

OTH

OSTBAYERISCHE
TECHNISCHE HOCHSCHULE
REGENSBURG

FORSCHUNGSBERICHT 2016



ISBN 978-3-9818209-1-1

DIE ONLINE-VERSION DES FORSCHUNGSBERICHTS FINDEN SIE UNTER:

www.oth-regensburgforschungsbericht-2016.proaktiv.de



Ihre Chance bei SWR und REWAG

Alle reden von Karriere. Sprechen wir über Ihre.



Als moderne, regionale Unternehmen brauchen wir fähige Mitarbeiter, die unsere Ziele mittragen. Werden Sie Teil eines engagierten Teams und stellen Sie sich mit uns den Herausforderungen der Zukunft. Informieren Sie sich unter „Karriere“ auf swr-regensburg.de und rewag.de.



OTH

OSTBAYERISCHE
TECHNISCHE HOCHSCHULE
REGENSBURG

STUDIENGÄNGE IM BEREICH DER GESUNDHEIT

- Biomedical Engineering
- Medizintechnik
- Pflegemanagement
- Logopädie
- Pflege (dual)
- Physiotherapie
- Medizinische Informatik

studienberatung@oth-regensburg.de
www.oth-regensburg.de



LIEBE LESERIN, LIEBER LESER,

der vorliegende Forschungsbericht zeigt eindrucksvoll die große thematische Bandbreite, die unsere Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler entlang der fünf Leitthemen Energie und Mobilität, Information und Kommunikation, Lebenswissenschaften und Ethik, Produktion und Systeme sowie Gebäude und Infrastruktur behandeln.

Bislang diente dabei die Sensorik als einzige – von uns als solche definierte – Querschnittstechnologie. Im Jahr 2015 entwickelte sich das Thema Digitalisierung mit einer Reihe von erfolgreichen Projekten zur zweiten unverzichtbaren Querschnittstechnologie innerhalb der OTH Regensburg:

- Die OTH Regensburg ist die erste Hochschule für angewandte Wissenschaften in Bayern, die die Leitung eines von der Bayerischen Forschungsstiftung geförderten Forschungsverbunds übernimmt. Im August 2015 erhielt der Verbundleiter Prof. Dr. Jürgen Mottok den Förderbescheid für den Forschungsverbund FORMUS³IC über eine Förder-summe mit einem Volumen von 4 Mio. Euro zu 50 %.
- Im März 2015 verabschiedete das Bayerische Kabinett ein Konzept für ein Zentrum „Digitalisierung.Bayern (ZD.B)“. Die OTH Regensburg beteiligte sich erfolgreich an diesem bayernweiten, hoch kompetitiven Wettbewerb und erhält daraus die Professur „Sichere und zuverlässige dezentrale Systeme“.
- Im Jahr 2015 wurde das ostbayerische INDIGO-Netzwerk, das wir gemeinsam mit der OTH Amberg-Weiden, der TH Deggendorf, der Hochschule Landshut sowie den Universitäten Passau und Regensburg gründeten, zu einer dynamischen Plattform des gemeinsamen Wissenstransfers zwischen Hochschulen, Gesellschaft, Wirtschaft und Politik weiterentwickelt. Die OTH Regensburg spielte dabei eine zentrale Rolle, indem sie zu Beginn des Jahres den ersten Workshop des INDIGO-Kompetenzclusters „Industrie 4.0“ ausrichtete, dem im Nachgang weitere Auftaktveranstaltungen der INDIGO-Kompetenzcluster folgten. Im Netzwerk kooperieren mittlerweile mehr als 210 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler mit natur-, technik-, wirtschafts-, rechts-, sozial-, lebens- und geisteswissenschaftlichen Expertisen.

Der vorliegende Forschungsbericht zeigt, dass mittlerweile alle Forschungsprojekte der OTH Regensburg die oben ge-

nannten Leitthemen im Fokus haben. Damit kann die OTH Regensburg an die Erfolge aus den Vorjahren anknüpfen: Im Jahr 2015 wurden 50 öffentlich geförderte Projekte beantragt. Davon wurden insgesamt 26 mit einem Fördervolumen in Höhe von knapp 6,4 Mio. EUR aus Landes-, Bundes- und EU-Mitteln sowie Stiftungen bewilligt. Gerade auf Ebene der Fördermittel des Freistaats Bayern konnten im Vergleich zum Vorjahr deutlich mehr Projekte akquiriert werden.

Mit den bereits in den Vorjahren angelaufenen Projekten waren somit insgesamt 59 laufende öffentlich geförderte Projekte (Vorjahr: 56 Projekte) mit einem Gesamtvolumen von 19,9 Mio. EUR in Bearbeitung (Vorjahr: 15,3 Mio. EUR). Auch das Volumen der abgewickelten Projekte im Bereich der privaten Drittmittel (Auftragsforschung und Anwendung gesicherter Erkenntnisse) ist gestiegen und betrug im Jahr 2015 2,9 Mio. EUR (Vorjahr: 2 Mio. EUR). Insgesamt wurden dabei gemeinsam mit 74 Unternehmen 266 Projekte bearbeitet.

Ich freue mich sehr, dass so viele Kolleginnen und Kollegen mit ihren Forschungsaktivitäten zu diesen Erfolgen und damit auch zur nationalen und internationalen Sichtbarkeit der OTH Regensburg beitragen. Dafür danke ich allen beteiligten Kolleginnen und Kollegen sehr herzlich!

Den Leserinnen und Lesern wünsche ich eine interessante Lektüre!



Prof. Dr. Wolfgang Baier
Präsident der OTH Regensburg

Vorwort	1
Die OTH Regensburg auf dem Weg ins Digitale Zeitalter	4
Interviews	8
Doktoranden und Promotionen	13
ENERGIE UND MOBILITÄT	
Magneto-aktive Polymer-Forschung	14
Kompakte Übertragungsleitung für hohe Gleichspannungen – Erfassung und Modellierung der Wechselwirkung Rohr/Boden und Langzeituntersuchungen an einer erdverlegten Versuchsanlage	16
Rohstoff Kohlenstoffdioxid: Nutzung von CO ₂ -Strömen zur Verbreiterung der Rohstoffbasis chemischer Erzeugnisse	18
Power-to-Gas mit biologischer Methanisierung – Power-to-Biogas	20
Abwärmenutzung von Verbrennungskraftmaschinen durch Organic Rankine Cycle	22
INFORMATION UND KOMMUNIKATION	
GraphMIC – Medizinische Bildverarbeitung durch visuelle Programmierung	24
Softwareentwicklung: Vom unorganisierten Chaos zur effizienten Ordnung	26
Über Pflaster, Teigwaren und jahrzehntelange Softwarepflege	28
Knowledge Transfer in IS Offshoring	30
PRODUKTION UND SYSTEME	
Simulationstechnische Untersuchungen an einem Schüttichtfilter	32
CARSEC – Sicherheitsuntersuchung an vernetzten Fahrzeugen	34
Entwicklung einer Systemtechnik für das quasisimultane Laser-Durchstrahlschweißen von 3D-Kunststoffbauteilen mit Temperaturmessung und Spanndruckregelung	37
Strukturmechanische Analyse eines Tiefziehwerkzeugs mit der Finite-Elemente-Methode	39
Neue Berechnungsmethode für Riser-Tensioner-Seile	41
Entwicklung eines Energieversorgungskonzeptes mit dem KUKA youBot	43
LEBENSWISSENSCHAFTEN UND ETHIK	
Episteme – Hochschulpartnerschaften mit Griechenland – Mehr als Ouzo und Tsatsiki? Studie zu stereotypen Vorstellungen und gesammelten Erfahrungen deutscher Studierender in Bezug auf die griechische Ess- und Trinkkultur	45
Computerbasierte Diagnoseunterstützung von Endoskopie-Bildern der Speiseröhre	47
Rückenschmerz adé – Digitale Menschmodelle helfen bei Trainingseffekt-Validierung	49
Arbeitsbedingungen und Interessenvertretung von Pflegekräften in Bayern	51
Entwicklung der Servicequalität in den Branchen Telekommunikation, Tourismus, Strom- und Gasanbieter	53
Bedarfserhebung für das Bildungszentrum auf dem ehemaligen Zuckerfabrikareal in Regensburg (Candis)	55
Soziale Aspekte der energetischen Gebäudesanierung – Begleitstudie (Sozialstudie) zu RENARHIS	57
Was bedeutet es, Unternehmensgründer zu sein? – Von der konzeptuellen Metapherntheorie zur Rollentheorie	59
GEBÄUDE UND INFRASTRUKTUR	
Effizienzhaus Plus Modellprojekt – Wissenschaftliche Begleitforschung	61
Betonfeuchtemodell für Tunnelinnenschalen in Österreich (Tunnelfeuchte)	64
Untersuchung des Expansionsverhaltens von Traggliedern aus PUR-Expansionsharz	66
Optimierte Bauklimatik im historischen Bestand – Energieeffizienz und Nachhaltigkeit am Beispiel der Klosterkirche St. Georg zu Weltenburg	68
SENSORIK	
Automatisiertes Messsystem zur Bestimmung der Grenzflächenrheologie von Flüssigkeiten	70
Entwicklung eines Sicherheitskonzeptes und Messsystems mit Messdatenerhebung für eine neuartige Sensorplattform zur non-invasiven Messung aller elektrischen Verbraucher von Gebäuden	72
Sensorchip zur Messung der thermischen Leitfähigkeit von Gasen und Gasgemischen	74
Branchen, Impressum	76

Tablets, Smartphones, Fitnesstracker und intelligente Uhren: Die Informationstechnologie (IT) hat Büroschreibtische und Rechenzentren seit Langem verlassen und findet sich besonders in den letzten Jahren auf einem rasanten, manchmal schwindelerregend schnellen Marsch in das alltägliche Leben – eine Veränderung der ganzen Gesellschaft, vom Kleinkind bis zum Rentner, ob bewusst oder unbewusst. Dem gegenüber steht die industrielle Produktion, die zwar mit 15 Millionen direkten und indirekten Arbeitsplätzen und einem Export-Handelsüberschuss von 100 Milliarden Euro ein zentrales Rückgrat der deutschen Wirtschaft ist und bleibt, aber mit zischenden Stahlwerken, laut ratternden Produktionsstraßen und tonnenschweren Maschinen aus Sicht vieler *Digital Natives* wie ein Relikt aus vergangenen Zeiten wirken mag, das mit der bunten, schnellebigen IT-Welt rein gar nichts gemeinsam zu haben scheint.

DIGITALISIERUNG ÜBERALL

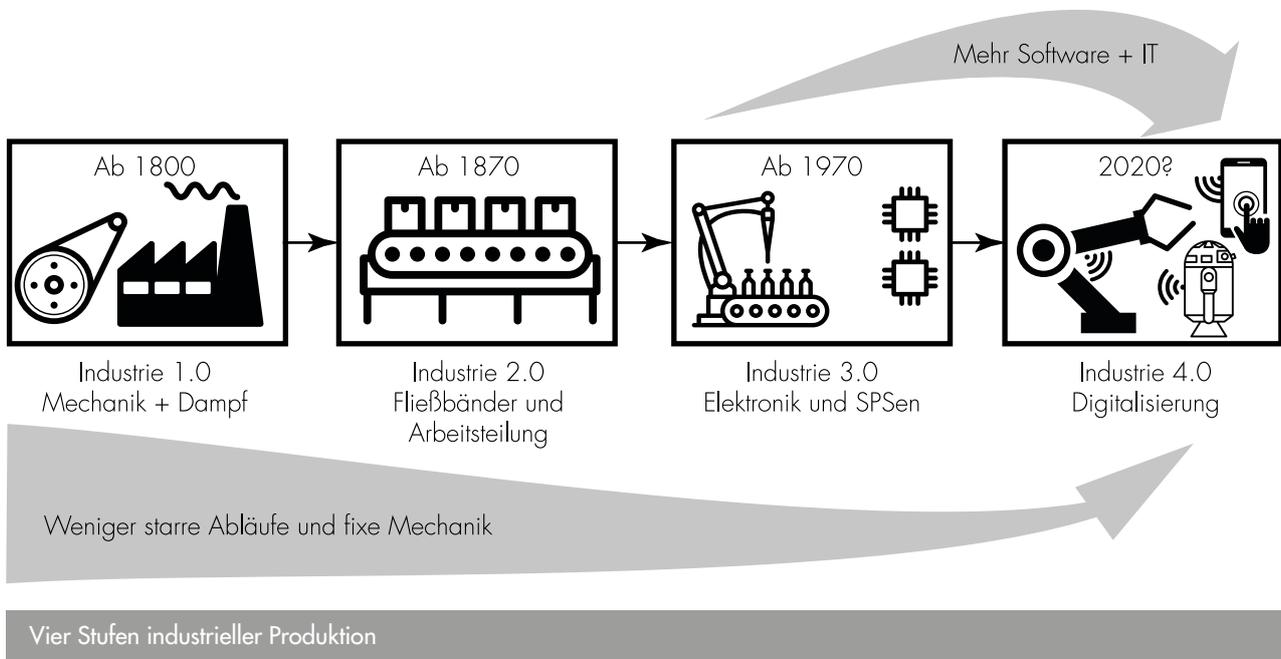
Genau das Gegenteil ist der Fall: Die physikalische, mechanische Welt der Industrie und die virtuelle IT-Welt aus Bits und Bytes nähern sich immer weiter an, da beide aus mehr und mehr Software aufgebaut sind, die mittlerweile einen großen Teil der industriellen Wertschöpfung ausmacht. Unter dem Schlagwort Digitalisierung versuchen Wirtschaft, Wissenschaft und Politik diesen Trend zu verstehen, zu beschreiben und zu lenken. War der Begriff ursprünglich der Transformation analoger in digitale Information vorbehalten, beispielsweise beim Einscannen eines Papierformulars, ist er mittlerweile zum Synonym für die Anwendung des maschinellen Rechnens und der elektronischen Datenverarbeitung in allen Lebensbereichen geworden, von Produktion und Handel über Simulation und Konstruktion bis hin zur Freundschaftspflege und Kommunikation in sozialen Netzwerken. Die Digitalisierung verstärkt aber ebenso die Geistes- und Sozialwissenschaften, die beispielsweise mit ganze Regalkilometer umfassenden Textcorpora arbeiten oder in sozialen Netzwerken die ganze Welt in einem großen Labor beobachten können. Und selbst in der Medizin ist die Digitalisierung nicht mehr nur auf faszinierende bildgebende Verfahren beschränkt, sondern greift mit automatisierter maschineller Diagnose, elektronischen Krankenakten und gezielter Wirkstoffproduktion mittels maschineller Intelligenz in die Kernbereiche klassischer ärztlicher Tätigkeit ein. Grund genug zu überlegen, welche Auswirkung die Digitalisierung auf die OTH Regensburg und den Wirtschaftsraum um die Hoch-

schule nach sich ziehen wird, welche Gefahren bestehen und wie die Entwicklungen aktiv beeinflusst und für Hochschule und Region genutzt werden können.

