruno Ismer (hinten, von links) am Peter Osypka Institute

Neu am POI: **Miniaturisierter Eventrekorder Medtronic Reveal LINQ**

Jan Buggisch, Christoff Wienands, Tobias Haber, OA Johannes Härtig¹, Prof. Dr. med. Juraj Melicherik¹, Prof. Dr. rer. nat. habil. Bruno Ismer

Peter Osypka Institute for Pacing and Ablation an der Hochschule Offenburg und Mediclin Herzzentrum Lahr-Baden

Sowohl das konventionelle Ruhe-EKG als auch mehrtägige Langzeit-EKG-Aufzeichnungen sind oft nicht in der Lage, selten auftretende Herzrhythmusstörungen zu dokumentieren. Eine Alternative bieten in vielen Fällen implantierbare Eventrekorder. Sie bieten neuerdings eine Funktionszeit von bis zu drei Jahren und speichern die von ihnen automatisch erkannten Rhythmusstörungen als EKG-Episoden. Dem Peter Osypka Institute for Pacing and Ablation stehen für Lehrzwecke mehrere Exemplare des weltweit kleinsten Eventrekorders Medtronic Reveal LINQ zur Verfügung. Die mit ihnen gestalteten Laborversuche bieten den Studierenden der Medizintechnik einen Einblick in die Funktion und Handhabung modernster Medizintechnik einschließlich der telemetrischen Patientenkontrolle.

Both, the conventional resting ECG and several days of Holter ECG are often not able to document seldom appearing arrhythmias. Implantable loop recorders offer an alternative in many cases. They provide functionality of up to three years recently and store the rhythm disturbances recognized by them automatically as ECG episodes. For teaching purposes, the worldwide smallest implantable loop recorders Medtronic Reveal LINQ can be studied at the Peter Osypka Institute for Pacing and Ablation. The laboratory experiments formed with them offer the medical engineering students insights into the function and handling of this modern medical equipment including telemetric patient monitoring.

Einleitung

Zur Dokumentation von Herzrhythmusstörungen stehen dem Arzt neben dem Standard-Ruhe-EKG seit langem Langzeit-EKG-Systeme zur Verfügung. Mit ihrer Hilfe lassen sich Elektrokardiogramme in 2- bis 12-kanaligen kontinuierlichen, d. h. lückenlosen Aufzeichnungen über ein bis sieben Tage unter den alltäglichen Bedingungen des Patienten erfassen und automatisch auswerten. Die im Ergebnis eines Langzeit-EKGs dokumentierten Episoden krankhafter Störungen, wie zum Beispiel einige Sekunden dauernde Herzschlagaussetzer oder Phasen von Herzjagen, bilden oft die Grundlage für eine Therapie mit Herzschrittmachern oder die gezielte Verödung von Herzgewebe, die sogenannte Katheterablation.

Für den Fall sehr seltener Rhythmusstörungen, die sich auch mit mehrmaligen Langzeit-EKGs nicht dokumentieren lassen, gibt es seit vielen Jahren Eventrekorder. Im Unterschied zum Langzeit-EKG bieten die sogenannten Implantable Loop Recorder (ILR) keine kontinuierliche EKG-Aufzeichnung, son-

dern speichern diskontinuierlich – also nur im Fall von ihnen automatisch erkannter Rhythmusstörungen – die diesen zugrunde liegenden Elektrokardiogramme als sogenannte EKG-Episoden [1]. Neben kleinen tragbaren Geräten, die mit mehreren Klebelektroden auf der Haut verbunden werden, haben sich in der Routine insbesondere die implantierbaren Eventrekorder bewährt. Sie bieten eine Funktionszeit von neuerdings bis zu drei Jahren. Bis vor kurzem war für ihre Implantation ein Hautschnitt mit der Ausbildung einer Aufnahmetasche neben dem Brustbein erforderlich. Dies entfällt seit der Markteinführung miniaturisierter Modelle.

Zielstellung

Als Routineverfahren der Kardiologie steht den Studierenden der Medizintechnik in den Laboren des Peter Osypka Institute for Pacing and Ablation (POI) das moderne Langzeit-EKG-System Syneview (Sorin Group) für Selbstversuche zur Verfügung. Es gestattet

kontinuierliche EKG-Aufzeichnungen von bis zu sieben Tagen Dauer. Neben implantierbaren Eventrekordern der Typen Reveal DX und Reveal XT (Medtronic) sowie BioMonitor (Bio-tronik), für die bereits in der Vergangenheit Experimentierplätze geschaffen wurden, ist das POI seit kurzem im Besitz mehrerer Exemplare des Reveal LINQ (Medtronic). Er ist der neueste und kleinste aller Eventrekorder auf dem Weltmarkt. Zielstellung war, mit ihm weitere Labormessplätze zu gestalten, an denen durch In-vitro-Versuche die Funktionen und Eigenschaften sowie die Handhabung solch aktueller, innovativer Produkte vermittelt werden können.

Methodik

Mit seinen Abmessungen von 44,8 x 7,2 x 4,0 mm und einem Gewicht von 2,5 g ist der implantierbare Eventrekorder Reveal LINQ circa 85 % kleiner als das Vorgängermodell Reveal XT (Abb. 1). Trotz dieser Miniaturisierung hat er mit 59 Minuten circa 10 Minuten mehr EKG-Speicherkapazität als sein Vorgänger und eine verlängerte Funktionszeit von bis zu drei Jahren. Er verträgt elektromagnetische Feldstärken bis drei Tesla. Untersuchungen seiner Träger im Magnetresonanztomographen (MRT) sind damit nicht ausgeschlossen.

Neu an dem Rekorder ist auch die stark vereinfachte Applikation. War für die Vorgängermodelle noch der Gebrauch eines Skalpells zur Bildung einer Aufnahmeetasche nötig, so genügt dank der geringen Größe für den Reveal LINQ nun ein Einritzen der Haut neben dem Brustbein, um ihn mit einem Einführwerkzeug ähnlich einer Spritze unter die Haut zu applizie-



Abb. 1: Implantierbare Eventrekorder Reveal DX, Reveal XT mit Röntgenbild sowie Reveal LINQ im Größenvergleich mit einer 1 Euro Münze



Abb. 2: Einritz- und Einführwerkzeug zur Applikation des implantierbaren Eventrekorders Reveal LINQ

ren (Abb. 2). Die Bildung größerer Narben ist damit ausgeschlossen.

In-vitro Versuche unter realitätsnahen Bedingungen machen es erforderlich, den Reveal LINQ in einem mit isotonischer Kochsalzlösung gefüllten elektrolytischen Trog zu betreiben. Über einen Herzrhythmusimulator vom Typ ARSI-4 mit nachgeschaltetem Verstärker werden dazu verschiedene normale und pathologische Herzrhythmen als elektrische Signale in Richtung einer simulierten Herzachse in den Trog eingespeist. Die vom Reveal LINQ erfasste EKG-Amplitude wird im Versuch in Relation seiner Stellung zur Herzachse dokumentiert. Die Real-time-Kommunikation und Programmierung des Implantats erfolgt mit dem Programmiergerät Medtronic 2090.

Ergebnisse

Die Anordnung des Reveal LINQ im elektrolytischen Trog, mit dem die Leitfähigkeit des menschlichen Körpers simuliert wird, zeigt Abbildung 3. Über die beiden äußeren Anschlüsse werden die vom Simulator ARSI-4 bereitgestellten und nachverstärkten EKG-Signale eingespeist. Diese werden vom Reveal LINQ über seine beiden Elektroden am Gerätekopf und Gehäuse erfasst und entsprechend der zuvor über das Programmiergerät Medtronic 2090 gewählten Programmierung ausgewertet und gespeichert (Abb. 4). Den Eventrekorder trägt eine drehbare Scheibe mit unterlegtem Winkelmesser. Die Abhängigkeit der aufgenommenen EKG-Amplitude von der Lage des Aggregats in Bezug auf die durch die Anordnung der beiden Anschlusselektroden im Trog simulierte elektrische Herzachse ist so leicht zu dokumentieren. Steht das Aggregat wie in Abbildung 3 parallel zur Herzachse, ergibt sich die größte, senkrecht dazu die kleinste Amplitude. Dieser Versuchsteil verdeutlicht sowohl Grundlagen der EKG-Ableitung als auch die Bedeutung einer definierten Lage des Implantats für eine mehrjährige Dauer der Aufzeichnung.



Abb. 3: Eventrekorder Reveal LINQ auf einer Drehscheibe mit unterlegtem Winkelmesser im elektrolytischen Trog mit isotonischer Kochsalzlösung und EKG-Einspeisung

Die Studierenden erlernen bei diesem Versuch, wie die Programmierung des Reveal LINQ von den diagnostischen Fragestellungen des Arztes bestimmt wird. Er legt fest, unter welchen Voraussetzungen eine Tachykardie, Bradykardie, Asystolie oder Vorhofflimmern vom Reveal LINQ erkannt werden soll. Im Programmierbeispiel der Abbildung 4 wird eine Tachykardie als solche erkannt, wenn die Herzfrequenz größer oder gleich 140 bpm (beats per minute) ist und 16 Schläge lang andauert. Die Speicherung einer bradykarden, d. h. langsamen Rhythusepisode erfolgt, wenn vier aufeinanderfolgende Schläge eine Herzfrequenz kleiner oder gleich 50 bpm aufweisen. Das Aussetzen des Herzschlags über drei Sekunden und mehr vermerkt der Eventrekorder bei dieser Programmierung als Herzstillstand oder Asystolie.

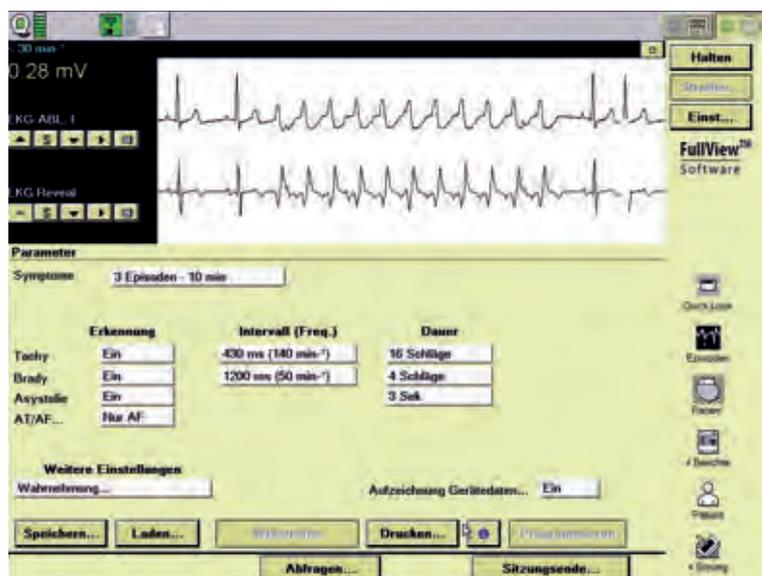


Abb. 4: Bildschirm des Programmiergeräts Medtronic 2090 zur Programmierung des Reveal LINQ mit Simulation einer kurzen Episode von Herzrasen

Die Differenzierung zwischen kardiogenen und neurogenen, d. h. vom Herz oder vom Nervensystem ausgehenden Bewusstseinsverlusten, den sogenannten Synkopen, ist eine verbreitete Indikation für Eventrekorder /2, 3/. Von besonderem Interesse ist die Aufdeckung von Vorhofflimmern (AF: atrial fibrillation). Diese Störung der Funktion der Herzvorhöfe ist mit einem erheblich erhöhten Risiko für die Entwicklung eines Schlaganfalls verbunden. Bereits vor der Einführung des Reveal LINQ sollte die klinische CRYSTAL-AF-Studie mit seinem Vorgängermodell prüfen, ob bei Patienten mit einem Schlaganfall unklarer Ursache eine Strategie zur kardialen Kontrolle mit einem implantierbaren Eventrekorder dem konventionellen

12-Kanal-Standard- und Langzeit-EKG überlegen ist /4/. Im Ergebnis konnte bereits nach 12 Monaten durch Eventrekorder bei über siebenmal so vielen Patienten Vorhofflimmern nachgewiesen werden als mit den konventionellen EKG-Methoden. Nach 36 Monaten wurde bei 30 % der Patienten mit Eventrekordern Vorhofflimmern festgestellt, mit konventionellen Methoden dagegen nur bei 3 %. Bei den Patienten mit nachgewiesenem Vorhofflimmern wurde daraufhin die erforderliche medikamentöse Schlaganfallprophylaxe eingeleitet. Dies belegt, dass für diese Patienten eine kurzzeitige Standard-EKG-Kontrolle nicht ausreichend ist. Bei einem Beobachtungszeitraum von einem Jahr mit einem implantierbaren Eventrekorder betrug die durchschnittliche Zeit bis zur Dokumentation von Vorhofflimmern 84 Tage.

Eine zeitsparende Funktion für Ärzte und Patienten ist die telemetrische Fernüberwachung. Diese als Remote Patient Monitoring bezeichnete Option ermöglicht dem Patienten, die im Eventrekorder abgespeicherten Informationen, Parameter und Ereignisse in Absprache mit dem Arzt von zuhause aus abzufragen und an einen Server zu übertragen, der sie unverzüglich an die behandelnde Einrichtung weiterleitet. Der Arzt kann über ein Online-Portal auf die Daten zugreifen und so zum Beispiel medikamentöse Anordnungen veranlassen, ohne dass der Patient dafür in die Praxis kommen muss.

Dem Peter Osypka Institute for Pacing and Ablation steht für das Remote Patient Monitoring System „CareLink“ der Firma Medtronic ein speziell eingerichteter Praktikumsaccount zur Verfügung. In Verbindung mit den In-vitro-Experimenten mit dem Reveal LINQ kann den Studierenden der Medizintechnik an ihm hautnah der Einsatz, Umgang und die Vorteile moderner Kommunikationstechnik in der Medizin vermittelt werden.

Literatur:

- Schuchert A (2008) Event-Rekorder. Herzschrittmachtherapie und Elektrophysiologie 19, No 3: 130-136
- Rörick O, Vitali-Serdoz L, Mahnkopf C, Brachmann, J (2014) Arrhythmiesuche zwischen Neurologie und Kardiologie. Deutsches Ärzteblatt Heft 2: 31-32
- Fröhlig G, Carlsson J, Jung J, Koglek W, Lemke B (2013) Herzschrittmacher- und Defibrillator-Therapie: Indikation - Programmierung – Nachsorge. Thieme Verlag, Stuttgart, ISBN 978-3-13-117182-5
- Sanna T, Diener HC, Passman RS, et al (2014) Cryptogenic Stroke and Underlying Atrial Fibrillation (CRYSTAL AF). N Engl J Med. 370 (26): 2478-2486

**Autoren
dieses
Artikels:
Seite 136**

Inadäquate Schocks: Herausforderung für Arzt und Industrie

Steven Hartmann, Tim Kunkler, Tobias Haber, Corinna Brenner, Markus Brudsche, OA Johannes Härtig¹, Prof. Dr. med. Juraj Melichercik¹, Prof. Dr. rer. nat. habil. Bruno Ismer

Die lebensrettende Funktion implantierbarer Defibrillatoren ist derzeit immer noch mit einer nicht vernachlässigbaren Quote inadäquat abgegebener und von Patienten als sehr unangenehm wahrgenommener Schocks begleitet. Zu ihrer Minimierung stellen Firmen in ihren Aggregaten verschiedene programmierbare Optionen bereit. Explantierte Defibrillatoren aus der Medtronic-Protecta-Serie mit Restlaufzeit wurden innerhalb eines Master-Slave-Schrittmacher- und Defibrillator-Teachingsystems von Ärzten, Produktspezialisten und Medizintechnik-Master-Studenten genutzt, um das Verhalten dieser Optionen und ihre sinnvolle Programmierung in-vitro zu trainieren. Für die beiden kommerziellen Herzrhythmus-Simulatoren ARSI-4 und Intersim II wurden spezielle Einstellungen gefunden, um reproduzierbare Ergebnisse für die folgenden Protecta-Optionen zur Vermeidung inadäquater Schocks zu erhalten: T-Wellen-Oversensing, Wavelet Diskriminierung, PR Logic sowie Antitachykardie-ÄStimulation vor oder während der Kondensatoraufladung.

Lifesaving function of implantable defibrillators is still accompanied with inadequate shock deliveries. Several companies offer advanced defibrillator features to minimize these problems. In combination with a master-slave pacemaker and defibrillator teaching system explanted Medtronic Protecta series defibrillators with low battery status were used for in-vitro trainings for physicians and product specialist as well as biomedical engineering master students to study the behaviour and to optimize their programming. Particular parameter setups were found for the ARSI-4 and Intersim II heart rhythm simulators to reproduce the following options: clusion of T Wave Oversensing, Wavelet Discrimination, PR Logic and Antitachycardia Pacing Prior to or During Charge to avoid inadequate shocks.