DATEN, DATEN, DATEN

Treibstoff der Digitalisierung sind Daten. Nach Dampf, Kohle und Erdöl wird deren Bedeutung mittlerweile so sehr geschätzt, dass sich selbst die Bundesregierung nicht davor scheut, eine waschechte Revolution auszurufen: Mit *Industrie 4.0* soll eine vierte industrielle Revolution beginnen, in deren Zentrum nicht mehr Energie oder Förderbänder stehen, sondern Daten – Rohstoff und Baumaterial der Zukunft. Nach Meinung vieler Experten sind Informatik, Statistik und Mathematik das Zentrum der Digitalisierungsanstrengung. Gerade die leise und nüchterne Statistik hat mit ihren Methoden des maschinellen Lernens dazu beigetragen, Computer beharrlich auf eine substantiell neue Stufe von „Intelligenz“ zu heben.

IT und Industrie wachsen zusammen, aber natürlich nicht ohne Probleme und Reibung: Ein Smartphone, dessen Nachfolger ohnehin nach spätestens einem Jahr auf den Markt kommt und auf eine Lebensdauer von wenigen Jahren ausgelegt ist, ist für Ingenieure einfacher zu konstruieren als eine millionenschwere Produktionsanlage, die über Jahrzehnte in Betrieb sein muss und besser nicht wegen Firmware-Updates oder eines Provider-Wechsels mal eben spontan einen Tag vom Netz genommen wird. Dennoch sind die Möglichkeiten zur Kommunikation, zur Datenauswertung und zur Programmierung, die frische IT bietet, so vielversprechend, dass die Industrie die genannten Probleme gerne in Kauf nimmt und auch lösen wird: Die physische und virtuelle Welt konvergieren. Viele der technischen Herausforderungen liegen dabei nicht in der Neugestaltung von Software, sondern in der Integration und Anpassung an neue Nutzungsdomänen: Während Softwareentwickler mit komfortablen Entwicklungsumgebungen, umfangreichen Bibliotheken, leistungsfähigen Debuggern und riesigen, weltweit aktiven Online-Communities im Hintergrund arbeiten, in denen praktisch jede denkbare Frage bereits gestellt und beantwortet wurde, setzt die traditionelle Industrie bislang auf Lösungen, die sich zwar durch jahrzehntelange Stabilität auszeichnen, aber mittlerweile aufgrund des eher konservativen Umgangs mit disruptiven Änderungen oft nicht mehr alle wünschenswerten Anforderungen erfüllen können, die bei flexibler, individualisierter Produktion auftreten.



Anstatt einige über Jahrzehnte hin aufgestaute Innovationsdefizite des Industrie-Ökosystems mit praktisch nicht durchführbarem Aufwand aufzuholen, ist es effizienter, vorhandene moderne Mechanismen mit industriellen Spezialfähigkeiten zu erweitern. Die Möglichkeiten der resultierenden Programmier- und Engineering-Umgebungen sind besonders bei der Neugestaltung von Robotersystemen notwendig: Sie durchlaufen gerade einen interessanten und tiefgreifenden Wandel weg von Kraftbolzen, die von Menschen als Werkzeuge eingesetzt werden, hin zu intelligenten und autonomen Partnern, die gemeinsam mit menschlichen Kollegen Arbeiten erledigen.

CHANCEN UND RISIKEN

Wenn Menschen und Maschinen im wahrsten Sinne des Wortes auf Augenhöhe zusammenarbeiten, liegt die Befürchtung nahe, dass Menschen über kurz oder lang überflüssig werden. Dies ist keine „German Angst“, sondern ein reales Szenario. Die Digitalisierung ist durchaus eine Bedrohung für Arbeitsplätze, wie durch zahlreiche Studien unterstrichen wird. Die Firma ING DiBa sieht beispielsweise 60 % der Arbeitsplätze in Deutschland durch die Digitalisierung betroffen. Zusätzlich wird die Arbeitswelt durch den Einsatz autonomer Maschinen nicht automatisch angenehmer und menschen-

freundlicher. Wer kennt nicht das Gefühl, von seinem Auto oder Telefon bevormundet zu werden oder auf scheinbar zufällige und nicht reproduzierbare Probleme mit technischen Systemen zu stoßen? Natürlich sind Computer vorhersehbare Maschinen, die streng ihrer vorgegebenen Programmierung folgen müssen. Die meisten IT-Systeme sind aber bereits heute so komplex, dass sie kein Ingenieur mehr in ihrer Gesamtheit versteht. Zieht diese Komplexität in andere Lebensbereiche ein, reichen die Auswirkungen von kleinen Ärgerlichkeiten (warum mag mein Fernseher nicht von RTL auf ARD wechseln?) bis hin zu potenziell katastrophalen Situationen (warum mag mein Auto gerade nicht bremsen?), die die Digitalisierungseuphorie doch etwas dämpfen.

Auch effektiver Datenschutz und Informationssicherheit gewinnen immer weiter an Bedeutung – auf den stets unersättlichen Datenhunger in- und ausländischer Geheimdienste, aber auch auf kommerziell motivierte Crackerangriffe und Industriespionage muss an dieser Stelle sicher nicht explizit hingewiesen werden. Trotz aller Gefahren und Probleme ist die Digitalisierung aber eine große Chance, um nichts weniger zu erreichen, als die menschlichen Lebensbedingungen zu verbessern: von neuen Kommunikationsmöglichkeiten, die Menschen miteinander verbinden, über personalisiert, kostengünstig und schnell produzierte Massenartikel bis hin zur

RAUM FÜR ZUKUNFT



F.EE bietet in den Bereichen **Elektrotechnik, Maschinenbau und Informatik** die Möglichkeit, in Form von **Praktika, Bachelor-/Masterarbeiten** oder auch einer **Festanstellung** Ideen Wirklichkeit werden zu lassen.

Weitere Infos und aktuelle Jobangebote unter

BAYERN'S
BEST 50
PREISTRÄGER

2014 | 2011 | 2008 | 2003



F.EE GmbH | Udo Starck | Personalabteilung
In der Seugn 10 | 92431 Neunburg v. W.
Tel.: 09672 5060 | bewerbung@fee.de
www.fee.de | www.facebook.com/fee.neunburg

www.fee.de/jobs



OSTBAYERISCHE
TECHNISCHE HOCHSCHULE
REGENSBURG

**BERUFSBEGLEITEND
STUDIERN -
AUCH OHNE ABITUR!**

BACHELOR

- Betriebswirtschaft
- Pflegemanagement
- Soziale Arbeit
- Systemtechnik

MASTER

- Automotive Electronics
- Leitung und Kommunikationsmanagement
- Master of Business Administration

www.oth-regensburg.de



cts competence for
technical solutions

cts GmbH

Fuhrmannstraße 10
84508 Burgkirchen
Telefon 086 79 / 9 16 89-0
Fax 086 79 / 9 16 89-120
E-Mail: info@group-cts.de

www.group-cts.de



OSTBAYERISCHE
TECHNISCHE HOCHSCHULE
REGENSBURG

EXZELLENT STUDIERN. KARRIERE MACHEN.

Technik, Wirtschaft, Gestaltung, Gesundheit, Architektur und Gestaltung

www.oth-regensburg.de



Auslieferung einer Bestellung wenige Stunden nach Bestelleingang. Aber auch viele Zweige der Wissenschaft profitieren enorm von den Möglichkeiten der Digitalisierung, von Simulationsmethoden im Ingenieurwesen bis hin zur Analyse sozialer Netzwerke in den Geisteswissenschaften. Auch der Lehre wird es nutzen, wenn Informationen nicht mehr mit Kreide an die Tafel und dann mit Tinte in ein Heft geschrieben, sondern direkt digital vermittelt und verteilt werden können, auch über neue Lehrkonzepte wie den *Inverted Classroom*.

HERAUSFORDERUNGEN UND MÖGLICHKEITEN FÜR DIE HOCHSCHULE

Natürlich hat auch die Politik längst erkannt, dass Digitalisierung mehr ist als das Verlegen von Breitbandleitungen – mit der Eröffnung des „Zentrum für Digitalisierung Bayern“ (ZD.B) in München hat der Freistaat erst im letzten Jahr die forschungspolitische Bedeutung des Themas unterstrichen. Auch die OTH Regensburg profitiert in der Fakultät Elektrotechnik mit einer dem ZD.B assoziierten Professur für Safe and Secure Systems, einem zentralen Kerngebiet der Informatik-Forschung zur Gestaltung von Basismechanismen für softwareintensive Systeme. Gerade die Digitalisierung, die alle Bereiche der Gesellschaft verändern wird, ist aber auch ein Breitenthema. Ob sich durch das ZD.B für ohnehin oft bis unter die Zähne finanzierte Münchner Forscher Anreize ergeben, hochinnovative, aber kleine und mittelständische Betriebe im Regensburger Umland oder gar dem Bayerischen Wald zu unterstützen, wird sich zeigen. Im INDIGO-Netzwerk (Internet und Digitalisierung in Ostbayern), das anlässlich, aber keinesfalls aufgrund der ZD.B-Eröffnung vorgestellt wurde, haben sich die ostbayerischen Hochschulen und Universitäten ebenfalls zu einem schlagkräftigen Verband zusammengeschlossen, der nach besten Kräften versuchen wird, den Wandel durch Digitalisierung in der Region aktiv mitzugestalten und zu unterstützen.

Um auf die Gefahren für Arbeitsplätze zurückzukommen: Die Qualifikation junger Menschen ist und bleibt einer der Kernaspekte des Bildungsauftrags von Hochschulen. Dass Berufsbilder nicht unveränderlich sind, ist aus den letzten industriellen Umwälzungen hinreichend bekannt – während Schriftsetzer völlig aus dem öffentlichen Bild verschwunden sind, ist Desktop Publishing mit dem Computer jedermann bekannt. Und wie bitter dieses Verschwinden für die damaligen Beschäftigten auch gewesen sein mag – Beschwerden darüber, sich für den Lebensunterhalt nicht mehr unter körperlichen Strapazen nach und nach durch das Hantieren

mit Bleischriften vergiften zu müssen, finden sich unter Informatik-Studierenden heutzutage eher selten. Nicht die Veränderung von Berufen durch die Digitalisierung ist problematisch, sondern die Frequenz: Mit einer stärkeren Kopplung an die Technik wird die Dynamik der technologischen Entwicklung direkt auf Berufe übertragen. Detailwissen, das heute noch gültig ist, kann in zehn Jahren bereits wertlos sein. Gerade hier kann die Hochschule ihre Stärken ausspielen. Statt sich in einem immer schneller drehenden Hamsterrad von Trends und Spezialisierungen zu verfangen, ist eine Rückbesinnung auf klassische akademische Stärken angebracht: eine tiefgehende Ausbildung, die breit und anspruchsvoll, aber dennoch fokussiert ist, und die es jungen Menschen ermöglicht, sich frei und kompetent in alle Richtungen zu bewegen, in die sie die Zukunft treiben wird.

Das ist kein Widerspruch zum Anwendungsbezug! Natürlich wird die OTH Regensburg auch weiterhin Studierende an die Spitze der technischen Entwicklung heranführen und insbesondere diese Entwicklung durch Forschung mitgestalten müssen. Gerade in der Forschung kennt man aber die Bedeutung der Schultern von Giganten, die als stabile Plattform notwendig sind, um hoch zu bauen und tief zu bohren.

Und auch bei sensiblen Themen wie Datenschutz oder fairer gesellschaftlicher Verteilung von Risiken und Nutzen der Digitalisierung werden sich Hochschulen besonders einbringen und unabhängig vom politischen Kampf um Fördergelder wichtige Beiträge leisten und auch leisten müssen. Die OTH Regensburg ist mit ihrer starken Informatik, vielfältigen Ingenieurs- und mathematisch-statistischen Kompetenzen und nicht zuletzt durch die wichtige Mithilfe der Sozialwissenschaften bestens aufgestellt, um gemeinsam mit den großen und kleinen Firmen der Region Regensburg die Herausforderungen der Digitalisierung zu meistern.

Dabei stehen weniger grundlegend neue Technologien als vielmehr die disziplinenübergreifende Arbeit von Experten aus vielen Domänen im Vordergrund. Dies ist eine besondere Chance für Hochschulen und noch mehr eine Chance für die OTH Regensburg, die seit Langem erfolgreich mit dem regionalen Mittelstand zusammenarbeitet. Besonders der Raum Regensburg ist für viele „hidden champions“ bekannt, die mit cleveren Produkten und Lösungen an der Spitze des Weltmarktes, aber nicht unbedingt im Scheinwerferlicht der breiten Öffentlichkeit stehen. Die Breite und Tiefe der OTH Regensburg, kombiniert mit dem Domänen- und Anwendungswissen von Industriepartnern – das erscheint als gute Mischung auf dem Weg in die digitale Zukunft.

„EINEN DIESELMOTOR KANN MAN BELIEBIG SAUBER MACHEN.“

Im Labor für Verbrennungsmotoren und Abgasnachbehandlung stehen bei Prof. Dr. Hans-Peter Rabl und seinem Team Schadstoffemissionen von Autos im Fokus

Seit mehr als 20 Jahren beschäftigt sich Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Rabl mit einer sozusagen „schmutzigen“ Materie: Sein wissenschaftliches Interesse gilt den Emissionen von Kraftfahrzeugen, also dem, was aus dem Auspuff eines Autos letztlich herauskommt. In seiner Doktorarbeit beschäftigte er sich mit den Lachgasemissionen bei Dreiwege-Katalysatoren, acht Jahre lang war er bei Siemens mit der Systementwicklung von Dieseleinspritzsystemen und Abgasnachbehandlungssystemen befasst und seit genau zehn Jahren leitet er an der OTH Regensburg das Labor für Verbrennungsmotoren und Abgasnachbehandlung der Fakultät Maschinenbau.

Schon lange bevor Begriffe wie „VW-Abgasskandal“ und „Diesel-Gate“ Schlagzeilen machten, war ihm die Problematik von Abgasmessungen bewusst – aber auch, dass seine Materie eigentlich gar nicht so dreckig ist: „Einen Dieselmotor kann man beliebig sauber machen, aber das bedeutet eben höhere Kosten“, sagt Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Rabl.

Herr Rabl, waren die Nachrichten vom September 2015 über die Manipulationen an Dieselmotoren von VW eine Überraschung für Sie?

Das ist eine gute Frage! Dass es Abweichungen zwischen Labor- und Straßenemissionen gab, war aufgrund von Messungen in den USA zu diesem Zeitpunkt seit etwa einem Jahr bekannt. VW hat daraufhin Anfang 2015 die betroffenen Fahrzeuge freiwillig in die Werkstätten zurückgerufen. Wie sich dann im Herbst herausstellte, waren die Abweichungen dabei nicht ausreichend behoben worden. Auf Basis neuer Messungen ermittelte die US-Umweltbehörde EPA, dass VW ein sogenanntes „defeat device“, eine gezielte Abschaltvorrichtung einsetzt, die zwischen Testmodus und einem Straßenmodus umschaltet. Das ist natürlich nicht erlaubt.

Ein ganz anderes Thema sind die mittlerweile vielfach in der Presse diskutierten Unterschiede in den Emissionen zwischen Labor- und Straßenmessungen bei anderen Herstellern. Diese Abweichungen sind tatsächlich nicht unbedingt gesetzeswidrig.