Introduction

Implantable defibrillator therapy is established in patients suffering from heart failure by low ejection fraction, ventricular tachycardias or survived ventricular fibrillation. As a disadvantage, the lifesaving function of the implants is still accompanied with a serious rate of inadequate shock delivery due to the implants misinterpretation of atrial tachycardias, T wave oversensing or artifacts by defective electrodes /1/. To minimize these problems, companies offer advanced defibrillator features /2/. Special qualification of physicians, product specialist and biomedical engineering students is necessary to become familiar with the behaviour and programming of these functions. Explanted defibrillators can be used in combination with cardiac rhythm simulators for in-vitro training on these advanced defibrillator options.

Aims and methods

A master-slave teaching system combining the ARSI-4 with additional arrhythmia construction set and the Intersim II /3/ commercial heart rhythm simulators was established supplying seven workstations. Each of them was equipped with the Homemonitoring (Biotronik, Berlin, Germany) and Carelink (Medtronic, Minneapolis, USA) remote patient monitoring systems. To enable in-vitro training of advanced defibrillator options, explanted Medtronic Protecta series defibrillators with low battery status were used. For safety reasons, a special implant connection module was developed to provide the implants with right atrial and ventricular intracardial electrograms simulated by either the ARSI-4 or the Intersim II simulator (Fig. 1) as well as the right ventricular and vena cava superior shock electrodes. Using this equipment, our aim was to demonstrate the behaviour and sensible programming of the following advanced defibrillator functions:

exclusion of T Wave Oversensing, Wavelet Discrimination, PR Logic and Antitachycardia Pacing Prior to or During Charge, which are implemented in the Medtronic Protecta and Viva/Brava implantable defibrillator series providing dual and three chamber systems. By ARSI-4 simulator, consecutive sequences of normal sinus rate followed by increasing sinus rate and ventricular reentrant tachycardias were defined using the arrhythmia construction set. By Intersim II simulator, same sequences were defined by its macro feature.

Fig. 1:

Left and middle: Workstation of the pacemaker and defibrillator teaching system with Intersim II heart rhythm simulator and implant connection module. Right: Protecta series implantable defibrillator in a safety box and programmer Medtronic 2090



Results

T wave oversensing can be expected in patients with temporarily high T wave amplitudes in relation to the intracardial right ventricular QRS complex in case of increasing sinus rate. For example, if detection frequency of ventricular tachycardia is programmed to 160bpm (beats per minute) and the patients sinus rate increases to 80bpm or more, high T wave amplitudes result in counting both, QRS and T wave. Consequently, a heart rate of 160bpm or more will be detected as a ventricular tachycardia. Depending on the programmed therapies, treatments by Burst, Ramp, Ramp-plus stimulation or even painful cardioversion shock will be delivered. These inadequate therapies can be suppressed by programming the T wave oversensing "on". Figure 2 demonstrates Medtronic 2090 programmer screenshots of the different behaviours of the Protecta implantable defibrillator without and using this feature.

Wavelet discrimination is a function to automatically differentiate tachycardias by the morphology of the right ventricular electrogram. Therefore, normal electrograms will be recorded during sinus rate in order to store the typical narrow QRS morphology. During tachycardia detection, this morphology will be compared with the tachycardias QRS morphology. In case of a programmable degree of accordance, all therapies will be suppressed. Otherwise, a wide QRS tachycardia will be treated according to the programmed therapies. Figure 3 shows the treatments without and using the advantages of this feature.

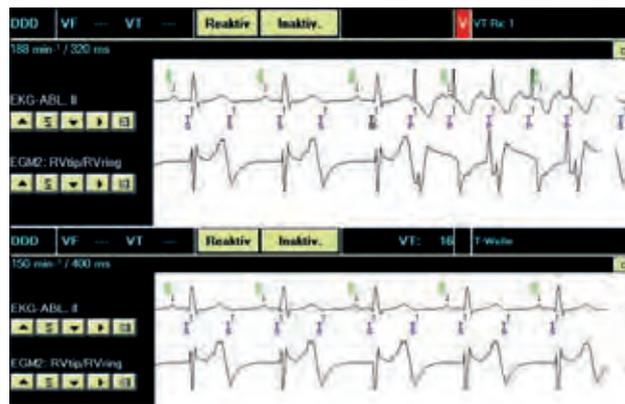


Fig. 2:

Medtronic 2090 programmer screenshots demonstrating behaviour of the Protecta implantable defibrillator. Top: Inadequate treatment by ventricular overdrive pacing due to T wave oversensing. Bottom: suppression of therapies by programming the T wave oversensing "on"



Fig. 3:

Top: Suppression of defibrillator therapies by wavelet discrimination in case of in-vitro simulation of AV nodal reentrant tachycardia due to 91% accordance with QRS morphology of the wavelet QRS complex. Bottom: Wide QRS tachycardia presenting only 22% accordance will introduce the programmed therapies

PR Logic is a feature to improve the differentiation between sinus rhythm, supraventricular tachycardia, atrial flutter and fibrillation and treatable ventricular tachycardias. Correct automatic classification, based on comparison of the relations and timing between atrial and ventricular activities will be utilized to decrease the rate of inadequate shocks. Figure 4 shows the different results in tachycardia detection and treatment programming this feature "off" and "on".

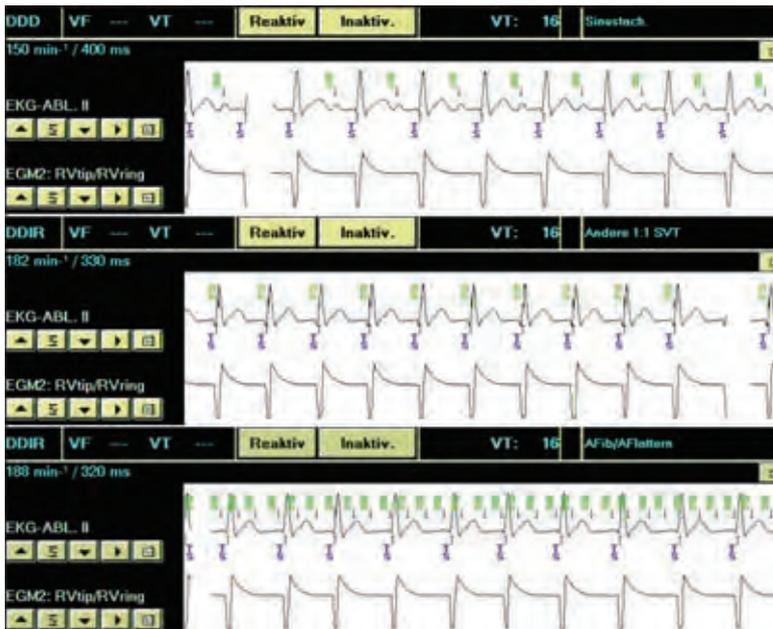


Fig. 4: Suppression of defibrillator therapies by PR Logic in case of sinus tachycardia (top), AV nodal reentrant tachycardia (middle) and atrial fibrillation (bottom)

The Medtronic Protecta XT is able to terminate atrial tachycardias by atrial overdriving. As shown in figure 5, enabling the PR-Logic algorithm, the atrial tachycardia is successfully detected. This results into their termination by automatic overdrive pacing. Thus, inadequate and painful electric shocks can be avoided.



Fig. 5: Termination of atrial flutter by atrial "burst plus" overdriving

For all of the four features to avoid inadequate shocks, particular parameter setups for the ARSI-4 and Intersim II simulators were found and have to be programmed on the master rhythm simulator to reproduce the defibrillator's behaviour on the slave stations. Thus, Medtronic Protecta XT implants can be utilized in teaching systems to exercise programming of advanced defibrillator features to avoid inadequate painful shocks.

Conclusions

Using explanted Medtronic Protecta XT implantable defibrillators in combination with one of the commercial heart rhythm simulators ARSI-4 or Intersim II, behaviour and programming of advanced features to avoid inadequate shocks, either as single option or together with others, can be exercised in-vitro. Particular parameter setups for the heart rhythm simulators are necessary to reproduce the defibrillators behaviour. Combined with the teaching system, where everyone can practice with an own implant, these setups were successfully used in several hands-on workshops for physicians and product specialist as well as during internships of the biomedical engineering master study course.

References:

- /1/ Daubert JP, Zareba W, Cannom DS, McNitt S, Rosero SZ, Wang P, Schuger C, Steinberg JS, Higgins SL, Wilber DJ, Klein H, Andrews ML, Hall WJ, Moss AJ; MADIT II Investigators (2008) Inappropriate implantable cardioverter-defibrillator shocks in MADIT II: frequency, mechanisms, predictors, and survival impact. *J Am Coll Cardiol.* 51(14): 1357-65
- /2/ Schloss E, Olde Nordkamp LRA, Lee KH, Defaye, P Suleiman M, Wan C, Szymkiewicz SJ (2013) PainFree SST trial primary results. *Europace* 15 (suppl 2) : ii116-ii117
- /3/ Ismer B (2012) Zum Nutzen elektronischer Herzrhythmus simulatoren für die Herzschrittmacher- und Defibrillatortherapie. *Beiträge aus Forschung und Technik: 29-31, Hochschule Offenburg*

**Autoren
dieses
Artikels:
Seite 136**

Die Autoren der Artikel „Neu am POI: Miniaturisierter Eventrekorder Medtronic Reveal LINQ“ und „Inadäquate Schocks: Herausforderung für Arzt und Industrie“ (Seite 130 ff):

AUTOREN

Johannes Härtig

Leitender Oberarzt für Schrittmacher- und Defibrillatortherapie am Herzzentrum Lahr/Baden
johannes.haertig@mediclin.de



Tobias Haber

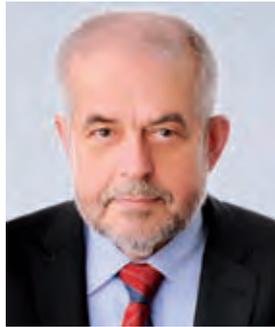
Akademischer Mitarbeiter am Peter Osypka Institute for Pacing and Ablation
tobias.haber@hs-offenburg.de



Prof. Dr. rer. nat. habil.

Bruno Ismer

Professor an der HSO und Leiter deren Peter Osypka Institute for Pacing and Ablation
bruno.ismer@hs-offenburg.de



Prof. Dr. med.

Juraj Melicherčík

Leiter der Abteilung Elektrophysiologie am Herzzentrum Lahr/Baden
juraj.melicherčík@mediclin.de



CO-Autoren des Artikels „Neu am POI: Miniaturisierter Eventrekorder Medtronic Reveal LINQ“ (Seite 130 ff):

AUTOREN

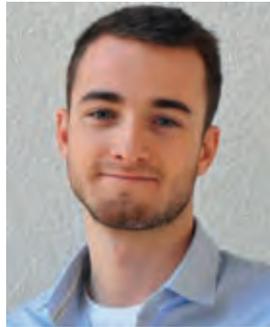
Jan Buggisch

Student der Medizintechnik an der HSO mit Betriebspraktikum am POI
jbuggisc@stud.hs-offenburg.de



Christoff Wienands

Student der Medizintechnik an der HSO mit Betriebspraktikum am POI
cwienand@stud.hs-offenburg.de



CO-Autoren des Artikels „Inadäquate Schocks: Herausforderung für Arzt und Industrie“ (Seite 133 ff):

AUTOREN

Steven Hartmann

Student der Medizintechnik an der HSO mit Bachelorarbeit am POI
shartman@stud.hs-offenburg.de



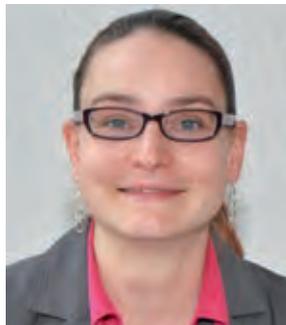
Tim Kunkler

Student der Medizintechnik an der HSO mit Bachelorarbeit am POI
tkunkler@stud.hs-offenburg.de



Corinna Brenner

Akademische Mitarbeiterin am Peter Osypka Institute for Pacing and Ablation
corinna.brenner@hs-offenburg.de



Markus Brudsche

Akademischer Mitarbeiter am Peter Osypka Institute for Pacing and Ablation
markus.brudsche@hs-offenburg.de





Prof. Dr. Bernd Spangenberg, Leiter des Instituts NaSiO

Die Welt nachhaltig verändern...

NaSiO – Das Institut für nachhaltige Silikatforschung Offenburg erforscht anorganische Polymere (GeoPolymers) sowie industriell erzeugbare Monolithe auf Silikatbasis

Das Offenburger Institut für nachhaltige Silikatforschung setzt sich zum Ziel, Baumaterialien aus Wüstensand mit neuen Eigenschaften zu entwickeln, die kompatibel sind mit einer nachhaltigen Energietechnik. Am einfachsten beschreibt man Silikatwerkstoffe als polymeren Sand. Der Schlüssel zur vermehrten industriellen Nutzung von Wüstensand ist die Geopolymerstruktur. Diese wird aus Wasserglas gebildet, das schon heute kostengünstig aus Wüstensand, Soda und Sonnenenergie (WSSS-Ansatz) hergestellt werden kann.

Der Schwerpunkt der Arbeiten am Institut NaSiO liegt auf der Erforschung von chemischen Reaktionen, die eine Geopolymerbildung ermöglichen. Auch wird an der verfahrenstechnischen Optimierung aller Prozesse gearbeitet, die der Bildung geopolymerer Strukturen zugrunde liegen. Bei allen Forschungsthemen stehen Ressourcenschonung und Umweltverträglichkeit im Mittelpunkt.



Ein neuer Zugang zu einer effektiven Holzverkieselung

Simon Girsch, Prof. Dr. Bernd Spangenberg

Nachhaltigkeit bedeutet immer auch Langlebigkeit. Am Institut für nachhaltige Silikatforschung in Offenburg (NaSiO) wurde eine neue und energieschonende Methode entwickelt, Holz härter zu machen. Dazu wird eine beliebige Holzprobe bei Raumtemperatur in eine Silikatlösung getaucht. Eine anschließende Wärmebehandlung bei 120 °C polykondensiert die vom Holz aufgenommene Silikatlösung aus und erhöht die Oberflächenhärte des Holzes um bis zu einem Faktor von 112 %. Der Einsatz des so imprägnierten Holzes in der Bauwirtschaft wird untersucht.

Sustainability always means longevity. A new and energy-saving method to harden the surface of wood has been developed at the institute for sustainable silicat research (NaSiO). For this purpose, wood samples were soaked in a silicate solution at room temperature. A subsequent heat treatment at 120 °C started a polycondensation of the silicate solution and increased the surface hardness of the wood by up to a factor of 112 %. Applications of such impregnated wood samples are under examination in the construction industry.

Problemstellung

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 nachwachsen kann“ [1]. Dieser Gebrauch des Begriffs der Nachhaltigkeit in der deutschen Sprache 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 als ein „Prinzip, nach dem nicht mehr verbraucht werden darf, als jeweils nachwachsen, sich regenerieren, künftig wieder bereitgestellt werden kann“ verstanden [1].

In der Zukunft wird die Menschheit nur noch einen stark eingeschränkten Zugriff auf fossile Energieträger haben. Die Konsequenzen spüren wir schon heute in unserem Alltag. Die Beschlüsse von Paris im Jahr 2015 zum Klimawandel erfordern eine Decarbonisierung der weltweiten Industrie. Neue Materialien in der Bautechnik müssen der zukünftig wahrscheinlich angespannteren Rohstoffsituation Rechnung tragen. Ziel des Forschungsprojektes „Holzverkieselung“ ist, diese Prämisse zu beachten. In dem angesprochenen Forschungsprojekt werden Zukunftstechnologien

erforscht, die den Einsatz nachwachsender Rohstoffe wie Holz und Stroh langlebiger und robuster gestalten.

Silikate 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 polymerer Sand. Heute wird die Herstellung neuer Verbundwerkstoffe auf Silikatbasis als Geopolymerisation bezeichnet, da geologisch verfügbare Materialien über eine Polykondensationsreaktion miteinander verbunden werden. Die Rohstoffbasis geopolymere Strukturen ist Sand, ein Rohstoff, der in den Wüsten quasi unbegrenzt vorhanden ist. Aus Sand kann CO₂-neutral unter Einsatz von Sonnenlicht und Soda Wasserglas hergestellt werden – eine farblose, ungiftige wässrige Lösung, die früher zum Einlegen von Eiern benutzt wurde. Im Institut NaSiO wird der zukunfts-trächtige Einsatz von Wasserglas erforscht, um Holz härter und haltbarer zu machen und ihm so neue Einsatzbereiche in der Bauindustrie zu eröffnen. So könnte ein wesentlicher Beitrag zum Aufbau einer nachhaltigen Bautechnik geleistet werden.