Wie das?

Gemessen werden die Abgaswerte auf einem Prüfstand, an dem das Fahrzeug einen Testzyklus nachfährt, der etwa 20 Minuten dauert. Dieser Zyklus ist genau geregelt, zum Beispiel fährt das Auto während dieser Zeit maximal 120 km/h

und das auch nur etwa 10 Sekunden lang. Außerdem wird der Test bei einer definierten Umgebungstemperatur zwischen 20 und 30 °C durchgeführt. Dieser sogenannte „Neue europäische Fahrzyklus“ bildet nicht die tatsächlichen Fahrbedingungen ab. Wenn jemand schneller fährt oder stärker beschleunigt, oder wenn es draußen eben kälter oder sehr heiß ist, gibt es zwangsläufig auch ganz andere Ergebnisse, die dann zum Teil erheblich über den zulässigen Grenzwerten vor allem für Stickoxide, die sogenannten NOx, liegen. Dass der jetzige Testzyklus unzureichend ist, war allen Beteiligten schon vor der Sache bei VW bewusst. Ein neues System der „Real Driving Emissions“ war bereits seit längerem vorgesehen.

Worum handelt es sich bei diesen Real Driving Emissions? Das Fahrzeug wird dabei nicht nur im Labor untersucht, sondern tatsächlich auch während einer realen Fahrt, auf die die Abgasanalytik mitgenommen wird. Und diese Fahrt ist dann auch genau vorgeschrieben: Ein Drittel der Strecke muss im Stadtverkehr zurückgelegt werden, ein Drittel über Land, ein Drittel auf der Autobahn. Es gibt außerdem ein bestimmtes Höhenprofil, das beachtet werden muss, eine Mindestbeschleunigung, die erreicht werden muss, vorgeschriebene Mindeststillstandzeiten, zum Beispiel an der Ampel, und weitere Parameter. Auf diese Weise sollen realistischere Fahrzyklen erreicht werden und die Abweichungen „from road to rig“ sichtbar gemacht werden.

In Ihrem Labor beschäftigen sich 21 Ingenieure damit, Motoren effizienter zu machen bzw. Abgasemissionen zu reduzieren. Kann denn ein Dieselmotor überhaupt sauber sein? Ja, auf jeden Fall! Vorausgesetzt allerdings, das Abgasnachbehandlungssystem wird bestimmungsgemäß angewendet. Zur Einhaltung der gültigen gesetzlichen Grenzwerte der Emissionsklasse Euro 5 für Stickoxide, Kohlenmonoxide, Kohlenwasserstoffe und Partikelemissionen wird ein Abgasnachbehandlungssystem mit Oxidationskatalysator und Dieselpartikelfilter verwendet. Bei Euro 5 liegt der NOx-Grenzwert bei 180 mg/km. Seit 2014 gilt für die Emissionsstufe Euro 6 allerdings ein um etwa 55 % reduzierter Stickstoffgrenzwert, nämlich 80 mg/km. Dadurch wird eine aktive Abgasnachbehandlung nötig.



Foto: OTH Regensburg

Prof. Dr. Hans-Peter Rabl

Was ist darunter zu verstehen?

Eine aktive Abgasnachbehandlung erreicht man beispielsweise mittels selektiver katalytischer Reduktion (SCR) der Stickstoffoxide. Die SCR-Technologie ist schon lange aus dem Kraftwerksbereich bekannt. Es ist ein sehr wirksames Verfahren, bei dem mithilfe wässriger Harnstofflösung, bekannt als AdBlue, die Stickoxide in Stickstoff und Wasserdampf reduziert werden. Das Problem dabei ist, dass dieses Verfahren nur bei Abgastemperaturen von 180 Grad Celsius und höher funktioniert. Solche Temperaturen werden aber nicht erreicht, wenn jemand nur 30 km/h fährt, dann kühlt der Katalysator aus. Bei uns am Labor läuft derzeit noch bis Ende des Jahres das Projekt „Low Temperature DeNOx“, das sich genau mit dieser Problematik beschäftigt.

An welchen Schrauben kann man denn noch drehen, um die Emissionen zu verringern?

Das ist genau die entscheidende Frage, der Entwicklungsdruck ist hier sehr hoch. Leistung aus dem Motor holen, ist eigentlich kein Problem, die Effizienz zu steigern und zu

vertretbaren Kosten noch die Emissionen zu verringern, schon. Der Kostenaufwand für das Abgasnachbehandlungssystem ist nicht unerheblich. Bei großen Fahrzeugen wie SUVs, die ohnehin bei 70.000 bis 80.000 € liegen, fällt das nicht so ins Gewicht, im sehr preissensiblen Kleinwagensegment wird es in Zukunft aber aus Kostengründen wohl weniger Dieselfahrzeuge geben.

Hintergrund zur VW-Affäre:

Der Vorwurf, den die US-amerikanische Umweltbehörde EPA im September 2015 an den Volkswagenkonzern richtete, besteht darin, dass das Unternehmen eine Software eingesetzt habe, die erkenne, dass sich ein Fahrzeug in einem Testzyklus auf dem Prüfstand befinde. Entsprechend habe man die Software so programmiert, dass dann auf einen emissionsverringenden Modus umgeschaltet werde, der im realen Betrieb auf der Straße allerdings deaktiviert ist und somit dort ein höherer Schadstoffausstoß als auf dem Prüfstand messbar, produziert wird.

PROMOTION PARALLEL ZUM JOB ALS SYSTEMINGENIEUR BEI CONTINENTAL

Dr. Tobias Braun hat seinen Berufseinstieg über den Master of Science und eine Dissertation zu Dieselmotoren gemeistert.

Im Jahr 1893 hat Rudolf Diesel das Patent für einen soeben von ihm erfundenen Verbrennungsmotor mit damals revolutionärer Technik angemeldet: ein selbstzündender Motor, der nur durch das Komprimieren und damit Erhitzen der angesaugten Luft die Verbrennung des eingespritzten Kraftstoffs im Brennraum ermöglicht. 123 Jahre nach dieser Erfindung sind in Deutschland rund 15 Millionen Diesel-Pkw zugelassen; nur halb so viel wie Benziner. Doch bei den Neuwagen sieht es anders aus: Rund 48 %, also fast die Hälfte der neu zugelassenen Autos in Deutschland, fahren mit Diesel. Das ist einer der Gründe, warum man sich hierzulande in zahlreichen Forschungsprojekten mit dem Dieselmotor beschäftigt.

Fünfeinhalb Jahre lang hat Tobias Braun am Labor für Verbrennungsmotoren und Abgasnachbehandlung bei Prof. Dr. Hans-Peter Rabl an dem von der Bayerischen Forschungsförderung geförderten Projekt zur „Reduzierung limitierter Schadstoffe und der CO₂-Emission bei Pkw-Dieselmotoren“ geforscht – und dazu seine Doktorarbeit geschrieben. Die letzten beiden Jahre seiner Promotion arbeitete er bereits

Vollzeit bei der Continental Automotive GmbH – und schrieb am Wochenende an seiner Dissertation. Als Systemingenieur ist er bei seinem Arbeitgeber jedoch nicht im Bereich Dieselmotoren tätig, sondern beschäftigt sich mit der Füllungs- erfassung moderner Pkw-Benzinmotoren.

Das Hauptaugenmerk der Doktorarbeit lag auf den Schadstoffen Ruß und Stickoxid, außerdem untersuchte er die Kohlenwasserstoff- und die Kohlenmonoxid-Emissionen, die als Abgase bei Diesel-Pkw entstehen. Für die innermotorische Optimierung des Schadstoffausstoßes hat er sich auf die beiden Bereiche Kraftstoff- und Luftpfad konzentriert. Verschiedene Einspritzmuster und Düsenkonzepte sowie unterschiedliche Gemische von Frischluft und Abgas bei der Luftzuführung unter Berücksichtigung verschiedener Ladedrücke – das waren die wesentlichen Parameter, die Tobias Braun auf ein Optimum zu bringen versuchte. *„Innermotorisch das Bestmögliche herauszuholen, das ist das eigentliche Ziel“*, sagt er.

Denn wenn durch innermotorische Maßnahmen ein Optimum erreicht wird, kann die Abgasnachbehandlung mittels selektiver katalytischer Reduktion, also AdBlue, in manchen Fällen ganz weggelassen oder aber das Nachtanken von AdBlue so weit reduziert werden, dass es beispielsweise von Service zu Service ausreicht. *„Der Autokäufer möchte ja nicht so gerne noch zusätzlich etwas tanken. Wenn für den Kunden ein Zusatzaufwand anfällt, ist das immer schlecht“*, sagt Tobias Braun.

Diese Ansicht kann er bei seiner Arbeit für Continental in Regensburg optimal einbringen – wenn auch nicht seine Detailkenntnisse zum Dieselmotor. Dass er sich neben seiner Arbeit bis zum Dr.-Ing. durchgekämpft hat, betrachtet Tobias Braun als großen persönlichen Gewinn. Nach seinem Diplom-Studium des Maschinenbaus an der OTH Regensburg machte er im Jahr 2007 seinen Master of Science im Fach „Mechanical Engineering“ und arbeitete Teilzeit im Labor von Prof. Dr. Rabl. Dieser Titel habe ihm den anschließenden Weg zur kooperativen Promotion mit der TU München enorm erleichtert. *„Der Master of Science wird von den Universitäten besser anerkannt als der Master of Engineering“*, sagt Tobias Braun. Mit dem M. Sc. stand ihm nahtlos die Tür zur Promotion offen, während Doktoranden mit dem M. Eng. oft erst noch Prüfungen nachschreiben müssen, um zum Promotionsverfahren zugelassen zu werden.



Dr. Tobias Braun

LOCKER AUS DER HÜFTE HERAUS ...

... hat Dr. Tim Weber nach seiner Promotion und einer Post-Doc-Stelle am RCBE den Sprung von der Wissenschaft in die Wirtschaft geschafft.

Mit zügigen Schritten läuft Tim Weber durch den Korridor vorbei an den Räumen des IAFW (Institut für Angewandte Forschung und Wirtschaftskooperationen) der OTH Regensburg. Seit 2004 haben ihn seine Schritte tagtäglich an die OTH Regensburg geführt; zunächst zum Maschinenbaustudium, dann als Diplomand ins Biomechanik-Labor von Prof. Hammer, anschließend als Promovend ans RCBE (Regensburg Center of Biomedical Engineering), wo er schließlich bis April 2016 auf einer Post-Doc-Stelle arbeitete. Seither lenkt Dr. Tim Weber seine Schritte (bzw. sein Auto) nach Zandt zur Zollner Elektronik AG, wo er in der Abteilung Analysetechnik zuständig für Werkstofftechnik ist. Soweit läuft alles rund bei Tim Weber – und im Unterschied zu den meisten Ingenieuren, weiß der 30-Jährige ganz genau, wie es aussieht, wenn es bei jemandem nicht rundläuft: Für seine Doktorarbeit zu biomechanischen Fragestellungen bei einer Hüft-OP hat Weber bei 60 Patienten im Ganglabor der Orthopädischen Universitätsklinik Regensburg am Asklepios Klinikum Bad Abbach genau untersucht, wie sich Oberschenkelknochen und Hüftgelenkspfanne beim Gehen verhalten, wenn ein Hüftersatz her muss oder bereits eine künstliche Hüfte implantiert wurde.

„Motion Capture“ heißt die Technik, mit der Tim Weber dazu gearbeitet hat. Den Probanden wurden Marker an bestimmten Körperstellen aufgeklebt und dann liefen sie eine definierte Strecke. „So konnten wir die inverse Dynamik unter Einbeziehen der individuellen Muskelkräfte abbilden und Kräfte, wie zum Beispiel die Hüftreaktionskraft, berechnen“, erklärt Weber. Auf diese Weise sammelte er Daten zu 30 Patienten, die eine konventionelle Hüft-OP erhielten, und zu weiteren 30, die nach der neuen computerassistierten Femur-First-Methode operiert wurden. Einer der Entwickler der Methode, Prof. Tobias Renkawitz von der Orthopädischen Universitätsklinik Regensburg, zählte denn auch zu Webers Doktorvätern – neben Prof. Sebastian Dendorfer vom betreuenden Biomechanik Labor am RCBE der OTH Regensburg sowie Prof. Bart Verkerke von der Universität Groningen und der Universität Twente sowie Prof. Sjoerd Bulstra vom University Medical Center Groningen.

Prof. Renkawitz und Prof. Bulstra zählen zu den weltweiten Vorreitern im Thema computerassistierte Operationen im Bereich Hüft-Endoprothetik, Prof. Dendorfer zu einer der weltweiten Koryphäen im Bereich der muskuloskelettalen Simulation und Prof. Verkerke ist eine feste Größe in „Biome-

chanical Product Design“. Der Zusammenschluss von Ingenieuren und Medizinern zeichnet Webers Arbeit mit dem Titel „The Biomechanical Outcome after Total Hip Replacement. Quantitative Biomechanical Evaluation of Computer-Assisted Femur First Total Hip Replacement“ ganz besonders aus. „Diese Felder in einer Arbeit zu verknüpfen, war eine sehr spannende Herausforderung“, sagt Weber. Bei der Fertigstellung seiner Doktorarbeit im Juni 2015 konnte er bereits auf sechs Veröffentlichungen in renommierten Fachzeitschriften verweisen. Außerdem legte Webers Promotion den Grundstein für die enge Zusammenarbeit des RCBE mit dem Lehrstuhl für Orthopädie an der Universität Regensburg.

Ein Ergebnis seiner Arbeit ist, dass es tatsächlich einen „Trend zu einer erhöhten Wahrscheinlichkeit, dass es den Patienten mit der neuen Methode länger besser geht“ gibt. Weber drückt sich hier ganz bewusst sehr vorsichtig aus: „60 Patienten – das ist eigentlich eine kleine Zahl, aber bisher eben die größte Patientenanzahl, die dazu überhaupt untersucht wurde“, sagt er. Mit biomechanischen Fragestellungen hat er sich bereits sehr früh während seines Maschinenbaustudiums beschäftigt. Sein Praxissemester absolvierte Weber am Royal College of Surgeons in Irland, wo er einiges zum Thema Tissue Engineering lernte. Das Thema Hüftgelenkersatz hat ihn schließlich fünf Jahre lang beschäftigt. Dass er nun bei der Zollner Elektronik AG in einem völlig anderen Bereich tätig ist, hat seine Gründe: „In der Biomechanik sind quantitative Aussagen sehr schwierig. Ich wollte einfach wieder zurück zur klassischen Ingenieurskunst.“ Dadurch, dass er bei seiner Aufgabe für seinen neuen Arbeitgeber doch viel mit Materialwissenschaften zu tun habe, sei er aber weiterhin nah dran an der Forschung. Was ihm nun besonders zugute komme, sei, dass seine Promotion kumulativ abgelaufen ist, das heißt, Weber musste während der Promotion in Fachjournalen publizieren, damit er überhaupt zur Verteidigung seiner Dissertation zugelassen wurde. „So habe ich gelernt, in definierten Schritten vorzugehen. Und das Positive ist, dass Zwischenerfolge sichtbar werden.“ Schritt für Schritt hat sich Tim Weber zu seinem Dokortitel vorgearbeitet, nun fasst er Fuß in der industriellen Arbeitswelt. Der Sprung von der Wissenschaft in die Wirtschaft ist geglückt – auch dank einer sehr anwendungsbezogenen Promotion, die bei Experten auf großes Interesse gestoßen ist: Auf insgesamt neun Fachkonferenzen konnte Dr. Tim Weber seine Untersuchungen vorstellen.