Fig. 1:

Untersuchte Holzproben (links: Fichte, rechts: Eiche). Oben sind die Originalproben und unten die verkieselten Holzproben abgebildet

Verkieselung von Holz

Im Versuch wurden verschiedene getrocknete Holzproben (Fichte und Eiche) geteilt, und eine Hälfte des Holzes wurde für 24 Stunden in eine speziell präparierte Wasserglaslösung gelegt. Diese Wasserglaslösung enthielt Tenside und eine wässrige Härterlösung. Sie durchfeuchtet auch Eichenholzstäbe mit einem Durchmesser von 5 cm innerhalb von 24 Stunden vollständig. Im Anschluss wurden die durchfeuchteten Holzproben für vier Stunden auf 120 °C erhitzt. Dadurch läuft im Inneren des Holzes 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. Aktive Kieselsäurereste binden dabei auch kovalent an die Hydroxidgruppen des Holzes und fixieren so die Kieselgelmatrix.

Die verkieselten Holzproben zeigen eine etwas dunklere Oberfläche als das nicht behan-

delte Holz. Trotz der Verkieselung ist die Struktur der Wachstumsringe gut zu erkennen. Eine Steigerung der Härte lässt sich erreichen, wenn mehr Wasserglas in die Holzstruktur eindringen kann. Dies kann erreicht werden, wenn Wasserglas unter Druck ins Holz gepresst wird. An diesem Thema wird augenblicklich intensiv gearbeitet.

Die Härtebestimmung wurde an vier Holzproben durchgeführt: Eiche behandelt (Variante 1.1) und unbehandelt (Variante 1.2) sowie Fichte behandelt (Variante 2.1) und unbehandelt (Variante 2.2). Die Bestimmung der Martenshärte (registrierende Härteprüfung unter Prüfkrafteinwirkung) wurde gemäß DIN EN ISO 14577 durchgeführt. Als Prüfgerät wurde ein „Fischerscope H 100“ der Helmut Fischer GmbH eingesetzt. Als Prüfparameter wurden eine Maximalkraft von 30 mn und eine Messdauer von 20 Sekunden verwendet. Die Messungen erfolgten auf den geschliffenen Flächen

der Holzproben. Bei den Fichtenholzproben wurde konsequent im Frühholz gemessen. Die Messungen an den Eichenholzproben konnten aufgrund der Struktur nicht so systematisch im Frühholz durchgeführt werden.

Härtebestimmung des verkieselten Holzes

Variante	Anzahl der Messungen	Martens-härte	durchschnittl. max. Eindringtiefe	durchschnittl. Eindringtiefe durch plastische Verformung	Standardabweichung der Martens-härte
	n	MH [N/mm ²]	h_{max} [μm]	h_{pl} [μm]	S [N/mm ²]
1.1	22	118,11	3,3	2,3	41,49
1.2		102,51	3,6	2,4	47,62
2.1	12	59,61	5,1	4,1	40,16
2.2		28,12	6,6	4,4	9,78

Tab. 1: Ergebnisse der registrierenden Härteprüfung unter Prüfkrafteinwirkung nach DIN EN ISO 14577

Die Messwerte der Fichtenholzproben weisen nach der Imprägnierung eine signifikante Zunahme der Mikrohärtigkeit auf. Bei den wesentlich härteren Eichenholzproben führt die Behandlung nur zu einer unwesentlichen, nicht signifikanten Erhöhung der Härte. Denkbar ist der Einsatz eines solchermaßen gehärteten Holzes z. B. im Möbelbau und in der Parkettindustrie. Weitere Versuche müssen zeigen, ob diese Werte auch für andere Holzarten wie Buche, Kiefer oder Tanne erreicht werden können. Dazu muss an der Hochschule die Infrastruktur solcher Messungen aufgebaut werden. Auch wird in einem Langzeitversuch untersucht, ob die durchgeführte Verkieselung einen Einfluss auf die Verrottung von Holz zeigt oder ein Verrotten vielleicht ganz verhindern kann.

Zusammenfassung

Es konnte gezeigt werden, dass die Verkieselung von Holzproben zu einer Steigerung der Oberflächenhärtigkeit führt. Bei Fichtenweichholz konnte die Härte um 112 % gesteigert werden. Bei Eiche war immerhin eine Steigerung um 15,2 % zu beobachten.

AUTOREN

Prof. Dr. Bernd Spangenberg
Forschungsgruppe Nachhaltige Silikatforschung
Lehrgebiete Chemie, chemische Analytik, Abfall und Recyclingtechnik, Bionik,
spangenberg@hs-offenburg.de



Simon Girsch
Forschungsgruppe Nachhaltige Silikatforschung
Forschungsgruppe Umweltanalytik und neue Materialien



- Literatur:
- [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



**Institut für verlässliche
Embedded Systems und
Kommunikationselektronik**



Prof. Dr.-Ing. Axel Sikora, Leiter des Instituts ivESK

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 Entwicklungsarbeiten in den Laboren der beiden Professoren weiterzuentwickeln und gemeinschaftlich neue Möglichkeiten zu erschließen.

Hierbei stehen folgende Arbeitsgebiete im Zentrum der Aktivitäten:

- Konzeption und Implementierung von effizienten und modularen drahtgebundenen und drahtlosen Kommunikationsprotokollen unter Nutzung von Embedded Systemen – u. a. mit 6LoWPAN, Wireless M-Bus, M-Bus
- Konzeption und Implementierung von durchgängigen Sicherheitsarchitekturen für Kommunikationslösungen unter Nutzung von Embedded Systemen – u. a. embedded TLS 1.2, PKI-Lösungen für verteilte Anwendungen
- Konzeption und Implementierung von effizienten und sicheren embedded Rechnerplattformen – u. a. Embedded Linux (Speed-Boot, Virtualisierung)
- Test- und Verifikation von Kommunikationslösungen – u. a. mit dem automatisierten physischen Testbed (APTb) oder mit Netzwerksimulation und -emulation
- Ende-zu-Ende Sicherheitslösungen zwischen leistungsschwachen Geräten und leistungsstarken Komponenten sowie die Anbindung an Cloud-Ecosysteme

Am Institut arbeiten gegenwärtig 12 Vollzeitmitarbeiter sowie etwa ebenso viele Studierende, wobei noch einige Projekt- und Promotionsstellen offen sind. Weitere Kandidaten für Tutorentätigkeiten und Abschlussarbeiten sind gern gesehen.



emb::6 – Ein 6LoWPAN OpenSource-Projekt

Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Ing. Dipl. Wirt.-Ing. Axel Sikora, Dipl.-Inf. (FH) Manuel Schappacher, Dipl.-Ing. (FH) Edgar Schmitt, Artem Yushev M. Eng., Fesseha Tsegaye Mamo M. Sc.

Das Internet der Dinge ist auf dem Vormarsch. Immer mehr mikroelektronische Systeme werden vernetzt. IPv6 über IEEE802.15.4, bekannt als 6LoWPAN, ist hierbei ein populäres Vernetzungsprotokoll. In diesem Artikel wird das Open Source Projekt emb::6 vorgestellt, das mit einer Reihe von Alleinstellungsmerkmalen eine effiziente, sichere, stabile und einfach zu nutzende Implementierung für übergreifende und medienunabhängige Vernetzungen im Internet der Dinge bereitstellt.

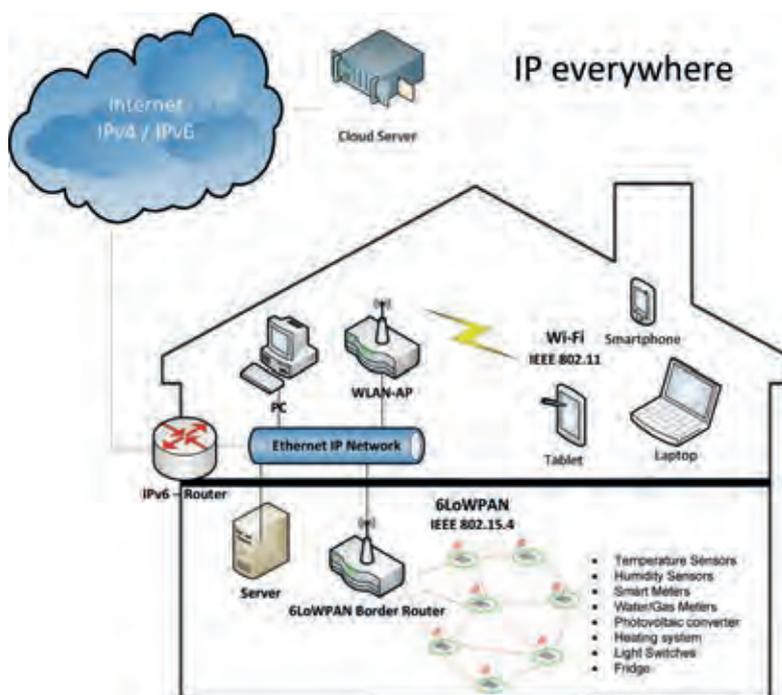
The Internet of Things is on the rise. More and more microelectronic systems are getting connected with each other. One of the most popular networking protocol for IoT is IPv6 over IEEE802.15.4 commonly known as 6LoWPAN. In this article, the open source project called emb::6 is presented providing an efficient, safe, stable and easy to use implementation for connecting devices to the IoT including lots of exclusive features.

1. IPv6 als integrierende Netzwerkschicht

Die Grundidee von IPv6 over Low-Power Wireless Personal Area Networks (6LoWPAN, sprich six-louhpähn) besteht darin, das IPv6-Protokoll auch für lokale Funknetze zu nutzen, um hierbei homogene und durchgängige Ende-zu-Ende-adressierte Netzwerke zu ermöglichen. Auf diese Weise kann das Internet der Dinge eine Verschaltung mehrerer IP-basierter Netze unter Nutzung individueller IPv6-Adressen werden, sodass zur Kopplung nur Layer-3-Router, aber keine Kopplungselemente höherer Schichten, insbesondere keine Gateways, benötigt werden. Darüber hinaus wird die Standardisierung in den öffentlichen Raum der Internet Engineering Task Force (IETF) gehoben.

Auf der Ebene der Funknetze kommen neben dem IEEE802.15.4-Standard auch andere Funkprotokolle zum Einsatz. Spezifikationen liegen u. a. für Bluetooth, WiSun, LoRaWAN und ULE vor. Auf diese Weise besteht die Möglichkeit, dass sich IPv6 als medienunabhängige Netzwerkschicht auch für die Vielzahl von Funksystemen durchsetzt und das Internet der Dinge letztendlich auch auf dem Internetprotokoll basiert („IP everywhere“). Eine mögliche zukünftige Installation ist in Abb. 1 gezeigt.

Die Vorgaben des IETF sind seit nunmehr etwa drei Jahren stabil. Sie sind auch die Grundlage für mehrere quelloffene und kommerzielle Implementierungen, deren Interoperabilität in einem ersten Plug-Test verifiziert wurde.



2. Marktübersicht

Bevor die neue Implementierung vorgestellt wird, soll kurz erläutert werden, warum die Autoren der Meinung sind, dass eine weitere quelloffene Implementierung sinnvoll ist. Denn schließlich gibt es bereits verschiedene kommerzielle und auch quelloffene Implementierungen für 6LoWPAN, wobei im Rahmen dieses Beitrags vor allem die quelloffenen Varianten betrachtet werden sollen. Diese Implementierungen sind allerdings aus Sicht der Autoren alle mit gewissen Nachteilen behaftet.

Verbreitete Implementierungen wie μ Pv6 (Contiki), BLIP, RIOT sind sehr stark an das zugrunde liegende Betriebssystem bzw. an betriebssystemähnliche Strukturen gebunden und damit nur beschränkt in andere Systemumgebungen portierbar. Hierbei erfüllen diese Betriebssysteme oft nicht die Anforderungen an professionelle Systeme und finden außerhalb der Kommunikationsanwendungen auch praktisch keine Verbreitung. Hinzu kommt gerade bei μ Pv6 die Verwendung von sehr betriebssystemspezifischen Konstrukten (Prothreads), die eine Portierung erschweren. BLIP 2.0 ist gar in dem C-Derivat NesC programmiert und somit sogar unmittelbar nicht verwendbar.

Darüber hinaus versuchen viele der Aktivitäten mit viel Aufwand komplette Systemumgebungen mit dezidierten Simulatoren und weiteren Werkzeugen aufzusetzen. Aus Sicht der Autoren ist es viel effizienter, hier auf bestehende Werkzeuge zurückzugreifen und lediglich die Einbindung der eigenen Implementierung stabil und einfach vorzubereiten. Auf diese Weise ist dann auch die Integration in Gesamtsysteme bedeutend einfacher möglich.

Aus diesen Gründen fiel die Entscheidung, eine eigene Implementierung vorzulegen, die sich durch eine reine, modulare, portierbare Implementierung in nativem C auszeichnet und einfach anpassbar und parametrierbar ist. Die Integration eines sicheren Transportlayers, vor allem für den ebenfalls im Institut der Autoren entwickelten (D)TLS-Stack soll vorbereitet werden.

In einem Projekt, gefördert durch das ZIM-Programm vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), wurden gemeinsam mit dem Dresdner Unternehmen AN Solutions GmbH der sogenannten emb::6-Stack implementiert und verifiziert. Hierbei diente die Implementierung des μ Pv6-Stacks aus dem Contiki-Projekt als Grundlage und wurde so weit umgebaut, dass die oben erwähnten Anforderungen erfüllt sind. Zusätzlich wird mit einem teilautomatisierten Verfahren sichergestellt, dass weitere Updates und Bugfixes der Community für die Ursprungssoftware in den neuen Stack übernommen werden. In Absprache mit den Autoren des Contiki-Projekts wurde die nunmehr erstellte Implementierung als quelloffenes Projekt mit einer identischen, sehr einfachen Lizenzregelung bereitgestellt.

Erste Portierungen auf einige verbreitete Hardware-Plattformen liegen mittlerweile vor. Hierzu zählen gegenwärtig Mikrocontroller wie Atmel AVR8, TI MSP430 sowie ARM-basierte MCUs mit Cortex-M0+- und M3-Architekturen. Als Transceiver werden gegenwärtig

at86rf2128(b) und at86rf230 von Atmel und TI's CC1120 und CC1200 unterstützt. Auch eine Portierung auf den neuen cc13xx-SOC von TI erfolgte letztes in einem Industrieprojekt. Tab. 1 zeigt den Speicherbedarf unterschiedlicher Konfigurationen bei typischen Parametrierungen.

Stack Configuration	cs_xpro_212b Cortex M0+ Flash/RAM	cs_stk3600 Cortex M3 Flash/RAM	cs_atany900 AVR8 Flash/RAM	ua_atany900 AVR8 Flash/RAM
COAP:	10.4 / 1.4 kB	10.0 / 1.4 kB	10.8 / 1.4 kB	
RPL:	16.0 / 0.4 kB	14.7 / 0.6 kB	12.7 / 0.5 kB	12.6 / 0.5 kB
IPv6:	18.7 / 2.6 kB	17.5 / 2.6 kB	15.8 / 2.1 kB	15.8 / 2.1 kB
6LOWPAN:	7.4 / 0.3 kB	6.6 / 0.3 kB	5.4 / 0.4 kB	5.4 / 0.4 kB
Others: (Demo, REST, MAC, Util, BSP)	74.9 / 5.6 kB	64.2 / 7.1 kB	24.3 / 4.6 kB	19.1 / 2.3 kB
Total:	127.4 / 10.3 kB	113.0 / 10.9 kB	69.0 / 9.0 kB	52.9 / 5.4 kB

3. Architektur

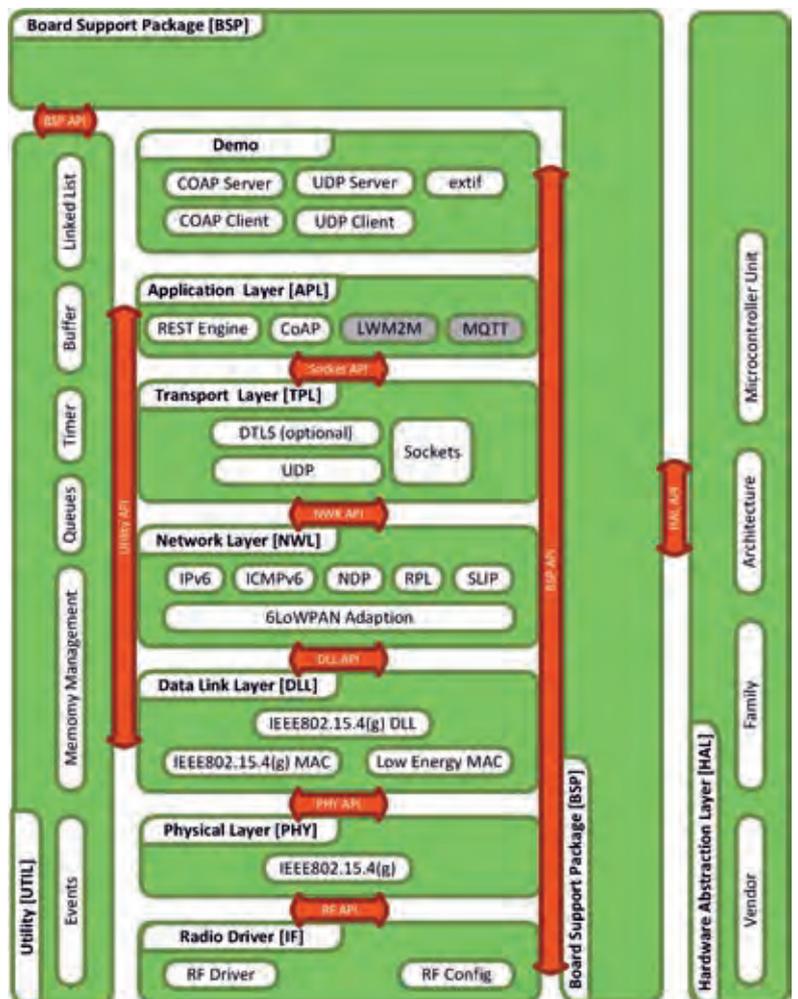


Abb. 2 zeigt den Aufbau der emb6-Protokollimplementierung. Im Zentrum der Entwicklung steht natürlich die Netzwerkschicht, die nach oben für die Anwendungsschichten die Schnittstellen für die Kommunikation anbietet und nach unten die Dienste der Sicherungs- und der physischen Schicht nutzt. Die einzelnen Schichten werden in den folgenden

Abschnitten detaillierter erläutert. Neben der Netzwerkfunktionalität sind alle wichtigen Basisfunktionen wie Timer, Buffer-Management und Speicherverwaltung herausgelöst und in generische Utility-Module zusammengefasst.