Machen Sie die Zukunft sichtbar

Kleine Chips, große Wirkung: Heute schon sorgt in rund der Hälfte aller Pässe und Ausweise weltweit ein Infineon Sicherheitscontroller für den Schutz Ihrer Daten. Gleichzeitig sind unsere Halbleiterlösungen der Schlüssel zur Sicherheit von übermorgen. So machen wir die Zukunft sichtbar.

Was wir dafür brauchen? Ihre Leidenschaft, Kompetenz und frische Ideen. Kommen Sie zu uns ins Team! Freuen Sie sich auf Raum für Kreativität und Praxiserfahrung mit neuester Technologie. Egal ob Praktikum, Studienjob oder Abschlussarbeit: Bei uns nehmen Sie Ihre Zukunft in die Hand.

Für Studierende und Absolventen (w/m):

- > Ingenieurwissenschaften
- > Naturwissenschaften
- > Informatik
- > Wirtschaftswissenschaften



www.infineon.com/karriere



charta der vielfalt



www.osram-os.com

Spektakuläre Lichtinstallation am historischen Regensburger Salzstadel – realisiert mit den innovativen Produkten von OSRAM Opto Semiconductors.

Licht ist Ihre Zukunft

Beginnen Sie eine strahlende Karriere

OSRAM Opto Semiconductors ist einer der weltweit führenden Hersteller optoelektronischer Halbleiter. Wir bieten Praktika, Werkstudententätigkeiten sowie Abschlussarbeiten an, um Theorie und Praxis zu verknüpfen. Sichern Sie sich von Anfang an einen Vorsprung.

Mehr Infos unter: www.osram-os.com/career

Licht ist OSRAM

OSRAM
Opto Semiconductors

ABGESCHLOSSENE PROMOTIONEN 2015

Ulrich Bauer

Studiengang: Diplom Mathematik
 Studienort: OTH Regensburg
 Titel der Promotion: Conformal Mappings onto Simply and Multiply Connected Circular Arc Polygon Domains
 Kooperierende Universität: Universität Würzburg
 Betreuung an der OTH Regensburg: Prof. Dr. Wolfgang Lauf

Tobias Braun

Studiengang: Master Maschinenbau
 Studienort: OTH Regensburg
 Titel der Promotion: Reduzierung limitierter Schadstoffe und der CO₂-Emission bei Pkw-Dieselmotoren
 Kooperierende Universität: TU München
 Betreuung an der OTH: Prof. Dr. Hans-Peter Rabl

Florian Dams

Studiengang: Master Electrical and Microsystems Engineering
 Studienort: OTH Regensburg
 Titel der Promotion: Mikrotechnologische Strukturen zur Bestimmung druckabhängiger Gaseigenschaften für Anwendungen in der Vakuummesstechnik
 Kooperierende Universität: Universität Kiel
 Betreuung an der OTH: Prof. Dr. Rupert Schreiner

Tim Weber

Studiengang: Diplom Maschinenbau
 Studienort: OTH Regensburg
 Titel der Promotion: The Biomechanical Outcome after Total Hip Replacement. Quantitative Biomechanical Evaluation of Computer-Assisted Femur First Total Hip Replacement
 Kooperierende Universität: University Medical Center Groningen, Niederlande
 Betreuung an der OTH: Prof. Dr. Sebastian Dendorfer

Franz Wilhelm

Studiengang: Master Maschinenbau
 Studienort: OTH Regensburg
 Titel der Promotion: Thermomechanisches Ermüdungsverhalten rheniumhaltiger Nickelbasis-Superlegierungen
 Kooperierende Universität: Universität Bayreuth
 Betreuung an der OTH: Prof. Dr. Joachim Hammer

Helge Zinner

Studiengang: Master Elektro- und Informationstechnik
 Studienort: HS Coburg
 Titel der Promotion: Vernetzung heterogener Feldbusse auf Basis des Standards Ethernet Audio Video Bridging
 Kooperierende Universität: TU Ilmenau
 Betreuung an der OTH Regensburg: Prof. Dr. Markus Kucera, Prof. Dr. Thomas Waas

NACHTRAG ZU 2014

Michael Bauhuber

Studiengang: Diplom Mikrosystemtechnik
 Studienort: OTH Regensburg
 Titel der Promotion: Entwicklung einer Messzelle auf Siliziumbasis mit langer Wegstrecke für die UV/VIS Spektroskopie
 Kooperierende Universität: Universität Kiel
 Betreuung an der OTH Regensburg: Prof. Dr. Alfred Lechner

Laufende Promotionen	79
Nach Fakultäten	
Architektur	5
Allgemeinwissenschaften und Mikrosystemtechnik	9
Bauingenieurwesen	6
Betriebswirtschaft	4
Elektro- und Informationstechnik	13
Informatik und Mathematik	19
Maschinenbau	20
Angewandte Sozial- und Gesundheitswissenschaften	3
Partnerhochschulen	
Universitäten in Bayern	38
davon Universität Regensburg	9
Universitäten in anderen Bundesländern	32
Universitäten im Ausland	9

Die intensive Erforschung magneto-aktiver Polymere begann an der OTH Regensburg mit dem kooperativen Projekt MagElaN (Rabindranath et al., 2011), das zusammen mit dem Fraunhofer-Institut für Siliciumforschung ISC in Würzburg durchgeführt wurde. Die Mechatronics Research Unit wurde für diese Leistungen 2011 mit dem Edmund-Bradatsch-Preis ausgezeichnet. In den Jahren 2014 und 2015 führten internationale Kollaborationen zu den Folgeprojekten Dymes und TEEMAP. Dymes (Dynamische Regelung von mechatronischen Systemen mit steuerbaren, intelligenten Elastomeren) war als vom BMBF gefördertes kollaboratives Projekt angesetzt, TEEMAP (ThermoElektrische Eigenschaften MagnetAktiver Polymere) diente als Anbahnungsprojekt und wurde durch BayInt (An_OTHR_2015_143) gefördert. Beide Projekte wurden zusammen mit dem Fachbereich Polymerphysik der Physikfakultät, der Moscow Lomonosov State University (MSU), der Elektrotechnikfakultät der Moscow State Technical University of Radioengineering Electronics & Automation (MIREA) und des russischen Forschungsinstituts GNIChTEOS ausgeführt.

Während der Dymes- und TEEMAP-Projekte hatte die OTH Regensburg auch die Gelegenheit, Spitzenforscher aus Moskau einzuladen, und Professoren sowie Forschungsmitarbeiter der OTH Regensburg konnten im Gegenzug auch die Einrichtungen in Moskau besuchen. Junge Wissenschaftler von der MIREA und der MSU konnten hierbei auch zur Forschung an der OTH Regensburg beitragen, und Teile ihrer Arbeit beziehen sich auf die Entdeckung des Payne-Effekts in magneto-aktiven Polymeren (MAP) (Sorokin et al., 2014).

Der Payne-Effekt ist bei kohlenstoffreichem Naturkautschuk und ähnlichen Kompositmaterialien bereits bekannt (Payne, 1962) und lässt sich auf eine dehnungsabhängige Adsorption/Desorption von Kettenabschnitten des Polymers am Füllstoff zurückführen, wohingegen das Auftreten des Payne-Effekts in MAP noch neu ist (Sorokin et al., 2014).

Die meisten MAP sind elastomerisch oder gelartig, haben nur geringen Inhalt an magnetischen Materialien und eignen sich dadurch nicht für alle Forschungsbereiche. Hier wird deshalb hauptsächlich mit MAP einer höheren Dichte an magnetischen Teilchen (50 % bis 80 %) gearbeitet. Solche MAP sind zur Erforschung des Colossal Magnetorheological Response geeignet (Stoll et al., 2014).

Zwei Proben mit je 70 % Gewichtsanteil an isotrop verteilten magnetischen Teilchen sind in Abbildung 1 dargestellt. Mit einem Rheometer wurde eine zyklische mechanische Dehnung erzeugt und ein Magnetfeld durch eine Spule erzeugt, die mit 0 bis 5 A betrieben wurde. Abhängig von der magnetischen Permeabilität des MAP entspricht dies einer magnetischen Flussdichte von 0 bis 650 mT im Probenraum. Der Payne-Effekt offenbart sich in den Messungen als eine kleine Spitze im Verlustmodul bei steigenden Dehnungsamplituden.

In Abbildung 1 ist zu sehen, dass das Maximum des Verlustmoduls mit dem maximalen Abfall des Speichermoduls

übereinstimmt. An diesem Punkt ist der mechanische Verlust durch den Payne-Effekt maximal. Diese Ergebnisse wurden später durch Simulationen mit dem Software Package „Simulation-X“ unterstützt (Abbildung 2 a) (Kugler, 2015).

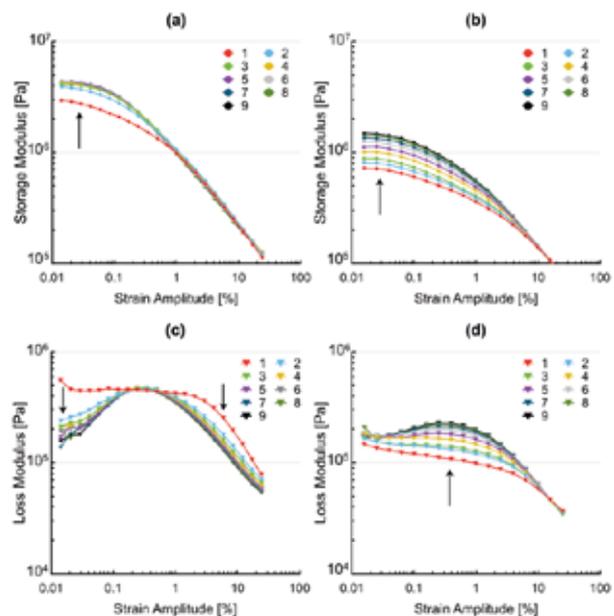


Abb. 1: Speichermodul und Verlustmodul mit und ohne Magnetfeld – zyklische Dehnung weich S-I-70 und hart H-I-70 MAP-Proben

Reproduced with kind permission of the Royal Society of Chemistry

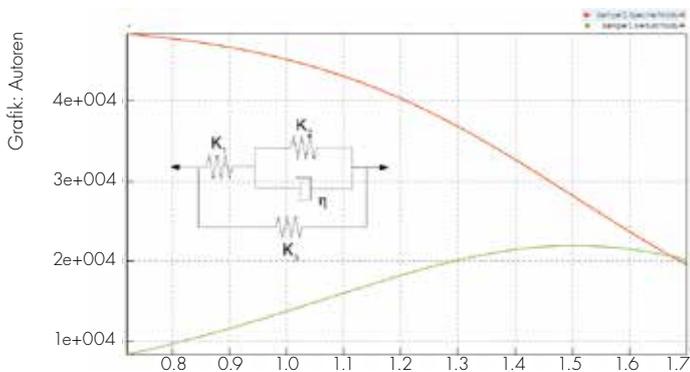


Abb. 2:

a) Simulation Speichermodul G' und Verlustmodul G'' mit Simulation-X (Kugler, 2015)

b) Extended Poynting-Thomson: viskoelastisches Modell für MAP-Simulation, Speichermodul und Verlustmodul

Dargestellt sind Speicher- und Verlustmodul und ein daraus resultierendes 4-Parametermodell, basierend auf dem Poynting-Thomson-Modell. Für magnetorheologische Flüssigkeiten wird das Herschel-Bulkley-Modell zwar häufig verwendet (Lee et al., 1999), jedoch ist dieses Modell für viskoelastische Körper nicht geeignet, weshalb viele Autoren versuchten, das Kelvin-Voigt-Modell und das erweiterte Maxwell-Modell anzupassen.

Das 4-Parametermodell (Abbildung 2 b) zeigt hier eine deutlich genauere Anpassung, basierend auf echten Messdaten. Diese Ergebnisse stimmen mit anderen wissenschaftlichen

ZUSAMMENFASSUNG

Die erfolgreiche Kooperation innerhalb dieser Projekte hat zu mehreren Abschlussarbeiten und Veröffentlichungen geführt. Darüber hinaus wurden weitere Forschungsanträge in der gleichen Fachrichtung eingereicht und bewilligt. Beispiele hierfür sind weiterer Projekte und die Untersuchung des dielektrischen Verhaltens von magnetischen Hybridmaterialien als Mitglied des DFG-Schwerpunktprogramms 1681.

DANKSAGUNG

Die Autoren möchten dem BMBF und der Bayerischen Forschungsallianz für die finanzielle Förderung danken, außerdem Prof. Dr. Mikhail Chamonine und dem Labor Sensorik für die wertvolle Zusammenarbeit in den oben genannten Projekten.

Arbeiten in diesem Forschungsfeld (zum Beispiel Li et al., 2010 und Wei et al., 2011) überein.

Weitere Forschungen im Rahmen der Kollaboration führten zu einer Analyse der Hysterese in weichen magneto-aktiven Polymeren mit unterschiedlichen Inhaltsanteilen an magnetischen Teilchen (Sorokin et al., 2015).

Literatur

Kugler, P.: Simulation X: Simulation magnetoaktiver Polymere. Bachelorarbeit, OTH-Regensburg, Juni 2015.

Lee, D.-Y., Wereley, N. M.: Quasi-Steady Herschel-Bulkley Analysis of Electro and Magneto-Rheological Flow Mode Dampers. In: Journal of Intelligent Materials, Systems and Structures, 1999, vol. 10 no. 10, S. 761–769.

Li, W. H., Zhou, Y., Tian, T. F.: Viscoelastic Properties of MR Elastomers under Harmonic Loading. In: Rheol Acta, 2010, 49, S. 733–740.

Rabindranath, R., Böse, H., Probst, J., Schlunck, G., Monkman, G. J.: EAP mit magnetisch steuerbarer Elastizität zur Interaktion mit Bindegewebszellen – MagElaN. BMBF Projekt (EAP 020), Juli 2011.

Stoll, A., Mayer, M., Monkman, G. J., Shamonin, M.: Evaluation of Highly Compliant Magneto-Active Elastomers with Colossal Magnetorheological Response. J. Appl. Polym. Sci., 131, doi: 10.1002/app. 39793, 2014.

Sorokin, V., Stepanov, G. V., Vasiliev, V. G., Kramarenko, E. Y., Mayer, M., Shamonin, M., Monkman, G. J.: Investigation of Dynamic Modulus and Normal Force of Magnetorheological Elastomers with Soft and Hard Magnetic Fillers. NANO 2014 Schedule, Section 06 – Polymer, Organic and Other Soft Matter Materials. Moscow 14. July 2014.

Sorokin, V., Ecker, E., Stepanov, G. V., Shamonin, M., Monkman, G. J., Kramarenko, E. Y., Khokhlov, A. R.: Experimental Study of the Magnetic Field Enhanced Payne Effect in Magnetorheological Elastomers. In: Soft Matter, Volume 10 Issue 43, 2014, S. 8765–8776.

Diermeier, A., Monkman, G. J.: Fabrication and Dynamic Properties of Magneto-Active Polymers Poster. ARC Conference, Technische Hochschule Nürnberg, Juli 2015.

Sorokin, V., Stepanov, G., Shamonin, M., Monkman, G. J., Khokhlov, A. R., Kramarenko, E. Y.: Hysteresis of the Viscoelastic Properties and the Normal Force in Magnetically and Mechanically Soft Magnetoactive Elastomers: Effects of Filler Composition, Strain Amplitude and Magnetic Field. In: Polymer, Volume 76, Elsevier, 12 October 2015, S. 191–202.

Wei, K., Bai, Q., Meng, G., Ye, L.: Vibration Characteristics of Electrorheological Elastomer Sandwich Beams. Smart Mater. Struct. 20, 2011.

Projektleitung

Prof. Dr. Gareth Monkman, PhD, M. Sc.
MRU Mechatronics Research Unit
gareth.monkman@oth-regensburg.de

MRU Projektmitarbeiter

Dirk Sindensberger, Dipl.-Phys. (Univ.)
dirk.sindensberger@oth-regensburg.de
Andreas Diermeier, B. Eng.
andreas.diermeier@oth-regensburg.de

KOMPAKTE ÜBERTRAGUNGSLEITUNG FÜR HOHE GLEICHSPANNUNGEN – Erfassung und Modellierung der Wechselwirkung Rohr/Boden und Langzeituntersuchungen an einer erdverlegten Versuchsanlage

16

Thomas Neidhart, OTH Regensburg
Dominik Wolfrum, OTH Regensburg

Die Umsetzung der Energiewende kann ohne zusätzliche Maßnahmen in Form neuer Stromtrassen nicht vollzogen werden. Verstärkt durch die öffentlichen Diskussionen wird nach unterirdisch verlegten Lösungen gesucht. Im Rahmen dieses Forschungsprojektes werden erdverlegte gasisolierte Übertragungsleitungen für hohe Gleichspannungen (kurz: DC CTL) untersucht. Durch die OTH Regensburg werden anhand umfangreicher Untersuchungen im Labor und im Feld die Wechselwirkung der DC CTL mit dem umgebenden Boden erforscht und die mechanischen Beanspruchungen des thermisch belasteten Rohrs berechnet. Als Bettungsmaterial werden fließfähige Verfüllbaustoffe, wie z. B. Flüssigboden, verwendet. Die Laborversuche und die erd- und rohrstatischen Berechnungen werden mittels Langzeituntersuchungen an einer Versuchsanlage mit direkt erdverlegten DC CTL-Rohrleitern verglichen und validiert. Der Langzeitversuch umfasst die Qualifizierung der typgeprüften Komponenten der DC CTL sowie den Verlegeprozess und den Betrieb. Die beiden Forschungsvorhaben „DC CTL“ und „DC CTL DBI“ werden durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) und von der Siemens AG, Erlangen, finanziell gefördert.

Ziel des Forschungsprojektes ist die Realisierung einer Technologie für eine besonders effiziente unterirdische Übertragung sehr großer Energiemengen bei hohen Gleichspannungen. Durch die hohen Ströme kommt es zu einer Erwärmung des Rohrs und demzufolge zu Dehnungen und Spannungen im Rohr. Im Rahmen des geförderten Forschungsvorhabens „DC CTL“ wird durch die OTH Regensburg das Bettungsmaterial untersucht und die statischen Grundlagen zur Dimensionierung einer DC CTL-Trasse ermittelt. Im parallel laufenden Fördervorhaben „DC CTL DBI“ wird zudem eine Versuchsanlage mit direkt erdverlegten DC CTL-Rohrleitern gebaut, an der durch die OTH Regensburg die axialen und radialen Dehnungen des Außenrohrs der DC CTL sowie die Temperatur- und Bodenfeuchte-Entwicklung um das Außenrohr herum im Flüssigboden und dem umgebenden Boden bis zur Geländeoberfläche messtechnisch bestimmt werden.

ROHRAUFBAU DER DC CTL

Nach aktuellem Stand hat das Rohr einen Außendurchmesser von etwa 600 mm und besteht aus einer Aluminiumlegierung. Zum Schutz des Außenrohrs ist dieses zusätzlich noch mit einer PEHD-Schicht ummantelt. In der Mitte des Rohrs ist der Stromleiter eingebaut und der Zwischenraum ist mit einem Isoliergas gefüllt. Der Leiter wird mittels Gießharz-/Epoxidharz-Isolatoren zentrisch gehalten.

Foto: Siemens AG

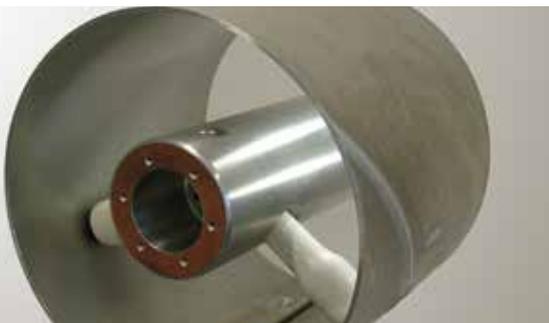


Abb. 1: Aufbau der gasisolierten Leitung

BEANSPRUCHUNG DES AUSSENROHRS

Für die erd- und rohrstatischen Bemessungen sowie für die Auslegung der Laborversuche ist die Definition der Beanspruchungen entscheidend. Die auftretenden Beanspruchungen sind der Rohrrinnendruck, der Erddruck und eine eventuell vorhandene Verkehrslast. Eine maßgebende Rolle spielt die thermische Belastung. Die Erwärmung des Rohrs beträgt nach aktuellem Stand bis zu 50 °C. Aufgrund der Erwärmung versucht das Rohr sich auszudehnen. Wird die Ausdehnung durch die Kontaktkräfte des Bodens behindert, kommt es zu Druckspannungen im Außenrohr, die je nach Position im Rohr variieren können. Sind die vom freien Rohrende aufsummierten Kontaktkräfte an der Kontaktfläche Boden-Rohr gleich groß wie die Kraft, die aus der behinderten Temperaturdehnung entsteht (Position 1, Abbildung 2), so tritt keine Verschiebung des Rohrs auf und die Spannung ist maximal (unter Vernachlässigung weiterer Beanspruchungen). An einem freien Rohrende (Position 2, Abbildung 2) sind die aufsummierten Kontaktkräfte minimal. Daraus folgt, dass die Ausdehnung an dieser Stelle maximal ist und keine Druckspannung im Rohr aufgrund der Temperaturbeanspruchung vorhanden ist. Somit sind für die Bemessung einer DC CTL-Trasse die Eigenschaften der Kontaktfläche Rohr-Boden von entscheidender Bedeutung, um die Größe der Spannungen und Verschiebungen zu ermitteln.

FLIESSFÄHIGE VERFÜLLBAUSTOFFE

Als Bettungsmaterial für die DC CTL kann z. B. Flüssigboden verwendet werden, der eine Untergruppe der zeitweise fließfähigen und selbstverdichtenden Verfüllbaustoffe (ZFSV) darstellt. Der Flüssigboden kann direkt auf der Baustelle aus dem örtlichen Bodenaushub unter Zugabe von Wasser, Zement und Compound hergestellt werden. Da der ausgehobene Boden direkt wieder verwertet wird, entspricht dieses Verfahren dem Sinn des Kreislaufwirtschaftsgesetzes und stellt zudem eine wirtschaftliche Lösung dar. Der Flüssigboden

wird ohne Verdichtungsarbeit um das Rohr eingefüllt und erreicht eine optimale Lagerung auch unter dem Rohr und an Rohrverzweigungen, an denen mit dem üblichen Bodeneinbau mit dem Einsatz von Verdichtungsgeräten die Verdichtung nur unter erschwerten Verhältnissen durchgeführt werden kann und der Grad der Verdichtung des Öfteren nicht optimal ist.

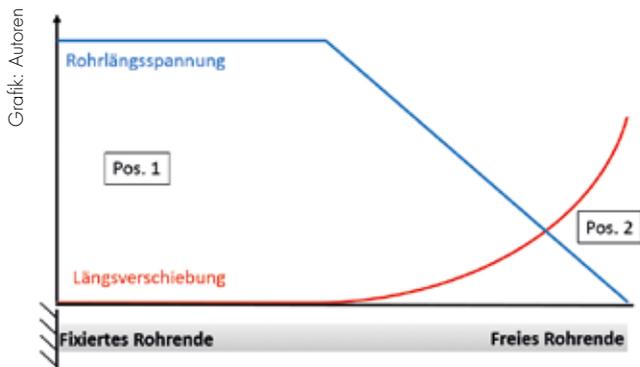


Abb. 2: Verformungs-/Spannungsverlauf einer erdverlegten Rohrleitung in Abhängigkeit der Rohrposition

LABORTECHNISCHE UNTERSUCHUNGEN

Um rohrstatische und geotechnische Berechnungen durchführen zu können und die Eigenschaften des Flüssigbodens zu ermitteln, sind diverse labortechnische Untersuchungen notwendig. Da die Refixierung des Flüssigbodens durch den Zement stark zeitabhängig ist, sind die Versuche mit einem Probenalter bis zu 224 Tagen durchzuführen. Wie bereits unter der Beanspruchung des Außenrohrs beschrieben, ist die Kontaktfläche zwischen Rohr und Boden von entscheidender Bedeutung. Zur Bestimmung der Kontaktkräfte unter unterschiedlichen Beanspruchungen werden Stabscherversuche und Kontaktflächenscherversuche durchgeführt, die beide im Labor für Geotechnik an der OTH Regensburg entwickelt wurden. Bei den Stabscherversuchen (ReSIST) werden klein-

maßstäbliche Modellrohre (Durchmesser 40 mm) in Spezialbehältern gegen den Flüssigboden abgesichert, womit die tangentialen Haft- und Scherfestigkeiten ermittelt werden. Bei den Kontaktflächenscherversuchen (RIST = Regensburg Interface Shear Test) werden Flüssigbodenproben gegen einen PEHD-Ring (Durchmesser 70 mm) in einem Kontaktflächenschertester abgesichert. Dadurch kann z. B. das abkühlungsbedingte, gleichzeitige Zusammenziehen in axialer und radialer Richtung simuliert werden. Zusätzlich wird an der OTH Regensburg ein Großversuch aufgebaut, in dem Versuche im Maßstab 1:1 durchgeführt werden können. Dabei werden 6 m lange Rohre mittels hydraulischer Pressen durch einen mit Flüssigboden gefüllten Versuchskasten geschoben.

ROHRSTATISCHE UNTERSUCHUNGEN

Anhand der im Labor gewonnenen Ergebnisse über die Eigenschaften des Flüssigbodens als Bettungsmaterial werden unter anderem mit einem Finite-Elemente-Programm die Versuche nachgebildet und die Bodenparameter für den Flüssigboden angepasst. Mit diesem Bodenmodell werden dann größere Rohrstrecken (bis zu 150 m Rohrlänge) berechnet und die Boden-Rohr-Interaktion analysiert.

ERDVERLEGTE VERSUCHSANLAGE

Zusätzlich zum Forschungsprojekt „DC CTL“ wird im Projekt „DC CTL DBI“ eine Versuchsanlage in Griesheim bei Darmstadt gebaut. Seitens der OTH Regensburg werden an dem Rohr die Verschiebungen und Verformungen sowie die Temperatur und Bodenfeuchte um das Rohr herum im Flüssigboden sowie im umgebenden Boden bis hin zur Geländeoberfläche gemessen. Diese Rohrstrecke wird mit den zuvor gewonnenen Erkenntnissen mit einem Finite-Elemente-Programm modelliert und berechnet. Die somit berechneten Verformungen werden dann mit den gemessenen Verformungen des Rohrs verglichen und validiert.

Projektleitung

Prof. Dr.-Ing. Thomas Neidhart +49 941 943-1366
Labor für Geotechnik
thomas.neidhart@oth-regensburg.de

Projektmitarbeiter

Doris Wiesinger, M. Eng.
Dominik Wolfrum, M. Eng.

Geldgeber

- DC CTL: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)
- DC CTL DBI: Siemens AG, gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)

Kooperationspartner

- Siemens AG, Energy Management Division, Erlangen
- TU Berlin
- HTW Dresden
- DC CTL DBI: zusätzlich TU Darmstadt

Projektlaufzeit

- DC CTL: 39 Monate
- DC CTL DBI: 36 Monate

Projektsummen an der OTH Regensburg:

- DC CTL: 483.000 €
- DC CTL DBI: 300.879,60 €

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

ROHSTOFF KOHLENSTOFFDIOXID

Nutzung von CO₂-Strömen zur Verbreiterung der Rohstoffbasis chemischer Erzeugnisse

Michael Sterner, FENES, OTH Regensburg
 Michael Heberl, FENES, OTH Regensburg
 Robert Nusko, rent a scientist GmbH
 Georg Maier, rent a scientist GmbH

18

Projektziel ist die Entwicklung wirtschaftlich relevanter Verfahren zur elektrochemischen CO₂-Reduktion unter Einsatz von nanometallischen Gerüststrukturen. Projekthintergrund ist das zukünftig geringere Vorkommen an günstigen Kohlenwasserstoffen als Rohstoffbasis für chemische Erzeugnisse. Die Erschließung der Rohstoffquelle CO₂ unter Nutzung vorhandener CO₂-Ströme und erneuerbarer Energie ist eine vordringliche Aufgabe unserer Zeit. Die rent a scientist GmbH synthetisiert verschiedene Nanomaterialien und stellt daraus Katalysatorstrukturen für den Einsatz in einer Elektrolysezelle her. Die Forschungsstelle Energienetze und Energiespeicher (FENES) führt die elektrochemischen Messungen, den Aufbau der Elektrolysezelle und die Charakterisierung der Zelle durch.

Erneuerbarer Strom aus Photovoltaik und Windenergie stellt die günstigste Form der Stromerzeugung in neuen Anlagen dar. Ihr größter Nachteil ist die naturgegebene, wetterbedingte Schwankung. Aus diesem Grunde ist die Energiespeicherung von elementarer Bedeutung. Um im Stromsystem längere Zeiträume von mehreren Wochen Windflauten zu überbrücken oder fossile Energieträger im Bereich Mobilität und chemischer Industrie zu ersetzen, führt aus heutiger Sicht kein Weg an der chemischen Energiespeicherung vorbei. Nur sie bringt sowohl die erforderlichen Energiedichten und Flexibilität in Form von chemischen Energieträgern als auch geringe Kosten der Energiespeicherung über längere Zeiträume mit sich.¹ Kern der Wandlung von Elektrizität in chemische Energieträger ist die Elektrochemie bzw. die Elektrolyse. Insbesondere die alkalische Elektrolyse und die Polymer-Elektrolyt-Membran-Elektrolyse sind weit verbreitet.