Zur flexiblen Unterstützung unterschiedlicher Mikrocontroller und Transceiver auf unterschiedlichen Boards wurden alle hardware-spezifischen Bestandteile in einem Board Support Package (BSP) zusammengefasst, das den Hardware Abstraction Layer (HAL) bedient.

- Anwendungsschicht: Die Anwendungsschicht (Application Layer, APL) ist ein optionaler Bestandteil des emb6-Stacks. Hierbei kann in Abhängigkeit von der angestrebten Funktionalität zwischen verschiedenen Implementierungen ausgewählt werden, wobei bislang nur CoAP im Open-Source-Bereich bereitgestellt wird. Parallel sind Implementierung LWM2M und MQTT in Bearbeitung.
- Transportschicht. Die Transportschicht (transport layer) stellt eine an den klassischen BSD-Socket angelehnte Socket-Schnittstelle zur Verfügung. Nach Standard wird – wie in vielen Anwendungen üblich – das verbindungslose User Datagram Protocol (UDP) unterstützt. Eine Integration von TCP ist möglich.
- Netzwerkschicht: Die Netzwerkschicht (network layer) ist der bisherige Kern der Aktivitäten. Er enthält folgende Teilmodule:
 - Die oberen Teilschichten realisieren das standardisierte IPv6-Protokoll und die zugehörigen Management Protokolle wie das Internet Control Message Protocol (ICMPv6) und das Neighbor Discovery Protocol (NDP).
 - Diese wird dann mithilfe der unteren 6LoWPAN-Teilschicht an die Anforderungen des IEEE802.15.4 adaptiert. Die geringere Rahmengröße des IEEE802.15.4-Standards erfordert eine effiziente Einbettung, weil der fixe Teil des Standard-IPv6-Headers bereits 40 Byte beträgt. Würden diese in jedem Rahmen zusammen mit den bis zu 25 Bytes MAC-Overhead des IEEE802.15.4 Standards übertragen, wären mit bis zu 65 Bytes schon mehr als die Hälfte des Rahmens mit Steuerinformationen gefüllt. Entsprechend erscheint sowohl eine Kompression des Headers als auch eine Fragmentierung sinnvoll und notwendig. Diese Anpassungen werden zusammen mit einigen anderen Funktionen als 6LoWPAN in den RFCs 4944, 6282 und 6775 beschrieben. Hierbei wer-

den dann IPv6 und UDP Header komprimiert. Die IP-Pakete mit einer maximalen Rahmengröße (Maximum Transmission Unit, MTU) von 1280 Bytes werden fragmentiert und in die maximal 127 Byte großen IEEE 802.15.4-Rahmen verpackt.

- Das IPv6-Modul wird ergänzt durch das Routing-Protokoll, das die Verkehrsweiterleitung in vermaschten Topologien übernimmt. Zum Einsatz kommt hierbei das „Routing Protocol for Low power and Lossy Networks“ (RPL, sprich: rippl). Weitere wichtige Bestandteile sind der Trickle Algorithmus (RFC 6206) für das Timing der Informationspakete, die Definition der Routingmetriken in RFC 6551 sowie die Objective Function Zero (RFC 6552), die für die Wahl des bevorzugten Elternknotens benötigt wird.
- Zusätzlich ist ein Serial Line Internet Protocol (SLIP) Modul vorhanden, das die Verwendung des Stacks über eine serielle Verbindung von einem anderen Gerät aus erlaubt.
- Sicherungsschicht: Hier wird im Wesentlichen die Funktion des IEEE 802.15.4-MAC realisiert. Für weiterleitende Knoten (Routing Nodes) wird die Funktion des Full Function Devices (FFD) benötigt, während für Endknoten, sogenannte Leaf Nodes, bzw. Non-Routing Nodes die einfacheren Reduced Function Devices (RFD) ausreichen. Die Kopplung mit der physischen Schicht ist recht eng, weil viele Transceiver bereits Funktionen für den Kanalzugriff, wie z. B. CSMA oder Auto Retransmission, in Hardware anbieten.

Hervorzuheben sei in diesem Zusammenhang, dass die IEEE802.15.4-Funktionalität des emb6-Stacks um sogenannte Wake-On-Radio-(WOR)-Funktionen erweitert wurden, die ein Aufwecken der Transceiver über die Funk-schnittstelle erlaubt. Allerdings wird diese Funktion zum gegenwärtigen Zeitpunkt vor allem von Transceiver effizient unterstützt, die nicht kompatibel zu den Vorgaben des IEEE802.15.4 sind.

- Physische Schicht: Ein Großteil der physischen Schicht, wie z.B. Modulation wird in der Regel durch den Transceiver gehandhabt. Andere Aufgaben, wie z. B. CRC-Prüfungen und Berechnungen für empfangene oder zu sendende Pakete, werden oft in Software erledigt.
- Radio-Treiber-Schicht: Aufgrund der Hardwareunterstützung vieler Transceiver für

Literatur:

- [1] P. Nguyen, M. Schappacher, A. Sikora, V.F. Groza, „Extensions of the IEEE802.15.4 Protocol for Ultra-Low Energy Real-Time Communication“, Proc. I2MTC, 2016 IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference, 23.-26. May 2016, Taipei (Taiwan)
- [2] A.K.Nsiah, A. Sikora, A. Walz, A. Yushev, „Embedded TLS1.2 Implementation for Smart Metering & Smart Grid Applications“, Journal of Electronic Science and Technology, Vol. 13, No. 4, Dec. 2015, pp.373-378
- [3] M. Schappacher, E. Schmitt, A. Sikora, P. Weber, A. Yushev, „A Flexible, Modular, Open-Source Implementation of 6LoWPAN“, 8th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS2015), 24-26 September 2015, Warsaw, Poland, pp. 838-844
- [4] A. Sikora, „Funknetzwerke für das Internet der Dinge: 6LoWPAN OpenSource-Projekt: emb6“, Elektronik Wireless 2016

MAC-Funktionen besteht die unterste Schicht des Protokollstapels im Wesentlichen aus der Ansteuerung der Transceiver-Funktionen. Diese werden im sogenannten Radio Driver zusammengefasst.

5. Inbetriebnahme, Betrieb und Test

Wie gesagt, wurde bei der Implementierung auf eine einfache Benutzerbarkeit der Software geachtet.

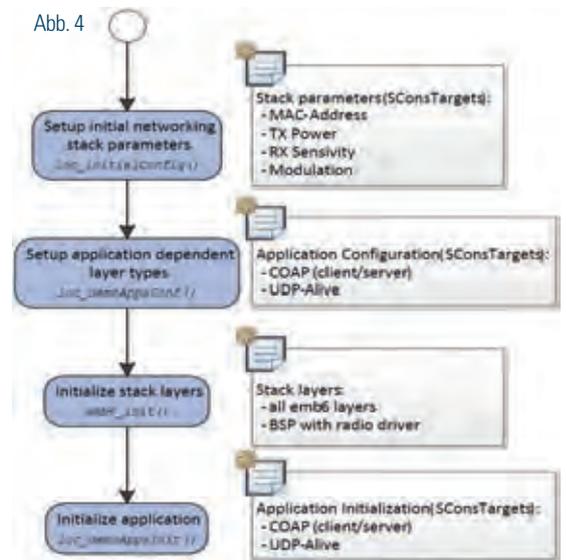
```
typedef struct netstack {
    const struct netstack_headerCompression* hc;
    const struct netstack_highMac* hmac;
    const struct netstack_lowMac* lmac;
    const struct netstack_framer* framer;
    const struct netstack_interface* iface;
} ns_t;
```

Abb. 3 zeigt die Schritte, die zur Konfiguration des emb6-Protokollstapels notwendig sind. Dabei werden sowohl die statischen Parameter der Utilities und des Stacks als auch die Initialwerte der dynamischen, d.h. zur Laufzeit setzbaren Parameter über Präprozessordirektiven gesetzt. Beispielhaft ist in Abb. 4 die Struktur der Schnittstelle zur Parametrierung des emb6-Protokollstapels gezeigt.

Um die Vielzahl an Konfigurationen zu verwalten, wird das SCons-Buildsystem eingesetzt. Dieses erlaubt es, mithilfe von Konfigurationsdateien, relativ schnell neue Buildkonfigurationen zu erstellen oder existierende anzupassen. Zudem kann durch den modularen Aufbau der Dateien auf gemeinsame Bestandteile zurückgegriffen werden.

Die Implementierung wurde insbesondere in Bezug auf die Routing-Funktionalität umfangreich getestet. Eine besondere Rolle spielt hierbei das im ivESK entwickelte automatisierte Testbed.

Abb. 4



6. Ausblick & offene Themen

Das Internet der Dinge ist unaufhaltsam auf dem Vormarsch. Die Community hat hierbei zu großen Teilen verstanden, dass ein wirklicher, nachhaltiger Markterfolg sich nur durch offene, übergreifende und interoperable Lösungen und durch die Bereitstellung von vorentwickelten, getesteten und einfach zu nutzenden Plattformen erreichen lässt.

Der vorgestellte emb::6-Protokollstack ist eine solche Plattform. Wir laden alle Interessierten ein, an diesem Projekt mitzuarbeiten, um eine herstellerunabhängige, leistungsfähige, aber portabel und flexibel einsetzbare Lösung nutzen zu können.

Weitere Entwicklungsthemen sind sicherlich die Erstellung weiterer Portierungen sowie weiterer Applikation-Layer. Interessant ist aber auch die Integration des emb6-Protokollstapels in einen Netzwerksimulator wie NS-3 oder OMNET++. Hierzu sind im ivESK bereits Vorarbeiten geleistet worden. Interessiert sind die Autoren natürlich auch an Erfahrungen beim Einsatz des emb6-Protokollstapels.

Dieser Beitrag ist eine aktualisierte Fassung von [4].

AUTOREN

Artem Yushev M. Eng.
Institut für verlässliche Embedded Systems und Kommunikationselektronik (ivESK)
artem.yushev@hs-offenburg.de



Dipl.-Ing. (FH) Edgar Schmitt
Institut für verlässliche Embedded Systems und Kommunikationselektronik (ivESK)
edgar.schmitt@hs-offenburg.de



Dr.-Ing. Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Axel Sikora
Wissenschaftl. Leiter Institut für verlässliche Embedded Systems u. Kommunikationselektronik (ivESK)
axel.sikora@hs-offenburg.de



Dipl.-Inform. (FH) Manuel Schappacher
Institut für verlässliche Embedded Systems und Kommunikationselektronik (ivESK)
manuel.schappacher@hs-offenburg.de



Fesseha Tsegaye Mamo M. Sc.
Institut für verlässliche Embedded Systems und Kommunikationselektronik (ivESK)
fesseha.mamo@hs-offenburg.de



Forschungs- und Entwicklungsprojekte 2015

Wettbewerblich neu eingeworbene Projekte und Teilprojekte 2015
Projektleiter (-in), Projekttitel, Mittelgeber

Bessler W., Prof. Dr.: LiBaLu – Lithiumbatterien mit Lufterlektrode, *BMBF – Sondervermögen Energie- und Klimafonds*

Bessler W., Prof. Dr.: STABIL - Vorhersage und Verlängerung der Lebensdauer von gekoppelten stationären und mobilen Lithium-Ionen-Batterien, *BMBF - FH ProfUnt*

Bollin E., Prof.: Implementierung der AMLR in das IWB Citycenter sowie ein einjähriges Monitoring, *Industrielle Werke Basel, Schweiz*

Bollin E., Prof.: Erstellung eines Energiekonzeptes „Landesgartenschau 2018 Energiepark Lahr“, *Elektrizitätswerk Mittelbaden AG & Co.KG, Offenburg*

Hammer D., Prof. Dr.: Open Competence Center for Cyber Security - Open C3S; Teil 2: Pilotierung eines berufsbegleitenden Bachelor-Studiengangs „Informatik/IT-Sicherheit“, *BMBF – Aufstieg durch Bildung*

Isele A., Prof.: Herstellung eines Prototypen und der Nullserie für kundenspezifische, intelligente Messschrauben sowie die Durchführung deren Fähigkeitsnachweises, *JUKO Technik GmbH, Geretsried*

Köbler J., Prof. Dr.: Analyse der Produktionsabläufe und Erstellung eines Istlayouts, *Cepa Carl Padberg Zentrifugenbau GmbH, Lahr*

Kohler D., Prof.: Prozess- und Strukturentwicklungen für reproduzierbare, designorientierte, funktionale, korrosionsbeständige, komplexe Formkörper, *BMW – ZIM*

Lauer T., Prof. Dr.; Trahasch S., Prof. Dr.: Datengetriebene Echtzeitanalyse und Optimierung komplexer automatisierter Produktionsprozesse sowie Prognose kritischer Werkzeugtoleranzen (Production Intelligence), *Jedox AG, Freiburg*

Livotov P., Prof. Dr.: SPIRE – Intensified by Design, *EU – Horizon 2020*

Livotov P., Prof. Dr.: Innovationsprozess 4.0: Entwicklungsprozess und Implementierung systematischer Maßnahmen zur zukunftsorientierten Steigerung der Innovations- und Wettbewerbsfähigkeit von Industrieunternehmen, *Land BaWü / Innovative Projekte*

Mayer A., Prof. Dr.: Nichtlinearitäten in OFW-Filtern Teil 4, *EPCOS AG, München*

Müller A., Prof. Dr.: Begleitung der Konzeption, Pretesting und Customer Experience Testing der Zentrag-Webanwendung, *Zentrag – Zentralgenossenschaft des europäischen Fleischgewerbes EG*

Müller A., Prof. Dr.: Evaluation des Social Concepts zur Web Applikation „MillionenChance.de“, *BurdaDirekt Services GmbH, Offenburg*

Müller A., Prof. Dr.: Evaluation des OnBoarding-Prozesses eines Benutzers, *Sevenit GmbH, Offenburg*

Najderek A., Prof. Dr.: Bedarfsgerechte Hochschulsteuerung auf Basis eines kaufmännischen Rechnungswesens (HRW), *Land BaWü/Innovative Projekte*

Nuß U., Prof. Dr.: HDR3 Hard- und Software-Verlängerung 6, *GNDC Co. Limited, Taiwan*

Nuß U., Prof. Dr.: Add-on-Reglerboard zur hoch dynamischen Drehzahlregelung von Prüfstandsantrieben, *OPVengineering GmbH, Östringen*

Pfafferoth J., Prof. Dr.: Kleinskalige Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung, *Elektrizitätswerk Mittelbaden AG & Co.KG, Lahr – Ökologie- und Innovationsfonds*

Rohbock U., Prof. Dr.: Markt- und Wirtschaftlichkeitsanalyse BAV-Akademie, *BAV-Institut, Offenburg*

Schmidt M., Prof. Dr.: VStudie „Study of customer value of short term solar forecasting in hybrid systems“, *General Electric GmbH Global Research, München*

Schröder W., Prof. Dr.: Inertialnavigationsplattform, *Wehrtechnische Dienststelle für Waffen und Munition, Meppen*