Zur Nutzbarmachung von Kohlenstoffdioxid CO₂ als sinnvolle Rohstoffquelle ist eine chemische Reduktion erforderlich. Im Rahmen des Projektes „Rohstoff Kohlenstoffdioxid“ wurden

Katalysatoren für die elektrochemische CO₂-Reduktion zu Kohlenstoffmonoxid CO hergestellt und charakterisiert. Ausgangsmaterial für die Herstellung ist eine Silbernanodrahtdispersion, produziert von der rent a scientist GmbH.² Silber ist prinzipiell gut geeignet um CO₂ elektrochemisch zu CO mit hoher Selektivität umzuwandeln.³ CO dient neben Wasserstoff als Edukt bei der großtechnischen Herstellung von Grundchemikalien wie Kohlenwasserstoffen, diversen Alkoholen, Ether, Ketone/Aldehyden oder auch Ameisensäure. Diese Grundchemikalien werden in industriell ausgereiften Verfahren wie z. B. der Fischer-Tropsch-Synthese hergestellt, bei der unter Druck und Temperatur an Eisen-/Cobalt-Katalysatoren CO und H₂ zu höheren Alkanen umgesetzt werden.

In einem chemischen Prozess wurden aus den Silbernanodrähten vliesähnliche Strukturen hergestellt, die für den Einsatz in verschiedenen Testzellen präpariert wurden. In Abbildung 1 ist eine Rasterelektronenmikroskopie-Aufnahme der Oberfläche eines Silbernanodrahtkatalysators zu sehen. Die Silbernanodrähte bilden bei diesem chemischen Prozess ein

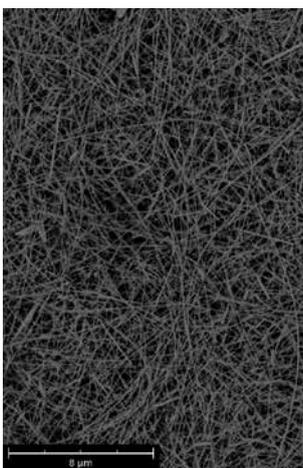


Abb. 1: Rasterelektronenmikroskopie-Aufnahme der Oberfläche eines Silbernanodraht-Katalysators

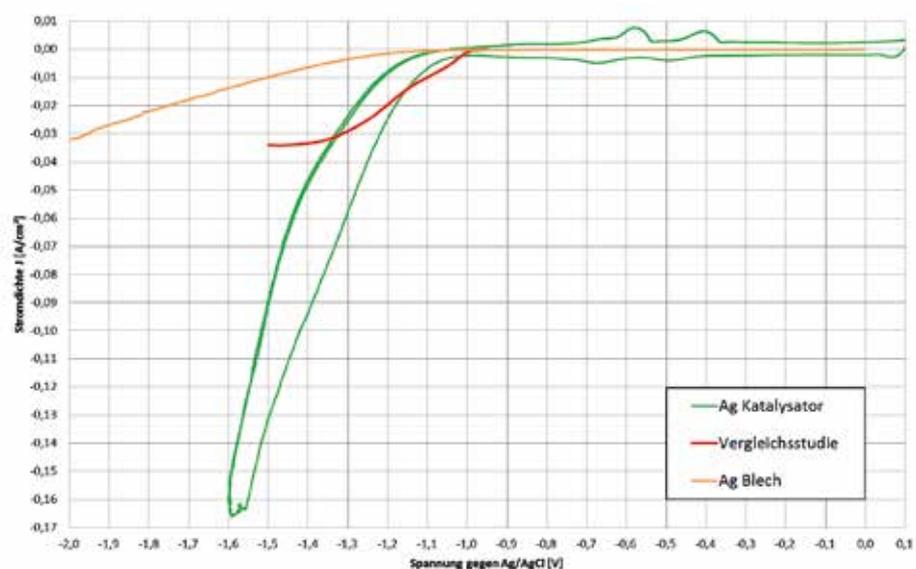


Abb. 2: Cyclovoltammogramm eines Silberblechs (orange), eines Silbernanodrahtkatalysators (grün) und einer Vergleichsstudie (rot) im Vergleich

Abbildungen: Autoren

leitfähiges Netzwerk aus. Die einzelnen Drähte sind jeweils an mehreren Stellen miteinander punktuell verbunden und bilden ein 3-dimensionales Netzwerk aus. Die Drähte besitzen eine Dicke von 40 bis 70 nm und eine Länge von 10 bis 40 μm . Eine Rasterelektronenmikroskopie-Aufnahme des Querschnittes der Silbernanodrahtstrukturen zeigt eine homogene Verteilung und eine Quervernetzung der Drähte innerhalb der Proben. Mittels EDX-Analyse (energy dispersive X-Ray spectroscopy) konnte die Materialzusammensetzung der Katalysatoren untersucht werden. So konnte verifiziert werden, dass keine unerwünschten Reaktionsprodukte aus der Herstellung im Katalysator enthalten sind.

Die Zellen bzw. der Messaufbau zur Charakterisierung der elektrochemischen Eigenschaften der Silbernanodrahtkatalysatoren sind stark an die alkalische Elektrolyse angelehnt. Die Messungen wurden in Kaliumhydrogencarbonat KHCO_3 -Lösungen unter konstantem CO_2 -Strom durchgeführt. Erste Versuche im Labormaßstab liefen stationär in einer Paint-Test-Cell ab, in der Proben von 1 cm^2 gegen einen Platindraht und eine Referenzelektrode gemessen wurden. Hier konnten die elektrochemischen Eigenschaften der Silberstrukturen genau bestimmt werden. Der Übergang zu einem realen System wurde durch eine kleine Durchflusszelle erleichtert. In der Zelle konnten Proben von einigen cm^2 unter Elektolytdurchfluss besonders auf die mechanische Stabilität im strömenden System getestet werden. Der finale Schritt war der Einsatz von Katalysatoren mit bis zu 25 cm^2 in einer realitätsnahen Elektrolysezelle (C-Flow LAB cell).

Zur Durchführung der Messungen wurden ein Autolab PGSTAT201 und ein Autolab PGSTAT302N mit 20 A Booster verwendet. Ein Potentiostat kann als präzise Gleichspannungsquelle und gleichzeitig als Volt- bzw. Amperemeter dienen. Als Messmethode wurde zur Bestimmung der Widerstände, insbesondere zwischen den Elektroden, die Impedanzspektroskopie durchgeführt. Mittels Cyclovoltammetrie und Linear-Sweep-Voltammetrie konnten die elektrochemischen Eigenschaften der Katalysatoren im jeweiligen Spannungsbereich bestimmt werden. Die Langzeitstabilität wurde via Chronoamperometrie bei Messungen über längere Zeiträume untersucht.

In Abbildung 2 sind die Cyclovoltammogramme eines Silberblechs (orange), eines Silbernanodrahtkatalysators (grün) und eines nanoporösen Silbers (Vergleichsstudie⁴, rot) gegenübergestellt. Die Messungen wurden für einen ersten Vergleich der Strukturen in einem statischen Zelldesign durch-

geführt. Um aussagekräftige Ergebnisse zu generieren, wurde der Spannungsbereich zwischen 0 und -2 V mehrmals abgefahren, wobei nur ein Durchgang für die graphische Darstellung gewählt wurde. Die Silbernanodrahtkatalysatoren erreichen mit einer Stromdichte von -130 mA/cm^2 das 13-fache des Silberblechs mit 10 mA/cm^2 und fast das 4-fache des Katalysators aus der Vergleichsstudie mit 35 mA/cm^2 bei einer Spannung $-1,5 \text{ V}$ vs. Ag/AgCl . Die deutlich erhöhte Stromdichte ist auf die vergrößerte Fläche des Katalysators durch die eingesetzten Silbernanodrähte zurückzuführen. Die Silbernanodrahtstrukturen besitzen demzufolge Potenzial, um als vielversprechender Katalysator in der elektrochemischen CO_2 -Reduktion eingesetzt werden zu können. Weitere Untersuchungen zur Wirtschaftlichkeit sind daher empfehlenswert.

Literatur

- 1 Sterner, M., Stadler, I.: *Energiespeicher – Bedarf, Technologien, Integration*. Heidelberg, Dobrecht, London, New York: Springer Vieweg, 2014.
- 2 Maier, G., Nusko, R., Kaiser, T.: *Verfahren zur Herstellung von Silbernanodrahten*. DE102010017706B4, 2012.
- 3 Hori, Y.: *Electrochemical CO_2 Reduction on Metal Electrodes*. *Modern Aspects of Electrochemistry*. Number 42, edited by C. Vayenas et al., Springer, New York, 2008, S. 89–189.
- 4 Lu, Q. et al.: *A Selective and Efficient Electrocatalyst for Carbon Dioxide Reduction*. *Nat. Commun.*, 5:3242 doi, 10.1038/ncomms4242, 2014.

Projektleitung

Prof. Dr.-Ing. Michael Sterner
Forschungsstelle Energienetze und Energiespeicher (FENES)
michael.sterner@oth-regensburg.de

Projektmitarbeiter

Dr. Hannes Krüger, rent a scientist GmbH
hannes.krueger@rent-a-scientist.com
Dr. Robert Nusko, rent a scientist GmbH

Michael Heberl, B. Eng.
Forschungsstelle Energienetze und Energiespeicher (FENES)
michael.heberl@oth-regensburg.de

Geldgeber

Bayerische Forschungstiftung, München

Kooperationspartner

- FENES
- rent a scientist GmbH

Projektlaufzeit

9 Monate

Fördersumme

49.600 €

POWER-TO-GAS MIT BIOLOGISCHER METHANISIERUNG

Power-to-Biogas

Michael Sterner, FENES, OTH Regensburg
 Andreas Hofrichter, FENES, OTH Regensburg
 Klaus Nagl, FENES, OTH Regensburg
 Monika Reuter, MicrobEnergy GmbH

20

In der Energiewende werden Energiespeicher zur Notwendigkeit. Insbesondere Langzeitspeicher wie Power-to-Gas werden zur Überbrückung von mehrwöchigen Windflauten benötigt. Zudem können über diesen Weg Wind- und Solarenergie in Form von Brenn- und Kraftstoffen für den Wärmemarkt und die Mobilität eingesetzt werden. Zur Weiterentwicklung des Verfahrens integriert die MicrobEnergy GmbH, eine Tochter der Viessmann Group, eine biologische Methanisierung inklusive Elektrolyse in eine Verbandskläranlage.

Die Forschungsstelle Energienetze und Energiespeicher (FENES) ermittelt in diesem Vorhaben Gesamtwirkungsgrade sowie Energie- und Klimabilanzen und erarbeitet auf Basis von Strommarktmodellen und Regelleistungsdaten Geschäftsmodelle. Daraus wird der volkswirtschaftliche Beitrag von Power-to-Biogas zur Energiewende abgeleitet.

Im Zuge der Energiewende werden Langzeitenergiespeicher zur Notwendigkeit, wie aus einer Vielzahl von Untersuchungen, wie etwa der von FENES für die Agora Energiewende erstellten Studie „Stromspeicher in der Energiewende“, hervorgeht.¹

Power-to-Gas (PtG) ist eine Technologie der Langzeitspeicherung. Sie erschließt über eine technische Nachbildung der Photosynthese die erheblichen Speicherkapazitäten der Gasinfrastruktur in Form von Kavernen und Porenspeichern.⁶ Allerdings ist die Technologie noch nicht vollständig ausgereift und mit Abgaben belastet, die eine Wirtschaftlichkeit in Deutschland erschweren. Daraus leitet sich die Erfordernis einer weiterführenden Forschung und Entwicklung zur Marktreife und weiteren Geschäftsmodellen ab.

MicrobEnergy GmbH befasst sich mit dieser Problematik, wobei sich die Viessmann-Tochter auf die mikrobielle Verfahrenstechnik zur Erzeugung von Methan fokussiert. Im Zuge des sich daraus ableitenden Vorhabens sind Systemkonzepte ausgearbeitet worden, bei welchen die Integration von Power-to-Biogas (PtB) in eine Verbandskläranlage stattfindet. Die technischen, ökonomischen und ökologischen Eigenschaften des Anlagenkonzeptes werden dabei durch die Realisierung einer Pilotanlage ermittelt bzw. verifiziert. FENES unterstützt die MicrobEnergy GmbH bei diesem Projekt zum einen durch eine unabhängige bilanzielle Analyse der installierten Anlage auf Basis von durchgeführten Messungen und Dokumentationsunterlagen. Zum anderen erfolgt von der Forschungsstelle FENES die Ausarbeitung und Untersuchung von potenziellen Geschäftsmodellen sowie des volkswirtschaftlichen Beitrags.

PROZESSBESCHREIBUNG POWER-TO-BIOGAS

Der Begriff Power-to-Biogas (PtB) leitet sich von dem am ZSW Stuttgart und Fraunhofer IWES entwickelten Power-to-Gas Verfahren ab, in dem es mit Biogas-Anlagen kombiniert und um die Komponente der biologischen Methanisierung erweitert wird. Für den Prozess der Elektrolyse kommt in diesem

Projekt die PEM-Technologie zum Einsatz. In der biologischen Methanisierung werden Mikroorganismen verwendet, welche zumeist aus der Domäne der Archaeen stammen. Diese Bakterien wandeln – analog zur chemischen Methanisierung – den vom Elektrolyseur hergestellten Wasserstoff zusammen mit Kohlendioxid zu Methan um. Derartige Prozesse finden in der Regel bei Temperaturen von 30 bis 70 °C und Drücken von weniger als 10 bar statt.² Dabei lassen sich unter Voraussetzung einer geringen Belastung des Reaktors und ohne eine zusätzliche Gasaufbereitung Methananteile von mehr als 98 % im Produktgas erreichen.⁵ Von besonderem Vorteil bei diesem Verfahren ist auch die Toleranz gegenüber Spurenkomponenten wie Schwefelwasserstoff oder Ammoniak.² Problematisch gestaltet sich allerdings die gegenüber der chemischen Methanisierung deutlich größere Reaktordimension um Faktor 10 bis 100.²

Aktuell bietet sich die biologische Methanisierung vor allem für einen Einsatz bei kleinen Anlagen und bei vorhandenen Gasunreinheiten in den Eingangsströmen an.²

SYNERGIEN VON POWER-TO-BIOGAS MIT EINER VERBANDSKLÄRANLAGE

Synergetische Effekte liegen bei einer Integration von Power-to-Biogas in eine Kläranlage vor allem dann vor, wenn eine anaerobe Schlammstabilisierung vorhanden ist. Bei dieser erfolgt eine Erzeugung von Klärgas aus Klärschlamm über biologische Prozesse. Daraus resultiert ein Produktgas, welches sich aus etwa 50 bis 71 % Methan und ca. 29 bis 50 % Kohlendioxid zusammensetzt.³ Das enthaltene CO₂ verbleibt in der Regel ungenutzt und wird unter Umständen sogar mittels einer Gasaufbereitung entfernt. Demgegenüber kann bei Einbindung von PtB eine lokale Nutzung des CO₂ erfolgen.

Ein weiterer Vorteil ist, dass keine baulichen Aufwendungen für die Konstruktion eines Reaktors erforderlich sind, da die vorhandenen Faultürme der Kläranlage hierfür genutzt und auch andere bereits vorhandene Komponenten (z. B. Um-

wälzpumpe) mit in die Prozesskette eingebunden werden können. Daher lassen sich bei diesem Konzept gegenüber alternativen PtB-Verfahren Einsparungen bei den Investitions- und Betriebskosten sowie eine Verbesserung der Anlageneffizienz erwarten.

VORSTELLUNG DES GRUNDSÄTZLICHEN SYSTEMKONZEPTE

Die praktische Umsetzung des Projektes erfolgt an der Verbandskläranlage Schwandorf-Wackersdorf durch die MicroEnergy GmbH. Dort wird ein PEM-Elektrolyseur mit einer Wasserstoffproduktionsrate von 30 Nm³/h inklusive aller anderen für die Wasserstofferzeugungseinheit benötigten Komponenten (z. B. Wasseraufbereitung, Kühleinrichtung etc.) in das bestehende Verfahren der anaeroben Schlammstabilisierung integriert.⁴ Priorität in dieser Versuchsanlage hat dabei eine Untersuchung von verschiedenen Mischsystemen bzw. Verteilungskonzepten, um eine Optimierung der Wasserstoffdispersion im Klärschlamm zu erreichen.

Die prinzipielle Funktionsweise des ausgearbeiteten Systemkonzeptes ist in Abbildung 1 als Ablaufschema dargestellt. Aktuell befindet sich das Projekt in der Endphase. Da eine Veröffentlichung der Ergebnisse jedoch erst zu einem späteren Zeitpunkt erfolgt, können an dieser Stelle keine konkreten Angaben hierzu veröffentlicht werden.

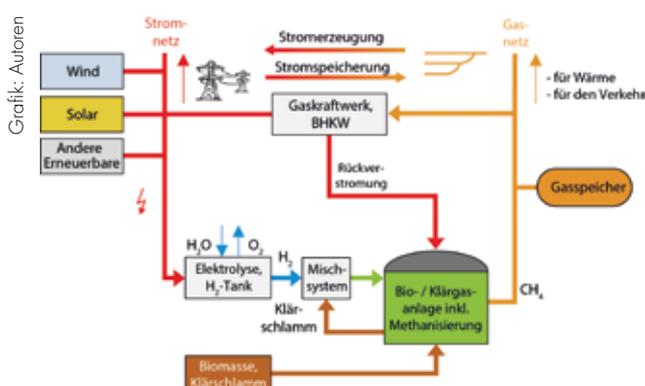


Abb. 1: Funktionsschema des Konzeptes Power-to-Bio-gas (PtB) inklusive regenerativer Stromquellen und Weiterverwendungsmöglichkeiten des erzeugten Produktgases ([6] modifiziert)

POTENZIAL DES SYSTEMKONZEPTE

Deutschlandweit existieren derzeit etwa 11.000 Kläranlagen relevanter Größe.⁵ Diese produzieren jährlich etwa 300 Mio. m³ Kohlendioxid,⁵ worüber sich im Rahmen einer theoretischen Betrachtung maximal etwa 3,3 TWh/a an Energie in Form von Methan speichern lassen. Analog hierzu können auch in Biogasanlagen, von denen in Deutschland ca. 7.500 existieren,⁵ die entwickelten Systemkonzepte eingesetzt werden. Insgesamt findet bei der Biogaserzeugung eine jährliche Produktion von etwa 5,3 Mrd. Nm³ Kohlendioxid statt. Wäre an jeder dieser Einrichtungen eine PtB-Anlage mit einer durchschnittlichen Betriebszeit von 2000 h/a vorgesehen, so ließe sich jährlich Energie von ca. 13,4 TWh in Form von Methangas speichern.⁵ Bei einem angenommenen Einspeicherungswirkungsgrad von 40 % und ohne Berücksichtigung der möglichen Nutzung von Nebenprodukten kann darüber eine potenzielle Strom(überschuss)aufnahme in Klär- und Biogasanlagen von ca. 41,8 TWh abgeleitet werden.

Literatur

- 1 Agora Energiewende. Stromspeicher in der Energiewende, Berlin. 2014.
- 2 Bär, K. et al. 2015. Vergleich der biologischen und katalytischen Methanisierung für den Einsatz bei PtG-Konzepten.
- 3 DWA-Regelwerk. DWA, Hennef. 2014.
- 4 Proton OnSiteHOGEN® C Series. Hydrogen Generation Systems, 10 Technology Drive, Wallingford, CT 06492. 2011.
- 5 Reuter, M. Power-to-Gas: Biological Methanization. First Fieldproject at a Municipal Sewage Plant. Berlin. 2013.
- 6 Sterner, M., Stadler, I. Energiespeicher – Bedarf, Technologien, Integration. Springer Berlin, Berlin. 2014.

Projektleitung an der OTH Regensburg

Prof. Dr.-Ing. Michael Sterner +49 941 943-9888
Forschungsstelle Energienetze und Energiespeicher (FENES)
michael.sterner@oth-regensburg.de

Projektleitung bei MicroEnergy GmbH

Dr. Monika Reuter +49 9431 751-139
monika.reuter@microenergy.com

Projektmitarbeiter

Andreas Hofrichter, M. Sc., FENES, OTH Regensburg
Klaus Nagl, Dipl.-Phys., FENES, OTH Regensburg

Geldgeber

Bayerisches Förderprogramm BayINVENT

Kooperationspartner

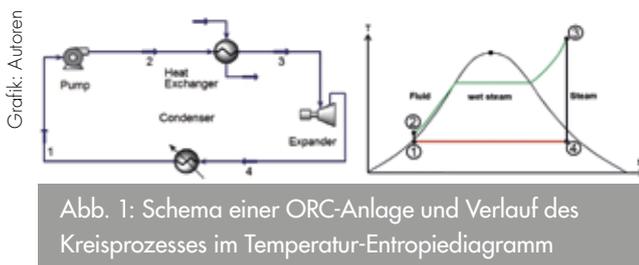
- FENES, OTH Regensburg
- MicroEnergy GmbH
- Zweckverband Verbandskläranlage Schwandorf-Wackersdorf

ABWÄRMENUTZUNG VON VERBRENNUNGSKRAFTMASCHINEN DURCH ORGANIC RANKINE CYCLE

Im Zuge der Energiewende wird auf die Neu- und Weiterentwicklung von Technologien bzw. von bis dato nicht betrachteten Technologien (Photovoltaik, Windkraft, Brennstoffzellen) gesetzt. Eine Alternative dazu ist die Effizienzsteigerung bestehender Energiewandlungssysteme. Diese Möglichkeit kann deutlich ressourcenschonender und schneller umgesetzt werden als die Entwicklung und Etablierung neuer Technologien.

Seit der Entdeckung der Möglichkeit, Wärme in Bewegung umzuwandeln, wurden diverse Kreisprozesse entwickelt, wie beispielsweise der Seiliger-Prozess von 1922 (Ottomotoren), ca. 1852 der Joule-Prozess (Gasturbine) und der Rankine-Prozess (Dampfturbine). Sie alle eint der Einsatzzweck, nämlich die Umwandlung von thermischer in mechanische Energie. Ein bestimmter Anteil der eingesetzten Wärme wird immer ungenutzt an die Umgebung abgegeben. Das Temperaturniveau der Wärmeabgabe ist dabei deutlich geringer als das der Wärmezufuhr, was das Nutzungspotenzial deutlich einschränkt. Genau diese Niedertemperaturwärme nutzt der Organic Rankine Cycle (ORC). Er realisiert die Anpassung etablierter Technik (Rankine Cycle), die seit mehr als einem Jahrhundert in den Dampfturbinen von Kohle- und Atomkraftwerken eingesetzt wird. Durch Austausch des Arbeitsmittels Wasser durch organische Fluide kann der ORC bereits bei sehr niedrigen Temperaturen Wärme aufnehmen und verwerten.

Ein besonders großes Potenzial bietet die Nutzung der Abwärme von Motoren in Vehikeln wie LKWs, Frachtschiffen oder Blockheizkraftwerken. Ihr Stellenwert im Welthandel macht sie zu maßgeblichen Brennstoffverbrauchern. Inhalt des Forschungsprojektes ist die Untersuchung der optimalen ORC-Prozessintegration in eine Wärmekraftmaschine sowie der nutzbaren Energiemengen bzw. der maximal möglichen Brennstoffersparnis. Zu diesem Zweck soll eine Testanlage konzipiert und aufgebaut werden, die einen Fahrzeugmotor und eine ORC-Anlage kombiniert.



FUNKTIONSWEISE DES ORGANIC RANKINE CYCLE

Ziel dieses Kreisprozesses ist die Umwandlung von thermischer in mechanische (kinetische) Energie. Im Falle des Rankine Cycle, wie er in Dampfkraftwerken eingesetzt wird, soll die zugeführte Wärme (entstanden durch Verbrennung oder auch Kernspaltung) in kinetische Energie (Rotation der Turbine) umgewandelt werden. Zu diesem Zweck wird Wasser, nach einer Druckerhöhung in der Pumpe, verdampft. Der heiße Dampf, der nun über ein größeres spezifisches Volumen bei hohem Druck verfügt, verrichtet nun an den Schaufelrädern der Turbine Arbeit. Dabei sinken der Druck und folglich auch die Temperatur. Dem abgekühlten Niederdruckdampf wird nun im Kondensator solange Wärme entzogen, bis er vollständig verflüssigt ist und wieder der Pumpe zugeführt werden kann. Die Effizienz dieses Prozesses wird nach Carnot hauptsächlich durch das mittlere Temperaturniveau der Wärmezufuhr und -abfuhr definiert.¹

$$\eta_c = 1 - \frac{\overline{T}_{ab}}{\overline{T}_{zu}}$$

Selbst bei idealer Betrachtung kann der Carnot'sche Wirkungsgrad nicht überschritten werden. Er stellt somit die physikalische Grenze der maximalen Effizienz dar. Wenn nun das Temperaturniveau der Wärmequelle nicht ausreicht, um Wasser bei hohem Druck zu verdampfen, so besteht die Möglichkeit, ein anderes Arbeitsmittel zu verwenden, welches bei hohem Druck schon bei niedrigeren Temperaturen siedet. Hierzu werden im ORC organische Flüssigkeiten verwendet.²

EINSATZGEBIETE

Bisher werden ORC-Anlagen hauptsächlich zur Nutzung von Abwärme in Industrie, Biogas-BHKWs und geothermischen Wärmequellen verwendet. Solarthermische ORC-Anlagen als Photovoltaik-Alternative werden erforscht und sind bereits in einigen Installationen realisiert. Zukünftig werden immer mehr Wärmequellen jeder Größe und Art mit ORC-Anlagen kombiniert. Der Fokus der Forschung liegt dabei besonders auf der Entwicklung günstigerer „Allround-Anlagen“, die durch Anpassung weniger Komponenten optimal an die jeweilige Kenngrößen der Wärmequelle angepasst werden können.

HERAUSFORDERUNGEN BEI DER AUSLEGUNG EINES ORC

Prozessfluid

Die Auswahl an organischen Arbeitsmitteln ist unbegrenzt. In der ORC-Technik haben sich allerdings Alkane, Alkene, Aromaten sowie Sicherheitskältemittel etabliert. Ihre Eignung hängt von den priorisierten Eigenschaften ab, hinsichtlich derer sie sich stark unterscheiden.

- Prozesstechnisch (Dichte, Dampfdruck, Wärmekapazität, Verlauf Siedelinie, siehe Abbildung 2)
- Sicherheitstechnisch (Brennbarkeit, Explosivität)
- Chemisch (Temperaturbeständigkeit, Lebensdauer)
- Ökologisch (GWP, ODP, Toxizität)
- Wirtschaftlich (Kosten, Verfügbarkeit)

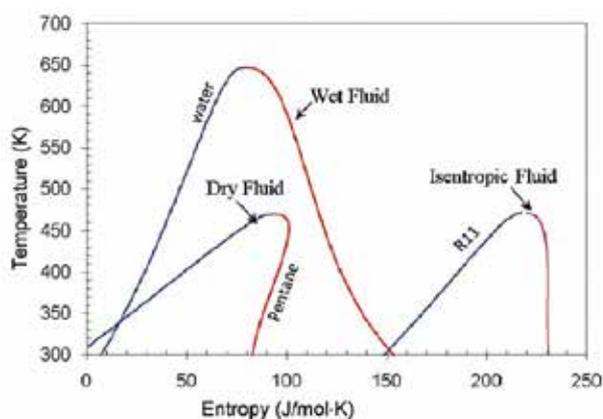


Abb. 2: Siede- und Taulinienverläufe verschiedener Arbeitsmittel im Temperatur-, Entropiediagramm⁴

Primär ausschlaggebend für die prozesstechnische Eignung ist der Verlauf der Siede- und Taulinien (siehe Abbildung 2). Ihre Position und Form im T-S-Diagramm bestimmen den Verlauf der Expansion, die nutzbare Druckdifferenz, den nötigen Massestrom sowie den möglichen Ausnutzungsgrad der zur Verfügung stehenden Wärmequelle.³

Expansionsmaschine

Die Kombination aus Arbeitsmittel und Expansionsmaschine ist äußerst komplex und darüber hinaus maßgebend für die Effizienz des Prozesses. Die zwei großen Hauptgruppen, volumetrische und dynamische Expander (z. B. Kolbenmaschine und Turbine), lassen sich nur in Abhängigkeit der Wärmequelle und des Arbeitsmittels bewerten. Kommerziell erhältliche Expansionsmaschinen sind meist nicht auf das gewünschte Arbeitsmittel ausgelegt. Ihre Eignung muss abgeschätzt, aufwendig simuliert oder in Experimenten bestimmt werden. Bisher ist eine einfache Übertragung der charakteristischen Expander-Kennzahlen für beliebige andere Arbeitsmittel nicht gelungen.⁵

Forschungsthema und Ausblick

Ein besonders hohes Potenzial zur Nutzung von Abwärme bieten Motoren. Während ihr Stellenwert im Rohstoffverbrauch durch weltweiten Handel, Wohlstand und Bevölkerungszahlen immer weiter ansteigt, ist es in den letzten Jahren nicht mehr gelungen, ihren Wirkungsgrad signifikant zu steigern. Inhalt

des Forschungsprojektes ist die Untersuchung einer Kombination aus ORC-Anlage und einem herkömmlichen Motor aus der Automobilindustrie. Ziel ist es, durch Realisierung einer Testanlage diverse offene Fragen zu beantworten.

- Welche Wärmemengen und Temperaturniveaus können auf das ORC-Arbeitsmittel übertragen werden?
- Wie lässt sich die gewonnene kinetische Energie möglichst effizient nutzen?
- Welche Einsparung von Brennstoff ist realisierbar?
- Wie muss der ORC-Prozess geregelt werden, um das variable Abwärmeangebot verschiedener Betriebspunkte des Motors optimal zu nutzen?

Zu diesem Zweck sollen im Laufe des Jahres 2016 der Prozess, die Auswahl der Komponenten und die technischen Pläne der Anlage entstehen. Zusätzlich werden Konzepte für Messeinrichtungen und Regelung der Anlage entworfen. Es sollen Hersteller und konkrete Komponenten ermittelt und daraus der finanzielle Bedarf der Anlage abgeleitet werden. Langfristig soll die Anlage als Teststand zu Forschungs- und Demonstrationszwecken in den Laborräumen der OTH Regensburg genutzt werden.