Schröder W., Prof. Dr.: Entwicklung einer Objektfrüherkennung und Bodenabstandsmessung für Mähfahrzeuge; Entwicklung des Radarsystems sowie der Auswertelgorithmen, *BMW – ZIM*

Schröder W., Prof. Dr.: Entwicklung eines Verfahrens zur Berechnung der hydraulischen Leistungsfähigkeit von Abwasserkanälen; Entwicklung der akustischen Messung der Oberflächenrauigkeit, *BMW – ZIM*

Schröder W., Prof. Dr.: Systemupgrade ALF65E, *Wehrtechnische Dienststelle für Waffen und Munition, Meppen*

Seifert T., Prof. Dr.: Hercules 2, *EU – Horizon 2020 – MG*

Seifert T., Prof. Dr.: Rechnerische Bewertung der Bauteillebensdauer von Aluminiumgusskomponenten unter kombinierter thermomechanischer und hochfrequenter Belastung, *BMW – IGF*

Sikora A., Prof. Dr.: Energy autarkic and autonomous wireless sensor system for real time monitoring of large scale waterways, Teil 2, *DAAD*

Sikora A., Prof. Dr.: M-Bus Systemsimulator, -emulator und -tester: „M-Bus SSET“; Entwicklung eines M-Bus-Simulators und -Emulators sowie Systemverifikation, *BMWi – ZIM*

Sikora A., Prof. Dr.: Modulares serviceorientiertes System auf IP-Basis zur Nachrüstung in Wohngebäuden – MoSeS, *BMWi – ZIM*

Sikora A., Prof. Dr.: Plattformvirtualisierung für sichere und erweiterbare Rechnerknoten in der Automatisierungstechnik (VirtuAut), *BMWi – ZIM*

Sikora A., Prof. Dr.: Studie Smart Home Allianzen, *Vaillant GmbH, Remscheid*

Sikora A., Prof. Dr.: Umsetzung von Hardware-Funktionalitäten mittels Mikrocontroller-Schaltungen, *Endress+Hauser Flowtec AG, Schweiz*

Sikora A., Prof. Dr.: Durchgängige Datensicherheit für die Heim- und Gebäudeautomatisierung, *Kundo xT GmbH, St. Georgen*

Sikora A., Prof. Dr.: Tunable Synchronization of Spatially Distributed CyberPhysical Sy, *DAAD*

Sikora A., Prof. Dr.: Testbench für Open Source 6LoWPAN implementation, *ULE Alliance, Schweiz*

Sikora A., Prof. Dr.: Nicht disruptives Kit für die Evaluation von Industrie 4.0, *Land BaWü – Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft*

Sikora A., Prof. Dr.: Nacharbeiten Studie „Smart Home Allianzen“, *Vaillant GmbH, Remscheid*

Sikora A., Prof. Dr.: AutoTestWirelessWater, *DAAD*

Sikora A., Prof. Dr.: Bestimmung des Energiebedarfs für die IPv6-basierte Kommunikation von Datensammlern, *Techem Energy Services GmbH, Eschborn*

Spangenberg B., Prof. Dr.: Entwicklung eines neuartigen rein anorganischen Bindemittels zur Herstellung von schadstofffreien Produkten aus Holzspänen; Untersuchung der chemischen Prozesse bei der Bindemittelherstellung sowie der Eigenschaften der Holzprodukte, *BMWi – ZIM*

Spangenberg B., Prof. Dr.: Entwicklung einer neuartigen mobilen UV/VIS/NIR-Detektionseinheit für Proben bis 100 mm x 200 mm; Mobiles und multiapplikatives UV/VIS/NIR-Detektions- und Analysesystem für 2-dimensionale Proben (Virena), *BMWi – ZIM*

Trahasch S., Prof. Dr.: IT-Beratung bei der BEO GmbH, *BEO GmbH, Endingen*

Trahasch S., Prof. Dr.: Beratung zur Neuentwicklung des Webauftritts der DGTA e.V., *Deutsche Gesellschaft für Transaktionsanalyse e.V., Konstanz*

Velten D., Prof. Dr.: Entwicklung eines Prüfverfahrens zur Rückstandsbestimmung aus Mischarmaturen, *Hansgrohe SE, Schiltach*

Velten D., Prof. Dr.: Oberflächenmodifikation von ABS-Proben mittels Plasmaätzen, *Hansgrohe SE, Schiltach*

Waltersberger B., Prof. Dr.: Mehrkörpersimulation mit kontinuierlich wechselnden Randbedingungen zur dynamischen Betrachtung von Getrieben; Entwicklung analytischer Modelle für Getriebekomponenten und Vergleichsmodelle zur Validierung des Simulationsverfahrens, *BMWi – ZIM*

Waltersberger B., Prof. Dr.: Aktive Schwingungskompensation an einer Transfereinheit, Teil 1, *Sander Automation GmbH, Renchen-Ulm*

Waltersberger B., Prof. Dr.: Aktive Schwingungskompensation an einer Transfereinheit, Teil 2 (Messtechnische Untersuchung), *Sander Automation GmbH, Renchen-Ulm*

Weidlich A., Prof. Dr.: Demonstration der Machbarkeit, Wirtschaftlichkeit und der Smart-Grid-Potenziale von Virtuellen Kraftwerken mit Mikro- und Mini-BHKW - mikroVKK, Teil 3, *Land BaWü*

Weidlich A., Prof. Dr.: Wissenschaftliche Begleitforschung zur Etablierung eines klimafreundlichen Berufspendlerverkehrs in der Hochrheinregion, *EFRE Interreg – ABH*

Westhoff D., Prof. Dr.: PAL SAaaS: Building Triangular Trust for Secure Cloud Auditing, *Land BaWü – Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft*

Publikationen 2015

Kategorie: wissenschaftlich (peer reviewed)

Autor(en), Titel, Verlag

Appenzeller S., Köbler J., Lean und ERP - Synergie oder Widerspruch: Ein neuer Ansatz zur Steigerung der Unternehmenseffizienz. *Industrie-Management - Zeitschrift für industrielle Geschäftsprozesse*, Ausgabe 01/2015, S. 61-65

Armknecht F., Karame G., Mandal A., Youssef F., Zenner E., Ripple: Overview and Outlook. *Proc. TRUST 2015*, S. 163-180, *Lecture Notes in Computer Science 9229*, Springer 2015

August A., Ettrich J., Rölle M., Schmid S., Berghoff M., Selzer M., Nestler B., Prediction of heat conduction in open-cell foams via the diffuse interface representation of the phase-field method. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, Volume 84, May 2015, S. 800-808, ISSN 0017-9310

Bao C., Bessler W.G., Two-dimensional modeling of a polymer electrolyte membrane fuel cell with long flow channel. Part II. Physics based electrochemical impedance analysis. *J. Power Sources* 278, pp 675-682 (2015)

Bao C., Bessler W.G., Two-dimensional modeling of a polymer electrolyte membrane fuel cell with long flow channel. Part I. Model development. *J. Power Sources* 275, pp 922-934 (2015)

Bergheim M., Gminski R., Spangenberg B., Debiak M., Bürkle A., Mersch-Sundermann V., et al., Antibiotics and sweeteners in the aquatic environment: biodegradability, formation of phototransformation products, and in vitro toxicity. *Environ Sci Pollut Res* DOI 10.1007/s11356-015-4831-x

Burkhardt A., Graumann M., Senkung des Krankenstands durch Förderung des Commitment. *Zeitschrift Führung + Organisation*, 84. Jg. (2015), S. 308-313

Casner D., Houssin R., Renaud J., & Knittel D., Optimization as an Innovative Design Approach to Improve the Performances and the Functionalities of Mechatronic Devices. *Procedia Engineering*, 131, 941-950. <http://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.12.406>

Coydon F., Herkel S., Kuber T., Pfafferott J., Himmelsbach S., Energy performance of facade integrated decentralized ventilation systems. *Energy and Buildings* 107 (2015). <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.08.015>, S. 172-180

Decker E., Meier B., Christ A., Hillenbrand G., Claus S., Koschig R., Smartphones Welcome! Preparatory Course in Mathematics using the Mobile App MassMatics. Case Study. Helen Crompton, John Traxler (Eds.), *Mobile Learning and Mathematics: Foundations, Design and Case Studies*. pp 47-60. New York: Routledge. ISBN: 978-0-415-74280-1 (hbk)

Dongol D., Feldmann T., Bollin E., An Overview to the concept of Smart Coupling and Battery Management for Grid connected Photovoltaic System. *Journal of Electronic Science and Technology: JEST*, Vol. 13, No. 4, S.367-372. "Liste der Koordinierungsstelle" - www.journal.uestc.edu.cn/archives/2015/4/13/367-37233954.pdf

Ettrich J., Nestler B., Diffuse interface method for fluid flow and heat transfer in cellular solids. *Advances in Engineering Software*, Volume 87, September 2015, S. 1-12, ISSN 0965-9978

Fischer C., Schweizer C., Seifert T., Assessment of fatigue crack closure under in-phase and out-of-phase thermomechanical fatigue loading using a temperature dependent strip yield model. *International Journal of Fatigue* 78, 2015, 22-30, doi:10.1016/j.ijfatigue.2015.03.022

Graumann M., Grundei J., Nachweis einer „angemessenen Information“ im Sinne der Business Judgment Rule durch Rückgriff auf anerkannte betriebswirtschaftliche Verhaltensmaßstäbe - Das Beispiel. *Zeitschrift für Corporate Governance*, 10. Jg. (2015), S. 197-204

Grübl D., Bergner B., Janek J., Bessler W.G., Dynamic Modeling of the Reaction Mechanism in a Li/O₂ Cell: Influence of a Redox Mediator. *ECS Trans.* 69, pp 11-21 (2015)

Grübl D., Bessler W.G., Cell design concepts for aqueous lithium-oxygen batteries: A model-based assessment. *J. Power Sources* 297, pp 481-491 (2015)

Haschemi C., Heinke M., Atrial and ventricular signal averaging electrocardiography in pacemaker and cardiac resynchronization therapy. *Current Directions in Biomedical Engineering* 2015; 1:58-60, DOI:10.1515/CDB-ME-2015-0015 (3 Seiten)

Heck J.G., Napp J., Simonato S., Möllmer J., Lange M., Reichardt H.M., Staudt R., Alves F., Feldmann C., Multifunctionale Phosphate-based Inorganic-Organic Hybrid Nanoparticles" *J. Am. Chem. Soc.* 137 (2015), S. 7329-7336

Heinke M., Dannberg G., Kühnert H., Interatriales und interventrikuläres elektrisches Delay-Verhältnis bei kardialen Resynchronisationstherapie-Respondern und Nonrespondern mit Sinusrhythmus. *Clin Res Cardiol* 104, Suppl 1, April 2015, V165, DOI 10.1007/s00392-015-1100-4

Hensel S., Strauß T., Marinov M., Eddy current sensor based velocity and distance estimation in rail vehicles. *IET Science, Measurement & Technology*, Vol. 9 Issue 7, October 2015, S. 875-888

Junk S., Matt R., New Approach to Introduction of 3D Digital Technologies in Design Education. *Proceedings of CIRP 25th Design Conference: Innovative Product Creation*, *Procedia CIRP* Volume 36, 2015, pp. 35-40

Junk S., Matt R., Additive Manufacturing of High-Strength components using impregnated polymer plaster composites. 20th Symposium on Composites, Wien, In: *Materials Science Forum*, Volume 826, 2015, TransTech Publications, Pfaffikon, Schweiz, ISBN: 978-3-03835-515-1, pp. 763-770

Klasen A., Private Investment and Public Funds for Climate Finance. *Global Policy* Vol. 6, Issue 3, pp. 305-307, DOI: 10.1111/1758-5899.12260

- Krautscheid H., Bergmann J., Stein K., Kobalz M., Handke M., Lange M., Möllmer J., Heinke F., Oeckler O., Gläser R., Staudt R.**, A series of isomorphous Metal-Organic Frameworks with rtl topology - Metal distribution and tunable sorption capacity via substitution of metal ions. *Micropor. Mesopor. Mater.* 216 (2015) 56-63
- Livotov P.**, Measuring Motivation and Innovation Skills in Advanced Course in New Product Development and Inventive Problem Solving with TRIZ for Mechanical Engineering. *Procedia Engineering*, Volume 131, 2015, Pages 767-775
- Livotov P.**, Web-Based Asynchronous Distance Education in New Product Development and Inventive Problem Solving for Industrial Companies. *Procedia Engineering*, Volume 131, 2015, Pages 123-139
- Livotov P.**, Using Patent Information for Identification of New Product Features with High Market Potential. *Procedia Engineering*, Volume 131, 2015, Pages 1157-1164
- Livotov P., Cavalluccia, D., Cascinib G., Duffluc J., Vaneke-re T.**, TRIZ and Knowledge-Based Innovation in Science and Industry. *Procedia Engineering "TRIZ and Knowledge-Based Innovation in Science and Industry"* Volume 131, Pages 1-1182 (2015), 1877-7058 © 2015 Published by Elsevier Ltd.
- Livotova O., Livotov P.**, The Principle of Feeling – The Method of Structural Systemic Constellations for Technical Problem Solving and Decision Making. *Procedia Engineering*, Volume 131, 2015, Pages 204-213
- Lomonosov A.M., Pupyrev P.D., Hess P., Mayer A.P.**, Non-linear one-dimensional guided wedge waves. *Physical Review B* 92, 014112 / 1-5
- Lotz A., Milz B., Spangenberg B.**, A new an sensitive TLC method to measure trans-Resveratrol in red Wine. *J. liq. chrom. & rel. technol.* 38 (2015), 1104-1108
- M. Knapp M., Lomonosov A.M., Warkentin P., Jäger P.M., Ruile W., Kirschner H.-P., Honal M., Bleyl I., Mayer A.P., Reindl L.M.**, Accurate characterization of SiO₂ thin films using surface acoustic waves. *IEEE Trans. Ultrason. Ferroelectr. Freq. Control* 62, 736-743 (2015)
- Mayur M., Strahl S., Husar A., Bessler W.-G.**, A multi-timescale modeling methodology for PEMFC performance and durability in a virtual fuel cell car. *Int. J. Hydrogen Energy* 40, pages16466-16476 (2015)
- Metzger M., Seifert T.**, Computational assessment of the microstructure-dependent plasticity of lamellar gray cast iron - Part I: Methods and microstructure-based models. *International Journal of Solids and Structures* 66, 184-193, 2015, doi:10.1016/j.ijsolstr.2015.04.016
- Metzger M., Seifert T.**, Computational assessment of the microstructure-dependent plasticity of lamellar gray cast iron - Part II: Initial yield surfaces and directions. *International Journal of Solids and Structures* 66, 194-206, 2015. doi:10.1016/j.ijsolstr.2015.04.014
- Metzger M., Seifert T., Schweizer C.**, Does the cyclic J-integral describe the crack-tip opening displacement in the presence of crack closure? *Engineering Fracture Mechanics* 134, 2015, 459-473, doi:10.1016/j.engfrac-mech.2014.07.017
- Mohammad A., Stader J., Westhoff D.**, A privacy-friendly smart metering architecture with fewinstance storage. *I4CS*, pp. 1-7, July 8-10, 2015, Nuremberg, Germany
- Nasdala L., Kempe A., Rolfes R.**, An elastic molecular model for rubber inelasticity. *Computational Materials Science* 106 (2015), S. 83–99
- Nsiah A. K., Sikora A., Walz A., Yushev A.**, Embedded TLS1.2 Implementation for Smart Metering & Smart Grid Applications. *Journal of Electronic Science and Technology*, Vol. 13, No. 4, Dec. 2015, S. 373-378
- Pfafferoth J., Frietsch M., Lang T., Schmelas M.**, Kalorische Messungen an thermisch aktivierten Bauteilsystemen. *Messtechnik im Bauwesen, Bauphysik* 37 (2015), S. 48-50
- Reiser S., Bolten D., Staudt R., Türk M.**, Adsorption of N₂ and CO₂ on Activated Carbon, AlO(OH) Nanoparticles, and AlO(OH) Hollow Spheres. *Chemical Engineering & Technology*, Volume 38, Issue 12, (2015), 2261–2269
- Riemann D., Nissen C., Palagini L., Otte A., Perlis M.L., Spiegelhalder K.**, The neurobiology, investigation, and treatment of chronic insomnia. *Lancet Neurol* 2015; 14 (5): 547-558. DOI 10.1016/S1474-4422(15)00021-6
- Rosenfelder M., Koppe, C., Pfafferoth J., Matzarakis A.**, Effects of ventilation behaviour on indoor heat load based on test reference years. *Int J Biometeorol*, Juni 2015. DOI 10.1007/s00484-015-1024-8, 11 pages
- Sawant P., Meftah N., Pfafferoth J.**, Multiperspective Analysis of Microscale Trigeneration Systems and Their Role in the Crowd Energy Concept. *Journal of Electronic Science and Technology*, VOL. 13, NO. 3, SEPTEMBER 2015. ISSN: 1674-862X, S. 206-211
- Schmelas M., Feldmann, T., Bollin E.**, Adaptive predictive control of thermo-active building systems (TABS) based on a multiple regression algorithm. *Energy and Buildings* (103), S. 14-28. DOI: 10.1016/j.enbuild.2015.06.012
- Schmelas M., Feldmann, T., da Costa Fernandes J., Bollin E.**, Photovoltaics Energy Prediction Under Complex Conditions for a Predictive Energy Management System. *Journal of Solar Energy Engineering - Transactions of the ASME* 137 (Issue 3). S. 031015-1 – 031015-10, DOI: 10.1115/1.4029378. ISSN: 0199-6231
- Schmelas M., Hoell J., Bollin E.**, Demand Side Management for Thermally Activated Building Systems based on Multiple Linear Regression. *Journal of Electronic Science and Technology: JEST*, Vol. 13, No. 4, S. 355-360
- Sikora A., Toumassian S.**, Dynamic Thermal Management for Homogeneous Embedded Multicore Processors: Thermal Modeling, System Environment, and Measurement Results. *Int'l Journal of Computer and Electrical Engineering*, Vol.7, No. 4, August 2015, S. 223-231
- Skrabek C., Graumann M.**, Umgang mit Lebenskrisen. *PERSONAL quarterly*, Nr. 2 (2015), S. 40-45
- Spangenberg B.**, Two-Dimensional Thin Layer Chromatography of Polyaromatic Hydrocarbons Measured by Absorption, Fluorescence, and Chemiluminescence. *Journal of Planar Chromatography* 28 (2015), 139-143, ISSN: 0933-4173
- Spangenberg B., Futterknecht S., Hemmer W.**, An Extraction Method for 17 α -Ethinylestradiol from Water using a new kind of monolithic Stir-bar. *Journal of Planar Chromatography* 28 (2015), 472-475

Takam C., Höfflin D., Heinke M., QRS and QT ventricular conduction times and permanent pacemaker therapy after transcatheter aortic valve implantation. *Current Directions in Biomedical Engineering* 2015; 1:124–126, DOI: 10.1515/CDBME-2015-0032

Tumamos J., Wulf N., Kühnert H., Solbrig O., Quergässer J., Heinke M., Cardiac index in atrio- and inter-ventricular delay optimized cardiac resynchronization therapy and cardiac contractility modulation. *Current Directions in Biomedical Engineering* 2015; 1:89–91, DOI: 10.1515/CDBME-2015-0023

Wahl S., Gallet Segarra G., Horstmann P., Carré M., Bessler W.G., Lopicque F., Friedrich K.A., Modeling of a thermally integrated 10 kWe planar SOFC System with anode offgas recycling and internal reforming by discretisation in flow direction. *J. Power Sources* 279, pp 656-666 (2015)

Kategorie: wissenschaftlich

Autor(en), Titel, Verlag

Baertl M., Kurzes Tutorium Statistik – Kurzvideos auf YouTube. Caluori, F., Linneweber-Lammerskitten, H., Streit, C. (Hrsg.): Beiträge zum Mathematikunterricht 2015, WTM Verlag für wissenschaftliche Texte und Medien, Münster, 2015, S. 108-11

Baumgärtler T., Popović T., Nachhaltigkeit in der DANN. DZ BANK (Hrsg.): Nachhaltigkeitsbericht 2014, S. 37

Baumgärtler T., Popović T., „Konvoi-Lösung“ bei Energie-Audit. *GENOGRAPH*, 12/2015, S. 24-28

Baumgärtler T., Popović T., Nachhaltigkeitsmanagement - Chancen nutzen. Bankinformationen, das Fachmagazin der Volksbanken Raiffeisenbanken, 01/2015, S. 44-49

Betz J., Westhoff D., CPU-based Covert- and Side-Channels in Cloud Ecosystems. 2nd BW-CAR Symposium on Information and Communication Systems (SInCom), Konstanz, Nov. 2015

Bhattacharyya M., Dusch B., Jansen D., Mackensen E., Design and Verification of a Mixed-Signal SoC for Biomedical Applications. Proceeding of the 54. MPC-Workshop. Ulm, Juli 2015. Pages 38-43. ISSN 1868-9221

Bhattacharyya M., Grünwald W., Dusch B., Aghas-Hagmann J., Jansen D., Reindl L., A RFID/NFC based Programmable SoC for Biomedical Applications. Konferenzproceedings: ISOCC2014, Jeju, Süd Korea, 3-6 Nov. 2014 S. 78-79, INSPEC Accession No. 15060022 DOI: 10.1109/ISOCC.2014.7087580, Publisher: IEEE

Brenner C., Haertig J., Melichercik J., Ismer B., Percutaneous left atrial appendage occluder devices. Proceedings of the 4th International Conference on Biotechnology and Bioengineering, Dec 11-13, Singapore: 34

Breyer-Mayländer T., Kommunikation der Berufsorientierung als Profilvermerkmal. Regenthal/Schütte: Öffentlichkeitsarbeit macht Schule, Wolters Kluwer Deutschland, Aktualisierungslieferung Nr. 15-2015, Loseblatt-Werk, Neuwied 2015, 21 Normseiten

Breyer-Mayländer T., Wir brauchen mehr Klarheit. *Human Resources Manager*, Dezember 2015/Januar 2016, S. 16-17, 5 Normseiten

Breyer-Mayländer T., Machen Sie doch mal mehr PR und Werbung für Ihre Schule: Kommunikationscontrolling in Schulen. Regenthal/Schütte: Öffentlichkeitsarbeit macht Schule, Wolters Kluwer Deutschland, Aktualisierungslieferung 16/2015, Loseblatt-Werk, Neuwied. 13 Normseiten

Breyer-Mayländer T., Krisenkommunikation: Online-Schmähkritik an Schulen. Regenthal/Schütte: Öffentlichkeitsarbeit macht Schule, Wolters Kluwer Deutschland, Aktualisierungslieferung Nr. 15-2015, Loseblatt-Werk, Neuwied 2015, 28 Normseiten

Brudschke M., Haber T., Perez Escobar L., Haertig J., Melichercik J., Ismer B., Recent Extracardiac Radiofrequency Ablation. Proceedings of the 4th International Conference on Biotechnology and Bioengineering, Dec 11-13, Singapore: 34

Canz M., Sikorski E., Enhancing students' learning skills by enriching the lecture 'mechanics 1 / statics' in various interactive ways. Int. Conference New Perspectives in Science Education, Florence, Italy, 04/15, 4 p.

Claus S., Decker E., Koschig R., Meier B., Mathe-Üben in Studium und Abitur. *E-learning and Education Journal* (eleed), Iss. 11. (urn:nbn:de:0009-5-41317). Köln: hbz. ISSN: 1860-7470 - <http://eleed.campussource.de/archive/11/4131> & <https://eleed.campussource.de/>

Curticapean D., International Year of Light 2015 opens new dimensions in Optics and Photonics Education. 13th International Conference on Education and Training in Optics & Photonics (ETOP 2015), Bordeaux, France, 2015,

Curticapean D., Israel K., Vauderwange O., Wozniak P., Invisible Light“ - A global infotainment community based on augmented reality technologies. 13th International Conference on Education and Training in Optics & Photonics (ETOP 2015), Bordeaux, France, 2015,

Daryusi A., FEM-Analyse der Spannungsspitzen von torsionsbelasteten Wellen mit mehreren Längs- und Quernuten zur Überprüfung der Ansätze von Okubo und Neuber. Im Tagungsband „Dresdner Maschinenelemente Kolloquium – DMK 2015“, Dresden, 08. und 09. Dez. 2015

Daryusi A., Köhler G., Daryousi Y., Eye-Tracking-Analyse des Betrachtungsverhaltens bei Micro-Präsentationen in der CAE-Ausbildung. 13. Gemeinsames Kolloquium Konstruktionstechnik, KT2015, 08. – 09. Oktober, 2015 in Clausthal, OvGU Magdeburg, S. 103-116, ISBN 978-3-944722-30-6

Daryusi A., Lacher J., FEM-Untersuchung zur Entlastung von Durchdringungskerben an Getriebewellen. 13. Gemeinsames Kolloquium Konstruktionstechnik, KT2015, 08. - 09. Okt., 2015 in Clausthal, OvGU Magdeburg, S. 267-276, ISBN 978-3-944722-30-6

Dorer K., Fischer J., Glaser S., Weiler D., The magmaOffenburg 2015 RoboCup 3D Simulation Team. Team description paper, RoboCup WM 2015

Eble C., Waltersberger B., A basic approach for the integration of Fluid-Dynamic-Effects in a MBD-Simulation of Fluid-Conveying-Pipes. Tagungsband „3rd ECCOMAS Young Investigators Conference“. URN: urn:nbn:de:hbz:82-rwth-2015-039806. S.84-87. Aachen: Publikationsserver der RWTH Aachen University. 2015

- Ernst S.**, AG Hildesheim „Widerruf beim Anwaltsvertrag“. jurisPR-ITR 1/2015, Anm. 6
- Ernst S.**, BGH „Hotelbewertungsportal“. NJW 2015, ##
- Ernst S.**, OLG Hamm „Vereinsmitgliederversammlung“. jurisPR-ITR ##/2015, Anm. ##
- Ernst S.**, LG Trier „Wein-Kennzeichnung“. jurisPR-WettbR 9/2015, Anm. 5
- Ernst S.**, LG Stuttgart „Gekaufte Likes“. jurisPR-WettbR 2/2015, Anm. 4
- Ernst S.**, Die klauselmäßige Schweigepflichtentbindung im Gesundheitswesen. Gesundheitsrecht 2015, 654-656
- Ernst S.**, LG Berlin „Facebook App-Zentrum“. jurisPR-WettbR 1/2015, Anm. 3
- Ernst S.**, EuGH „Best Water International“. jurisPR-WettbR 1/2015, Anm. 2
- Ernst S.**, AGB-Kontrolle bei Klauseln zur Einräumung urheberrechtlicher Nutzungsrechte. MDR 2015, 861-867
- Ernst S.**, Zeitlich gebundene und zu reservierende Dienstleistungen im neuen Fernabsatzrecht (§ 312g Abs. 2 Nr. 9 BGB). VuR 2015, 337-340
- Ernst S.**, Zur Un-Zulässigkeit von Dashcams. CR 2015, 620-624
- Ernst S.**, Die klauselmäßige Schweigepflichtentbindung im Gesundheitswesen. ITRB 2015, 245-247
- Ernst S.**, EuGH „Videoüberwachung“. jurisPR-ITR 13/2015, Anm. 4
- Ernst S.**, Rechtliche Dimension des Journalismus: Redaktionelle Verantwortung und User Generated Content. Breyer-Mayländer (Hg.), Vom Zeitungsverlag zum Medienhaus: Geschäftsmodelle in Zeiten der Medienkonvergenz, Springer Gabler Verlag, 2015, S. 111-120
- Ernst S.**, Die klauselmäßige Einwilligung bei Bildnisrechten. AfP 2015, 401-407
- Ernst S.**, Grundlagen des Multimedia-Urheberrechts. Hoeren/Sieber/Holznapel (Hg.), Handbuch Multimedia-recht, Loseblatt, Verlag C.H.Beck, 41. Ergänzungslieferung, Stand März 2015, Kap. 7.1, 30 Seiten
- Ernst S.**, Digitale Vernetzung - Reaktionen des Gesetzgebers. Dreier/Hilty (Hg.), Festschrift 50 Jahre Deutsches UrhG, 2015, S. 195-205
- Fetzner D., Dornberg M. (Hg)**, Intercorporeal Splits. Künstlerische Forschung zur Medialität von Stimme, Haut, Rhythmus. Leipzig: Open House, 307 Seiten
- Fetzner D., Dornberg M., Smith G.**, Drei Skype-Performances – Überlegungen zur künstlerischen Forschung. Tanz, Raum, Urbanität. Jahrbuch Tanzforschung. Leipzig: Henschel, Seiten 209-223
- Giel D., Hillenbrand G., Meier B., Decker E., Christ A.**, Brückenkurs Physik mit integrierter App. PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung 2015. <http://phydid.physik.fu-berlin.de/index.php/phydid-b/article/view/606>
- Gopisetty S., Treffinger P., Ye Xu**, Development of Simple Boiler Model Required for Energy Planning Process. Grand Renewable Energy 2014 International Conference and Exhibition, Tokyo, Japan: Proceedings CD-ROM, O-He-1-6, p. 1-4
- Graumann M.**, Was ist eine Theorie? WiSt - Wirtschaftswissenschaftliches Studium, 44. Jg. (2015), S. 528-532
- Haber T., Brenner C., Brudsche M., Härtig J., Melichercik J., Ismer B.**, Interactive training and simulation system for pacing, defibrillation and radiofrequency ablation therapy. Proceedings of the 4th International Conference on Biotechnology and Bioengineering, Dec 11-13, Singapore: 23
- Haber T., Kleister G., Selman B., Härtig J., Melichercik J., Ismer B.**, In-Vitro Training In Physics Of Radiofrequency Ablation For Physicians And Medical Engineering Students. Proceedings of Venice Arrhythmias 2015, Oct 16-18, Venice, Italy. Journal of Atrial Fibrillation, October 2015, Special Issue: 16-18
- Haber T., Kleister G., Selman B., Härtig J., Melichercik J., Ismer B.**, Physics of Radiofrequency Ablation in-vitro Teaching System for Physicians and Medical Engineering Students. Proceedings of 11th Annual Congress of the European Cardiac Arrhythmia Society 2015, Apr 19-21, Paris, France. J Interv Card Electrophysiol (2015) 42:173–326 p. 273
- Härtig J., Nagel A., Rotter K., Haber T., Escobar L., Melichercik J., Ismer B.**, Distribution of esophageal inter-ventricular conduction delays in CRT patients and healthy subjects. 11th Annual Congress of the European Cardiac Arrhythmia Society, Apr 19-21, Paris, France. J Interv Card Electrophysiol (2015) 42:173–326 pp. 288-289
- Hartmann S., Dizdari X., Altmann S., Haber T., Härtig J., Melichercik J., Ismer B.**, In-vitro Training of Advanced Implantable Defibrillator Features to Avoid Inadequate Shocks. Proceedings of 2nd International Conference on Creative Education, Jun 27-28, London, UK. Advances in Education Sciences, Vol. 10, pp. 611-615
- Heinke M., Dannberg G., Heinke T., Ismer B., Haber T., Tumamos J., Kühnert H.**, Electrical Interatrial to Interventricular Conduction Delay Ratio with Focused Transesophageal Electrocardiography in Cardiac Resynchronization Therapy. Proceedings of The World Congress on medical physics and biomedical engineering, Jun. 7-12, Toronto, Canada. Pp. 114-115
- Heinke M., Dannberg G., Heinke T., Ismer B., Haber T., Tumamos J., Kühnert H.**, Electrical Interatrial to Interventricular Conduction Delay Ratio 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_25
- Heinke M., Kühnert H., Heinke T., Tumamos J., Dannberg G.**, 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
- Herr S., Bantleon U.**, Crowdfunding als alternative Unternehmensfinanzierung - Grundlagen und Marktdaten in Deutschland. DStR 10/2015, S. 532-53
- Isele D., Waltersberger B., Kohler D.**, Verhalten von Lackschichten in Schraubenverbindungen. Beitrag in Von der Entwicklung zur prozesssicheren Produktion. Proceedings, 6. VDI/VDE-Fachtagung Schraubmontage 2014, Hannover, 03. und 04. Juni 2014. VDI-VDE-Mess- und Automatisierungstechnik, S.85-96. ISBN 978-3-18-092219-5, Düsseldorf: VDI Verlag. 2014

Ismer B., Nagel A., Kroll, K., Haber T., Perez Escobar L., Haertig J., Melichercik J., Semi-invasive determination of interventricular conduction delays in CRT patients in sinus rhythm (SR) or atrial fibrillation (AF) in comparison with healthy subjects. Proceeding of Europace Cardio-stim 2015, Jun 21-24, Milan, Italy. Europace Supplement (2015) 17 Supplement 3: iii 48

Junk S., Matt R., New Approaches to Teaching Design for Additive Manufacturing. Proceedings of the 20th International Conference on Engineering Design (ICED 15) Vol. 11: Human Behavior in Design, Design Education; Design Society, 2015, ISBN: 978-1-904670-74-2, pp. 257-266

Junk S., Matt R., Workshop Rapid Prototyping – a new approach to introduce Digital Manufacturing in engineering education. Proceedings of 14th International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training, ITHET 2015, IEEE Xplore, ISBN: 978-1-4799-1756-3/15, pp. 1-6

Junk S., Matt R., Investigation of Influencing Variables on Sustainability of 3D-Printing and Fused Deposition Modelling. KES Transactions on Sustainable Design and Manufacturing, Vol 2, No 1, Edition - Sust. Design & Manufactur. 2015, R. Setchi, R.J. Howlett & I.E. Salinas (Eds), Future Technology Press, England, ISBN: 978-1-911108-00-9, pp. 365-364

Junk S., Matt R., Workshop Digital Manufacturing – a new and practical approach to combine CAAD and Digital Manufacturing in architectural design education Martens, B, Wurzer, G, Grasl T, Lorenz, WE and Schaffranek, R (eds.), Real Time - Proceedings of the 33rd eCAADe Conference - Volume 2, Vienna University of Technology, Vienna, Austria, 16-18 September 2015, pp. 103-110

Junk S., Schrock S., A Benchmark of Service Providers in Additive Manufacturing. Athens Institute for Education and Research, ATINER'S Conference Paper Series, No: IND2015-1751, Athens, Greece, ISSN: 2241-2891, pp. 1-14

Khan S., Dalirhassanzad, M., Reich W., Hilterhaus, R., Simultaneous Online Modeling of the Secondary Path and Neutralization of the Feedback Path in an Active Noise Control System. Proceedings of the EURONOISE 2015 Conference, May 31st to June 3rd, 2015, Maastricht, Netherlands, pp. 2171-2176

Klasen A., Why academic research matters for insurance practitioners. Berne Union Yearbook, 2015, pp. 114-117

Klasen A., Export promotion and private sector development in Africa. GREAT Insights Vol. 4, Issue 5, pp. 21-22, ISSN: 2215-0593

Klasen A., Bannert F., The need for truly global rules. Commonwealth Yearbook, 2015, pp. 246-248, ISBN 978-1-908609-19-9

Köbler J., Siebert P., Batsch C., Mobile Teilereinigung- Flexibilität durch dezentrale mobile Reinigungsanlagen. Magazin für Oberflächentechnik, 06/2015, München, S. 32-34

Kuen Ch., Köbler J., Industrial Engineering versus Industrie 4.0 — Analyse der Werkzeuge, Methoden und deren Einsatzmöglichkeiten. ZWF 11/2015, S. 751-754

Lankau R., Unter dem Joch der Digitalisten. Die Möglichkeiten von Computern für die Pädagogik werden völlig überschätzt. Macht sich die Politik zum Büttel der IT-Industrie? FAZ (09.04.2015) S.7 (Bildungswelten) - online: <http://bildungswissen.eu/fachbeitraege/unter-dem-joch-der-digitalisten.html> (9.4.2015) & BLZ -Zeitschr. der Gewerksch. Erzieh. & Wissensch., Bremen, Heft 09/10-2015, S. 8-9

Lankau R., Das Lernen verlernen? Digitale Medien und Unterricht. Pädagogische Korrespondenz (PäK), Heft 52, Herbst 2015, S. 42-58, Münster, Budrich Verlag, 2015, ISSN: 0933-6389, 28. Jahrgang 2015

Lankau R., Fragen Sie Alexa. Die Entmündigung des Individuums durch die Vermessung der Welt. K.H. Dammer et.al.: Zur Aktualität Kritischer Theorie im erziehungswissenschaftlichen Diskurs, Springer VS (Wissenschaft), 2015, S.277-297, ISBN: 978-3-658-09568-0; DOI 10.1007/978-3-658-09569-7

Lankau R., Humane Bildung durch Lehrende vs. pädagogós digitalis. Lehr- und Lernkonzepte (nicht nur) für Gesundheitsberufe, in: Johanne Pundt, Karl Kälble (Hrsg.): Gesundheitsberufe und gesundheitsberufliche Bildungskonzepte auf dem Prüfstand, Apollon Press, Bremen, 2015, S. 483-502, ISBN: 978-3-943001-16-7

Lankau R., Bürgerrecht auf Bildung (Dahrendorf 1965) Vor 50 J. forderte R. Dahrendorf das Bürgerrecht auf Bildung. Man sollte seine drei Forderungen heute um eine vierte ergänzen. <http://bildung-wissen.eu/fachbeitraege/buergerrecht-auf-bildung-ralf-dahrendorf-1965.html>, <http://futur-iii.de/2015/11/30/dahrendorf-reloaded-buergerrecht-aufbildung/>

Lankau R., Digitalisierung als De-Humanisierung - Ein Appell gegen den Wahn der Digitalisierung im Bildungsbereich. <http://bildung-wissen.eu/fachbeitraege/digitalisierung-als-dehumanisierung.html> - <http://futur-iii.de/2015/11/15/digitalisierung-als-dehumanisierung/>

Lankau R., Die neue Finn-Schrift: Druckbuchstaben und tippen am Display. In Finnland lernen Kinder ab 2016 keine Schreibschrift mehr: zu mühsam und nicht zeitgemäß. <http://bildung-wissen.eu/kommentare/die-neue-finn-schrift-druckbuchstaben-undtippen-am-display.html>

Lankau R., Propaganda, Medien, Märkte: Wie man das Feld der Bildungsmärkte bestellt. Akademie Heft 3-2015; hrsg. v. Bundesverband Deutscher Verwaltungs- und Wirtschaftsakademien e.V., Frankfurt (Oder), S. 75-81, ISSN-0944-582 X

Livotov P., Mayer O., Thurnes C., Müller, W., Wertanalyse und VDI 4521 Erfinderisches Problemlösen mit TRIZ. Tagungsband der VDI-Tagung Wertanalyse Praxis 2015, Coburg, 23.-24.04.2015, S. 73-77

Lotz A., Milz B., Spangenberg B., Chemiluminescence and TLC - A successful combination. Book of Abstracts, 21th Int.Symposium on Separation Science, 30.6.-3.7.2015, Ljubljana, Slovenia, S.37

Mackensen E., Lurz C., Reichert A., Köbler J., Enhancing the motivation and success of freshman students in interdisciplinary engineering degree programs. Proceedings of the IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON). Tallinn, March 2015. Pages: 659-667

Mamo FT., Sikora A., Application Protocols for the IPv6-based Internet of Things. embedded world conference 2015, Nuremberg, 24.-26. Feb. 2015 - <http://www.embedded-world.eu>

Mamo FT., Sikora A., Implementation of Standardized 6LoWPAN Based Application Layer Protocols. 8th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS2015), 24-26 September 2015, Warsaw, Poland, Proc. S. 817-822

Mayer A., Mayer E., Mayer M., Jäger P., Ruile W., Bleyl I., Wagner K., Effective Nonlinear Constants for SAW Devices from FEM Calculations. Proceedings of the 2015 IEEE Ultrasonics Symposium, Taipei, October 21-24, Paper 000481, DOI: 10.1109/ULTSYM.2015.0055

Müller A., Stopfkuchen M., E-Joy - Markenerlebnisse messbar machen. Keuper, F./Schomann, M. (Hrsg.), Entrepreneurship heute – Unternehmerisches Denken angesichts der Herausforderungen einer vernetzten Wirtschaft, Berlin 2015

Niro S., López J., Westhoff D., Christ A., A Keyless Gossip Algorithm Providing Light-Weight Data Privacy for Prosumer Markets. Third Internat. Workshop on Self-Adaptive & Self-Organising Socio-Technical Systems at the 9th IEEE Internat. Conference on Self-Adapt. & Self-Org. Systems (SASO) SASOST 2015, Cambridge, MA, USA, Sep. 25, 2015

Niro S., Trahasch S., Comparison of virtual metrology algorithms and model update techniques for a low volume contact etch process. 15th European apcm Conference in Freising (Munich) 2015

Nuß U., Feedback Control Systems for Power Electronics. Tagungsband OTTI-Seminar Power Electronics for Photovoltaics, München, 8./9.06.15, S. 247-288

Ortega Clavero V., Javahiraly N., Weber A., Schröder W., Meyrueis P., A Comparison of the Raman Spectral Information from Toluene and Cyclohexane Using Different Fourier Transform (FT)-Raman Devices. LIE 32.5-6, p. 295-302, Lasers in Engineering, Editor-in-Chief: Jonathan Lawrence ISSN: 0898-1507 (print), ISSN: 1029-029X (online)

Ortega Clavero V., Weber A., Schröder W., Curticapean D., Potential use of the characteristic Raman lines of toluene (C₇H₈) as a reference on the spectral analysis of fuel Blends. Proc. SPIE 9525, Optical Measurement Systems for Industrial Inspection IX, 95254G (June 22, 2015) - doi:10.1117/12.2185100

Ortega-Clavero V., Salazar-Solano V., Weber A., Schröder W., Javahiraly N., Meyrueis P., Moreno-Dena J.M., Possible use of Raman spectroscopy as a tool for analysis in production and quality control of bacanora. Rev. fitotec. mex vol.38 no.2 Chapingo abr./jun. 2015 Revista fitotecnia mexicana versión impresa ISSN 0187-7380 - p. 145-152

Otte A., Public comment on: Fu P, Zhang F, Gao J, Jing J, Pan L, Li D, Wei L. NeuroGam software analysis in epilepsy diagnosis using 99mTc-ECD brain perfusion SPECT. Med Sci Monit 2015; 21:2801-2808. <http://www.medscimonit.com/abstract/index/idArt/894566/act/3>

Otte A., Who is Who? Joseph Fourier. horizonte 46/ Oktober 2015, ISSN 1432-9174, S. 54

Otte A., Bildgebende Verfahren in der Archäologie: ein neues Einsatzgebiet in der Medizintechnik. horizonte 45/ April 2015, ISSN 1432-9174, S. 3-5

Otte A., Beck A., Hirntumor bei einer 4500 Jahre alten Mumie: Nicht nur ein Problem der Neuzeit. Ärzteblatt Baden-Württemberg 2015; 70 (1): 18

Peci A., Ketterer J., Nasdala L., Gut geplant und integriert ist halb gewonnen. Konstruktionspraxis 7 (2015), S. 58-59

Phuong N.M., Schappacher M., Sikora A., Erweiterungen des IEEE802.15.4 für extrem energiesparende echtzeitfähige Funkkommunikation. VDE Mikrosystemteknikkongress, 26.-28. Oktober 2015, Karlsruhe, S. 696-699

Phuong N.M., Schappacher M., Sikora A., Ahmah Z., Muhammad A., Real-time Water Level Monitoring Using Low-Power Wireless Sensor Network. embedded world conference 2015, Nuremberg, 24.-26. Feb. 2015 - <http://www.embedded-world.eu>

Ritter B., Breyer-Mayländer T., Ganztagsschule in Baden-Württemberg – aktueller Sachstand und Perspektiven. Pädagogische Hochschule Karlsruhe/Team der fachdidaktischen Weiterbildung NaDiQuAk (Hrsg.): Ganztagsschule und Umweltbildung, Tagungsband zur Tagung am 09.-10. Oktober 2014, S. 21-29, 11 Normseiten

Sawant P., Pfafferott J., Experimental Analysis of Microscale Trigeration Systems to Achieve Thermal Comfort in Smart Buildings. AIVC Conference 2015, 23th-24th September 2015, Madrid (Spain)

Schappacher M., Schmitt E., Sikora A., Weber P., Yushev A., A Flexible, Modular, Open-Source Implementation of 6LoWPAN. 8th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS2015), 24-26 September 2015, Warsaw, Poland, S. 838-844

Schmelas M., PräTABS Controller am Beispiel des Passiv-Seminargebäudes der Hochschule Offenburg. 37. Internationaler Uponor-Kongress - TGA - Alles geregelt?!, S. 27-36

Schmelas M., Bollin E., Energiepakete bedarfsgerecht liefern. Prädiktive Steuerung von Betonkernaktivierungssystemen ermöglicht Komfort und Effizienzverbesserung. IKZ-Fachplaner 2015 (5), S. 12-18. - <http://www.ikz.de/uploads/media/FP-5-2015-12-18.pdf>

Selman B., Haber T., Altmann S., Kleister G., Dizdari X., Härtig J., Melichercik J., Ismer B., Physics of Radiofrequency Ablation in-vitro Teaching System for Physicians and Medical Engineering Students. Proceedings of 2nd International Conference on Creative Education, Jun 27-28, London, UK. Advances in Education Sciences, Vol 10, pp. 607-610

Serezhina M., Moschevikin A., Evmenchikov R., Sikora A., Using Radiating Cable for Time-of-Flight CSS Measurements Indoors and Outdoors. 8th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS2015), 24-26 September 2015, Warsaw, Poland, S. 91-101

Sonderegger U., Merschroth, K., Zimmermann, M., Mobile Learning mit kontextbezogenen mobilen Diensten: Umsetzung in konkreten Szenarien und erste Erfahrungen. Proceedings of DeLFI Workshops 2015 co-located with 13th e-Learning Conference of the German Computer Society, München 2015

Stahl K., Schmitt C., Szilvas J., Wilke A., Enzymatic Pretreatment of the Biogas Substrate – Inducer and Enzymatic Activity. IEA Bioenergy Conference Berlin; Book of Proceedings, Seite 178-179, Berlin

Stecklina O., Kornemann S., Grehl F., Jung R., Kranz T., Leander G., Schweer D., Mollus K., Westhoff D., Custom-fit security for efficient and pollution-resistant multicast OTA-programming with fountain codes. I4CS, pp. 1-7, July 8-10, 2015, Nuremberg, Germany

Trahasch S., Zimmer M., Krawatzek R., Agile Business Intelligence. In S. Trahasch & M. Zimmer (Eds.), Edition TDWI. Agile Business Intelligence. Theorie und Praxis (1st ed., pp. 1–20). Heidelberg, Neckar: dpunkt. 2015

Trahasch, S., von Suchodoletz, D., Münchenberg, J., Rettberg, S., Rößler, C., Plattform für die effiziente Bereitstellung von Lehr- und Klausurumgebungen. Hans Pongratz & Reinhard Keil (Eds.): Vol. 247. LNI, DeLFI 2015 - Die 13. e-Learning Fachtagung Informatik der Gesellschaft für Informatik e.V. (GI), München, 1.-4. September 2015 (pp. 291–297). GI

Treffinger P., Schmidt M., Ausgewählte Aspekte von Windenergieanlagen an komplexen Standorten. Windenergie/Storenergy - expo & congress, 18./19. 11 2015, Offenburg. 2015. url: http://www.windenergie-offenburg.de/de/wind_kongresssecured_2 (Retrieved 2015-12-21)

Vállez Garcia D., Otte A., Dierckx R.A.J.O., Doorduyn J., Three months follow-up of mild traumatic brain injury in rats: a combined [18F]FDG and [11C]PK11195 PET study. EANM 2015. Eur J Med Mol Imaging 2015; 42 (suppl. 1): pp. 583-584 [P509]. DOI 10.1007/s00259-015-3198-z

Vállez Garcia D., Otte A., Willemsen A.T.M., Dierckx R.A.J.O., Doorduyn J., Holstege G., Altered Regional Cerebral Blood Flow in Chronic Whiplash Associated Disorder. Eur J Med Mol Imaging 2015; 42 (suppl. 1): pp. 216-217 [OP514]. DOI 10.1007/s00259-015-3198-z

Vauderwange O., Haiss, U., Wozniak, P., Israel, K., Curticepean D., Active Learning In Optics And Photonics - Liquid Chrystal Display In The Do-it-yourself. 13th International Conference on Education and Training in Optics & Photonics (ETOP 2015), Bordeaux, France, 2015, Anzahl Seiten 7

Weber J.-A., Bearbeitete Fälle: 18-39, 44-48, 89-90, 122-124, 126, 131, 133-140 und 143. Wilke [Hrsg.], Fallsammlung Internationales Steuerrecht, 11. Auflage, Herne 2015

Wendt M., Volk T., Mackensen E., A benchmark survey of Long Range (LoRaTM) Spread-Spectrum-Communication at 2.45 GHz for safety applications. Online Proceedings of the 16th IEEE MTT-S WAMICON, Wireless an Microwave Technology Conference (IEEE WAMICON-2015), Cocoa Beach, Florida, USA, April 2015, pp. 1-4

Wendt T., Reliable Wireless Communications for E-Health, AIOTI (ALLIANCE FOR INTERNET OF THINGS INNOVATION) and WG03 (Working Group 03) IoT. Proceedings Ad Hoc EHEALTH open-meeting, Sophia Antipolis, France, 20 November 2015. S. 3 - 5

Wendt T., Himmelsbach U., Lai M., An innovative Approach of Implementing wireless communication in safety-critical Industrial Applications with a high degree of Availability and Security. Proceedings: EPoSS Annual Forum 2015 Manufacturing & Robotics and Smart Communications & IoT, Leuven, Belgium, 12-13 Oct. 2015. S. 1-4, Normseiten

Wendt T., Volk F., Mackensen E., LoRaTM - eine sichere Funktechnik mit 2,45 GHz Proceeding, Kongress: Forum Funktionale Sicherheit, Hilton Munich Airport, 7.-9. Juli 2015, S. 1-6

Wendt T., Braunmiller J., Molle H., Sicher funken mit 2,45 GHz. Computer & Automation; Fachmedium der Automatisierungstechnik, Ausgabe 10, 2015, S.38-41, ISSN: 1615-8512

Wendt T.M., Volk F., Mackensen E., Wireless in Safety Critical Applications - benchmarking of Long Range (LoRaTM) Spread – Spectrum - Communication at 2.45 GHz. online Proceedings of 14th IEEE Annual Wireless Telecommunications Symposium, (WTS 2015), New York City, NY, USA, April 2015. pp. 1-6

Weuster, Weber J.-A., Anmerkung zum Urteil des BAG v. 18.11.2014, 9 AZR 584/13. Arbeitsrechtliche Praxis (AP, Hueck/Nipperdey/Dietz, Nachschlagewerk des Bundesarbeitsgerichts), Nr. 5 zu § 109 GewO

Wozniak P., Vauderwange O., Israel K., Javahiraly N., Curticepean D., Perform light and optic experiments in Augmented Reality. 13th International Conference on Education and Training in Optics & Photonics (ETOP 2015), Bordeaux, France, 2015, Anzahl Seiten 6

Yushev A., Lehmann P., Sikora A., Extended Performance Measurements of Scalable 6LoWPAN Networks in an Automated Physical Testbed. embedded world conference 2015, Nuremberg, 24.-26. Feb. 2015 - <http://www.embedded-world.eu>

Yushev A., Lehmann P., Sikora A., Groza V.F., Extended Performance Measurements of Scalable 6LoWPAN Networks in an Automated Physical Testbed. 2015 IEEE Int'l Instrumentation and Measurement Technology Conference I2MTC, Pisa, 11.-14. May 2015, S. 1943-1948

Yushev A., Walz A., Sikora A., Securing Embedded Communication with TLS1.2. embedded world conference 2015, Nuremberg, 24.-26. Feb. 2015 - <http://www.embedded-world.eu>

Zerres C., Jonas H., Weber B., Rahnenführer, K., Ziele, Herausforderungen und Anwendungsprozess für Social-Media im Projektmanagement – Schriftenreihe „Arbeitspapiere für Marketing und Management“. Zerres, C. (Hg.), HSO, Arbeitspapier Nr. 1.: 15 Seiten: http://www.hsoffenburg.de/fileadmin/MI_Labore/Marketing/files/20151102_Beitrag_Social_Media_im_PM.pdf

Kategorie: Lehrbuch
Autor(en), Titel, Verlag

Baumann M., Heiland J., Schmidt M., Discrete Input/Output Maps and their Relation to Proper Orthogonal Decomposition. Numerical Algebra, Matrix Theory, Differential-Algebraic Equations and Control Theory. Springer International Publishing, 2015. S. 585-608

Brenner C. (Hsg & Editor Prof. B. Ismer), Okkluder-Systeme für linkes Vorhofohr und Atriumseptumdefekte. Reihe Schriften aus dem Peter Osypka Institute for Pacing and Ablation. 2015. ISBN: 978-3-943301-18-2

Breyer-Mayländer T., Führung braucht Klarheit. Hanser-Verlag München 2015, 204 Seiten, ISBN: 978-3446443747

Brudsche M. (Hsg & Editor Prof. B. Ismer), Aktuelle Anwendungen extra-kardialer Hochfrequenzablationen. Reihe Schriften aus dem Peter Osypka Institute for Pacing and Ablation. 2015. ISBN: 978-3-943301-17-5

Erens O., Otte A. (Hrsg.), Geschichte(n) der Medizin – Aus der medizinhistorischen Reihe des Ärzteblattes Baden-Württemberg. Gentner Verlag, Stuttgart, 1. (modifizierter) Nachdruck 2015 der 1. Auflage 2014, ISBN 978-3-87247-763-7

Foit K., Lorberg D., Kostenrechnung. Kiehl Wirtschaftsstudium, Herausgegeben von Professor Dr. rer. pol. Kristian Foit, Daniel Lorberg LL.M., M.A. und Professor Dr. Bernard Vogl, 2015, 204 Seiten., Broschur., ISBN 978-3-470-65511-6

Hagen T., Bratz S., In-Memory-Technologie als Enabler für Agile BI. Trahasch S, Zimmer M (Hrsg.) Agile Business Intelligence. Theorie und Praxis. dpunkt, Heidelberg, 13 Seiten (S. 213-225)

Hötzer J., Jainta M., Vondrous A., Ettrich J., August A., Stubenvoll D., Reichardt M., Selzer M., Nestler B., Phase-Field Simulations of Large-Scale Microstructures by Integrated Parallel Algorithms. (2015) High Performance Computing in Science and Engineering ,14: Transactions of the High Performance Computing Center, Stuttgart (HLRS) 2014, S. 629-644, Springer International Publishing Switzerland 2015

Kalz D., Pfafferoth J., Erfahrungen aus dem Gebäudemonitoring. Nutzerzufriedenheit in Bürogebäuden – Empfehlungen für Planung und Betrieb, FIZ Karlsruhe; BINE Informationsdienst, Bonn. Fraunhofer IRB Verlag 2015. ISBN 978-3-8167-9305-2, 6 S.

Klasen A., Bannert F., The Future of Foreign Trade Support: Setting Global Standards for Export Credit and Political Risk Insurance. Global Policy, Durham 2015, ASIN B00XAQFNJY pp. 1-5

Nasdala L., FEM-Formelsammlung Statik und Dynamik: Hintergrundinformationen, Tipps und Tricks. Springer Fachmedien Wiesbaden, 2015, 3. Auflage, 274 Seiten

Otte A., Erens O., Der Mathematiker und Physiker, dem nicht nur Ärzte bis heute vertrauen. Otte A., Erens O. (Hrsg.). Gentner Verlag, Stuttgart, 2015, ISBN: 978-3-87247-770-5; S. 57-61

Otte A., Erens O. (Hrsg.), Geschichte(n) der Medizin, Band 2. Gentner Verlag, Stuttgart, 1. Auflage 2015, ISBN 978-3-87247-770-5

Pfafferoth J., Kalz D., Koenigsdorff R., Bauteilaktivierung. Fraunhofer IRB Verlag 2015, ISBN (Print) 978 3 8167 9357 1, ISBN (E-Book) 978 3 8167 9358 8, 227 S.

Seyfried, T., IFRS in 1 Stunde, Createspace, 2015, ISBN: 978-1522859895, 30 Seiten

Trahasch S., Zimmer M., Agile Business Intelligence: Theorie und Praxis. (2015). Edition TDWI. Agile Business Intelligence: Theorie und Praxis (1. Aufl.). Heidelberg, Neckar: dpunkt. 300 Seiten

Vállez-García D., Otte A., Nuclear medicine imaging in concussive head injuries in sports. Nuclear medicine and radiological imaging in sports injuries. Springer Berlin, Heidelberg, New York, Dordrecht, London, 2015, ISBN 978-3-662-46490-8, ISBN 978-3-662-46491-5 (eBook), pp. 1085-1105

Volz M., Schröter F., Werkstoffwahl im Stahl- und Brückenbau. Jahrbuch Schweißtechnik 2016, S. 229-243. DVS Media Verlag, Düsseldorf

Wüstemann J., Najderek, A., Anschaffungskosten. in: Wüstemann, Jens: Buchführung case by case, Frankfurt 6. Aufl. 2015, S. 106-123

Wüstemann J., Najderek, A., Abschreibungen auf das Umlaufvermögen. in: Wüstemann, Jens: Buchführung case by case, Frankfurt 6. Aufl. 2015, S. 182-200

Wüstemann J., Najderek, A., Rückstellungen. in: Wüstemann, Jens: Buchführung case by case, Frankfurt 6. Aufl. 2015, S. 216-227

Wüstemann J., Najderek, A., Erfolgsneutrale Geschäftsvorfälle: Bestandsbuchungen. in: Wüstemann, Jens: Buchführung case by case, Frankfurt 6. Aufl. 2015, S. 34-48

Wüstemann J., Najderek, A., Inventar und Bilanz. in: Wüstemann, Jens: Buchführung case by case, Frankfurt 6. Aufl. 2015, S. 15-33

Wüstemann J., Najderek, A., Warenverkehr. Buchführung case by case, Frankfurt 6. Aufl. 2015, S. 67-85

Wüstemann J., Najderek, A., Sesser Ch., Umsatzsteuer. in: Wüstemann, Jens: Buchführung case by case, Frankfurt 6. Aufl. 2015, S. 86-105

Wüstemann J., Najderek, A., Sesser Ch., Herstellungskosten und Ergebnisrechnung. in: Wüstemann, Jens: Buchführung case by case, Frankfurt 6. Aufl. 2015, S. 228-257

Zerres T., Zerres M., Europäisches Wirtschaftsrecht. Zerres, C. (Hg.): Hamburger Schriften zur Marketingforschung, Rainer Hampp Verlag, München und Mering, Band 96. 173 Seiten

Zierep, J., Bühler, K., Grundzüge der Strömungslehre. 10. erw. Auflage. 185 Seiten, Wiesbaden: SpringerVieweg 2015

Promotionen 2015

Name, Titel, HSO Betreuer, Betreuer - kooperierende Universität

Intern, laufend:

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*

Griebeler-Kollmann, Jacqueline: Strukturinnovationen im Journalismus, HSO Prof. Dr. Frank Habann, *Katholische Universität Eichstätt - Prof. Dr. Klaus-Dieter Altmeyen*

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 me-

tallischer 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*

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*

Höll, Julien: Entwicklung eines modellbasierten, vorhersagengestützten und selbst lernenden Regelalgorithmus zur energieeffizienten Regelung von bauteilaktivierten Gebäuden und zur Stromnetzlastung durch Lastverschiebung, HSO Prof. Elmar Bollin, *Albert-Ludwigs-Universität Freiburg - Prof. Moritz Diehl*

Huber, Andreas: Netzanpassung 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*

Metzger, Mario: Mikrostrukturbasierte Werkstoffmodelle zur Lebensdauerbewertung von Hochtemperaturbauteilen aus Eisenguss, HSO Prof. Dr. Thomas Seifert, *KIT Karlsruhe - Prof. Dr. rer. nat. Hermann Riedel*

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, *KIT Karlsruhe - Prof. Dr. Christian Schindelbauer*

Pupyrev, Pavel: Linear and nonlinear properties of wedge acoustic waves, HSO Prof. Dr. Andreas Mayer, *General Physics Institute Moscow - Dr. Alexey M. Lomonosov*

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 Pfaffert, *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 Pfaffert, *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*

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.*

Intern, abgeschlossen:

Lange, Marcus: Adsorption von C4-Kohlenwasserstoffen an strukturell flexiblen Koordinationspolymeren, HSO Prof. Dr. Reiner Staudt, *Universität Leipzig - Prof. Dr. Roger Gläser*

Volk, Tobias: Untersuchung und Entwicklung eines semi-passiven Sensorsystems mit RFID ähnlicher Datenübertragung für die physiologische Überwachung von Kleintieren, HSO Prof. Dr. Dirk Jansen, *Albert-Ludwigs-Universität Freiburg - Prof. Dr. Leonhard Reindl*

Patente 2015

Christ A., Felhauer T., Schüssele L., Weber C., Peter M.: Verfahren und Vorrichtung zur automatischen Klassifikation des Modulationsformats eines digital modulierten Signals; *Deutsche Anmeldung: DE 10 2015 107 553.9 am 13.05.2015*

Hoppe H.: Deutsche Anmeldung PA 10 2015 111 744.4 vom 20.07.2015 – Verfahren und Vorrichtung zur Kalibrierung einer Kamera mit CCD-Chip; *DE 10 2015 103785.8 vom 16.03.2015*

Gantert H.: Feuchtigkeitsreduktion eines Gases bzw. zur Entfernung von Schadstoffen aus einem Gas; *Deutsche Anmeldung: PA 10 2015 111 744.4 vom 20.07.2015*

Ismer B., Körber T., Voß W., von Knorre G.H., Riedel B. et al.: EP-Patent Nr. 2 075 033 „Biventrikulärer 2015 Herzstimulator“; *Offenlegungs-Nr.: 2 075 033 A1, Erteilungstag: 01.07.2015*

Waibel G., Altan L.: Digitaldruckverfahren für Keramikfarben; *Deutsche Anmeldung DE 10 2015 119 618.2 vom 13.11.2015*

FadC – Forschung auf dem Campus im sechsten Veranstaltungsjahr

Vor sechs Jahren entstand die Idee, auf dem Campus der Hochschule Offenburg regelmäßig hochschulöffentlich über die aktuellen Forschungsaktivitäten der Hochschule zu informieren. Inzwischen ist unser FadC fester Bestandteil der Offenburger Hochschulkultur und findet seither stets jedes Semester an drei Donnerstagen um 17.30 Uhr statt.

Begonnen am 20. Mai 2010 mit Herrn Prof. Dr. Doherrs Vortrag über die Humboldt-Bibliothek, sind sie nach fast 40 Vorträgen aus dem Hochschulalltag nicht mehr wegzudenken und demonstrieren so eindrucksvoll die Vielfalt und Tiefe der Forschungsaktivitäten unserer Forschungsakteure.

Vielen Dank hierfür.



Kontakt

Institut für Angewandte Forschung (IAF)

Prof. Dipl.-Ing. Elmar Bollin

Institutsleitung
E-Mail: bollin@hs-offenburg.de

Prof. Dr.-Ing. Axel Sikora
Stellvertretende Institutsleitung
E-Mail: axel.sikora@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 Curticaean
Stellvertretende Institutsleitung
E-Mail: dan.curticaean@hs-offenburg.de

Telefon +49 781 205-271
<http://www.hs-offenburg.de/iuas/>



Hochschule Offenburg
offenburg.university

Badstraße 24 77652 Offenburg
Telefon: +49 781 205-0
www.hs-offenburg.de

Institut für Energiesystemtechnik (INES)

Prof. Dr. 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: +49 781 205-4653
<http://www.hs-offenburg.de/ines/>

Ecological Photonics Advanced Research at Oberrhein (Eco-PhARO)

Prof. Dr. Dan Curticaean

Institutsleitung
E-Mail: dan.curticaean@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 Kommunikationselektronik (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 Silikatforschung 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

Forschungslandkarte der Hochschule Offenburg

Die Stärke der Hochschule Offenburg sind Forschungsfragen, die aus anwendungsnahe Problemstellungen entstehen. Sowohl produktnah in Zusammenarbeit mit nationalen und internationalen Unternehmen als auch mit besonderer wissenschaftlicher Tiefe in den kooperativen Promotionen mit Universitäten im In- und Ausland entstehen neue Erkenntnisse. Waren dies vor zwei Jahrzehnten Einzelfälle, so forschen aktuell über 35 Doktoranden/-innen an der Hochschule Offenburg.

Insbesondere kleinere und mittlere Unternehmen (KMUs), die nicht über eine eigene Forschungsabteilung verfügen, nutzen diese wissenschaftliche Zusammenarbeit.

Forschung und Entwicklung sind Basis jeder Innovation und damit Grundlage für die Erhaltung unseres technologischen Standorts und unseres Wissensvorsprungs. Umfassend beraten Sie gern unsere Forschungskoordinatoren des Instituts für Angewandte Forschung.



**Wirtschaft,
Handel &
Logistik**

Medien

**Informationstechnologie,
Automation &
Telekommunikation**

Gesundheit

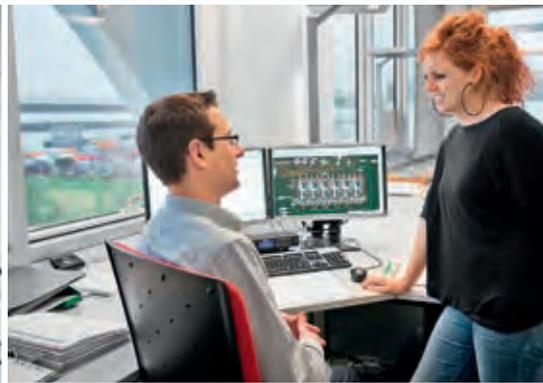
Wirtschaftsinformatik

Manufacturing

**Werkstoff-
technologie**

Mobilität

**Klima,
Energie &
Umwelt**



GEMEINSAM GESTALTEN WIR DIE ZUKUNFT.

Als weltweit führendes Unternehmen im Bereich der maschinellen Tunnelvortriebstechnik suchen wir beständig junge Menschen mit Potential. Oft gelingt der erfolgreiche Einstieg bei Herrenknecht mit einem Praktikum, einer Bachelor- bzw. Masterthesis oder einer Diplomarbeit. Hoch qualifizierte Ingenieure und Kaufleute können unser weltweites Team in den folgenden Bereichen dauerhaft verstärken:

- Maschinenbau
- Bauingenieurwesen
- Computational Engineering
- Ingenieurgeologie

Herrenknecht AG
Personalabteilung
Schlehenweg 2
D-77963 Schwanau
Tel. + 49 7824 302-4041
personal@herrenknecht.de

www.herrenknecht.com