WEITERE INFORMATIONEN

www.orc-fachverband.de
www.kcorc.org

Projektleitung

Prof. Dr. Thomas Lex
 Labor Energietechnik
thomas.lex@oth-regensburg.de

+49 941 943-9964

Projektmitarbeiter

Florian Lesch

Geldgeber

RCER

Fördersumme

50.000 €

Literatur

- 1 Tchanche, B. F., Lambrinos, G., Frangoudakis, A., Papadakis, G.: Low-grade Heat Conversion into Power Using Organic Rankine Cycles – A Review of Various Applications. 2011.
- 2 Schuster, A., Karellas, S., Kakaras, E., Spliethoff, H.: Energetic and Economic Investigation of Organic Rankine Cycle Applications. 2009.
- 3 Aljundi, I. H.: Effect of Dry Hydrocarbons and Critical Point Temperature on the Efficiencies of Organic Rankine Cycle. 2011.
- 4 Chen, H., Goswami, D. Y., Stefanakos, E. K.: A Review of Thermodynamic Cycles and Working Fluids for the Conversion of Low-Grade Heat. 2010.
- 5 Erbas, M., Biyikoglu, A.: Design of Low Temperature Organic Rankine Cycle and Turbine. 2013.

GRAPHMIC

Medizinische Bildverarbeitung durch visuelle Programmierung

Bärbel Kieninger, Regensburg Medical Image Computing (ReMIC), OTH Regensburg
 Alexander Eduard Szalo, Regensburg Medical Image Computing (ReMIC), OTH Regensburg
 Alexander Zehner, Regensburg Medical Image Computing (ReMIC), OTH Regensburg
 Christoph Palm, Regensburg Medical Image Computing (ReMIC), OTH Regensburg

24

Bildgebende Verfahren wie Ultraschall, Magnet-Resonanz-Tomographie (MRT) oder Positronen-Emissions-Tomographie (PET) sind in der Medizin unerlässliche Werkzeuge bei Diagnose und Therapie. Im Zuge der Computer-Aided-Diagnosis liefert die Medizinische Bildverarbeitung dem Arzt eine wichtige Unterstützung bei der Auswertung des Bildmaterials, z. B. zur Bestimmung der Größe eines Aneurysmas oder zur Überlagerung von MRT und PET in der Neuroonkologie. Die Softwareentwicklung zur Bildauswertung mit umfangreichen Bibliotheken ist allerdings aufwendig und erfordert große Programmiererfahrung. Um den Zugang zu erleichtern, wurde in den letzten beiden Jahren die Open Source Software GraphMIC entwickelt. GraphMIC vereint mehrere professionelle Bildverarbeitungsbibliotheken und zeichnet sich besonders durch seinen integrierten Viewer und eine einfach zu bedienende Benutzerschnittstelle aus. Filter der Medizinischen Bildverarbeitung können in einer graphischen Pipeline verknüpft und parametrisiert werden. Diese Pipeline kann zudem zur Laufzeit um eigene Knoten erweitert werden. GraphMIC wird den Umgang mit Medizinischer Bildverarbeitung in Forschung und Lehre fundamental vereinfachen und neuen Nutzergruppen öffnen.

EINLEITUNG

Um die Befundung medizinischer Bilder zu erleichtern, werden sie häufig mithilfe von Methoden der Bildbearbeitung aufbereitet. Das können zum Beispiel Filter sein, um den Kontrast zu erhöhen oder um den Rauschanteil durch Glättung zu verringern. Ein Hauptaugenmerk der Medizinischen Bildverarbeitung liegt aber auf den Prozessen der Segmentierung und der Registrierung. Bei der Segmentierung werden anatomische Strukturen erkannt und gegeneinander abgegrenzt. Bei der Registrierung werden zwei Datensätze so überlagert, dass sich die abgebildeten Strukturen möglichst gut entsprechen und dadurch eine Fusion von Informationen aus verschiedenen Quellen erfolgen kann. Die Segmentierung ist auch die Grundlage für Algorithmen zur Mustererkennung bei der Computer-Aided-Diagnosis.

In der professionellen Medizinischen Bildverarbeitung werden dazu vor allem die Filter der Softwarebibliotheken ITK¹, VTK² und OpenCV³ genutzt, die auch vielen kommerziellen Bildverarbeitungstools als Basis dienen. Sie sind frei verfügbar, aber ihre Anwendung ist komplex. Obwohl sie alle auf der Programmiersprache C++ basieren, verwenden sie intern unterschiedliche Datenstrukturen und sind deshalb untereinander per se nicht einfach kombinierbar.

Idealerweise erfolgt die Datenaufbereitung als interaktiver Prozess, z. B. bei der Optimierung von Filterparametern, durch Visualisierung von Zwischenergebnissen oder zum Setzen von Saatpunkten für die Segmentierung.

Die an der OTH Regensburg entwickelte Software GraphMIC^{4, 5} schafft dafür nicht nur einen Rahmen, mit der medizinische Datenverarbeitung interaktiv und durch eine visuelle Pipeline unkompliziert möglich ist, sondern ermöglicht

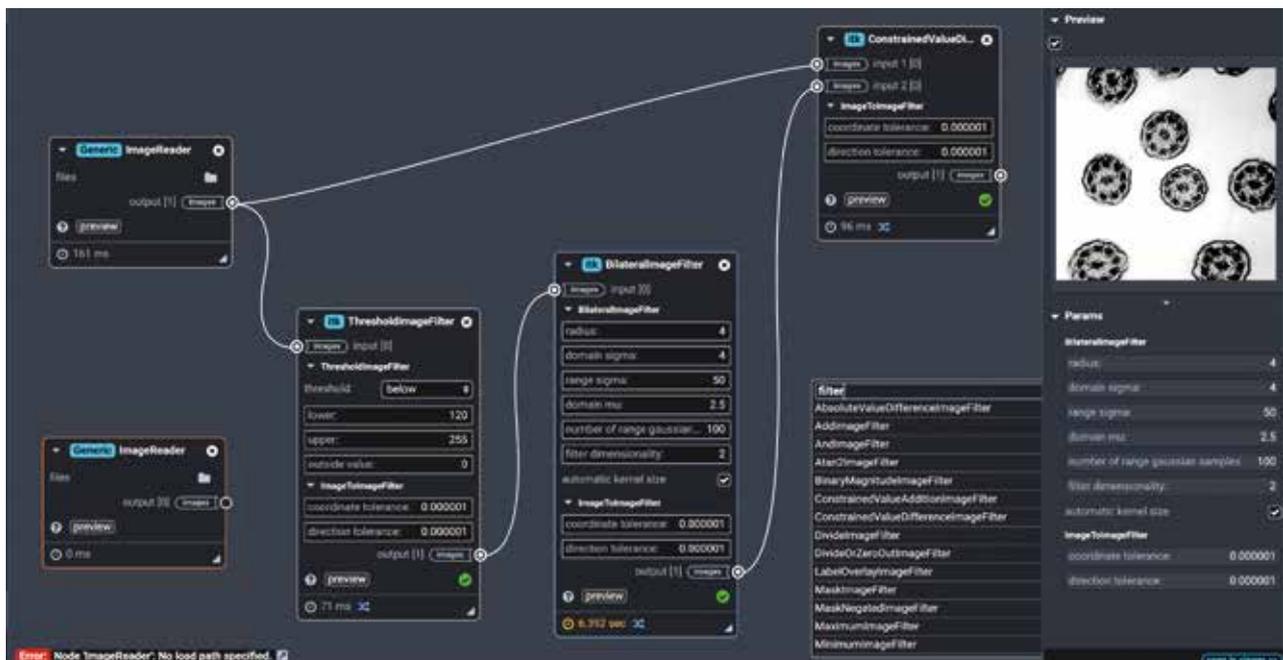


Abb. 1: Eine visuelle Pipeline, bei der nach dem ImageFileReader verschiedene Filter aufgerufen werden, angewandt auf eine elektronenmikroskopische Aufnahme von Zilien

es auch, die oben angesprochenen Softwarebibliotheken miteinander zu kombinieren.

FEATURES

GraphMIC zeichnet sich insbesondere durch folgende Eigenheiten aus:

- **Datenformate:** Verwendung und Kombination vieler gebräuchlicher zwei- und dreidimensionaler Datenformate, insbesondere auch des in der medizinischen Bildgebung hauptsächlich genutzten Datenübertragungsprotokolls DICOM.
- **Graphische Programmierung:** Der Prozess der Datenaufbereitung wird in einer visuellen Pipeline dargestellt (Abbildung 1). Aktionen (Filter) werden als Knoten abgebildet, über die auch die zugehörigen Parameter gesetzt werden können. Die Knoten werden durch Kanten, den Verbindungslinien zwischen Knoteneingabe und -ausgabe, verknüpft. Sie repräsentieren somit den Datenfluss in der Pipeline und können interaktiv gesteuert werden.
- **Integration von Softwarebibliotheken:** Etwa 150 Filter aus ITK, OpenCV und VTK sind über ein Dropdown-Menü direkt als Knoten aufrufbar und können vom Benutzer parametrisiert werden.
- **Eigene Knoten erstellen:** Zur Laufzeit können Knoten über eine integrierte Schnittstelle in die Pipeline eingefügt werden. Dazu wird der Python-Quellcode in GraphMIC editiert, interpretiert und ausgeführt. Damit lassen sich eigene Algorithmen implementieren oder Skripte anlegen, die mehrere vorgefertigte Filter nacheinander aufrufen.
- **Integrierter 3D-Viewer:** Der in GraphMIC integrierte Viewer kann die Zwischenschritte oder die Ergebnisse der Pipeline darstellen. Eine Vier-Fenster-Anzeige ermöglicht für dreidimensionale Datensätze, Schnittbilder in der Transversal-, der Sagittal- und der Frontalebene gleichzeitig mit einer 3D-Ansicht abzubilden. Außerdem hält der Viewer einen Werkzeugkasten bereit, um z. B. direkt über einen Slider die Grauwerte zu verändern oder Saatpunkte für die Segmentierung zu setzen. Diese können dann wieder Input für Knoten der Pipeline sein, um z. B. eine semiautomatische Segmentierung zu ermöglichen.
- **Intuitive Benutzeroberfläche:** Die Implementierung der Software erfolgte in C++ mithilfe der Klassenbibliotheken Qt und MITK. Die Benutzeroberfläche ist mit QML erstellt. Eine Besonderheit dabei bieten visuelle Indikatoren bei der Darstellung der Pipeline durch Farbgebung und Highlighting. Dadurch wird sichtbar gemacht, welche Knoten aktiv sind, und der Benutzer wird auf Fehler und unerlaubte Operationen hingewiesen.

EINSATZMÖGLICHKEITEN UND AUSBLICK

Durch die Integration der Python-Schnittstelle und durch ihren modularisierten Aufbau erlaubt die Softwarearchitektur von GraphMIC die Weiterentwicklung durch einfache Integration problemangepasster Algorithmen. Neben der Anwendung in der Lehre ist die Software deswegen für einen Einsatz gerade in der medizinischen Forschung prädestiniert. Dabei beinhaltet GraphMIC jedoch keinerlei Limitationen, die seine Verwendung auf medizinische Bilddaten beschränken würde, sodass ein Einsatz überall dort denkbar ist, wo eine schnelle Prototypentwicklung für Probleme aus der Bildverarbeitung gewünscht ist.

Um das Projekt möglichst vielen Nutzern zugänglich zu machen, wurde es als Open Source Software zur Verfügung gestellt:

<https://github.com/GraphMIC/GraphMIC>

Der Artikel beschreibt die Software GraphMIC, die dem Benutzer die Möglichkeit einer visuellen Programmierung im Bereich der Medizinischen Bildverarbeitung bietet, indem professionelle Softwarebibliotheken einfach genutzt und mit eigenen Algorithmen kombiniert werden können. Zudem ist die Handhabung durch den integrierten Viewer besonders komfortabel.

Literatur

- 1 Ibanez, L., Schroeder, W., Ng, L., Cates, J.: *The ITK Software Guide Second Edition*, Kitware Inc., 2005.
- 2 Schroeder, W., Martin, K., Lorensen, B.: *The Visualization Toolkit – An Object-Oriented Approach To 3D Graphics (4th Edition)*, Kitware Inc., 2006.
- 3 Bradski, G., Kaehler, A.: *Learning OpenCV: Computer Vision with the OpenCV Library*, O'Reilly, 2008.
- 4 Zehner, A., Szalo, E. A., Palm, C.: *GraphMIC: Easy Prototyping of Medical Image Computing Applications*. *Interactive Medical Image Computing (IMIC) Workshop, MICCAI 2015*, 2015.
- 5 Szalo, E. A., Zehner, A., Palm, C.: *GraphMIC: Medizinische Bildverarbeitung in der Lehre*. In: Handels et al. (eds.), *Bildverarbeitung für die Medizin*, Springer, 2015, S. 395–400.

Projektleitung

Prof. Dr. Christoph Palm
Regensburg Medical Image Computing (ReMIC),
Fakultät Informatik und Mathematik und
Regensburg Center of Biomedical Engineering (RCBE)
christoph.palm@oth-regensburg.de

Förderung

Das Projekt wird mit TWO-Mitteln durch das RCBE gefördert.

Projekthomepage

www.graphmic.org

SOFTWAREENTWICKLUNG: VOM UNORGANISIERTEN CHAOS ZUR EFFIZIENTEN ORDNUNG

26

Mitchell Joblin, Siemens AG
Sven Apel, Universität Passau
Wolfgang Mauerer, OTH Regensburg

Wartung, Pflege und Weiterentwicklung großer Softwaresysteme sind Probleme, die sich im Zeitalter der Digitalisierung durch praktisch alle Wirtschaftszweige ziehen. Praktiker wissen, dass der Erfolg vom technischen Können und Wissen der beteiligten Ingenieure (m/w) abhängt, aber auch massiv durch die Koordinationsstrukturen der dahinterstehenden Organisationen beeinflusst wird. In einer empirischen Longitudinalstudie wurden rund 20 Open-Source-Softwareprojekte (OSS) über Jahrzehnte beobachtet und aus den Daten simple universelle Prinzipien extrahiert, wie sich Koordinationsstrukturen von Entwicklern erfolgreicher Projekte im Verlauf der Zeit verändern. Die meisten Open-Source-Projekte werden im Gegensatz zu kommerziellen, proprietären Projekten nicht zentral koordiniert und gemanaged – dennoch zeigt sich eine implizite Selbstorganisation in verschiedenen zeitlichen Phasen, die nicht durch reinen Zufall erklärt werden kann. Dies steht in starkem Gegensatz zu klassischem Software Engineering, das viel Gewicht auf das explizite Management von Entwicklern legt oder nur selbstverwaltende Kleingruppen mit wenigen Entwicklern zulässt. Unsere quantitative, statistisch rigorose Forschung identifiziert typische zeitliche Muster, nach denen sich Softwareentwickler vergleichsweise unkoordiniert organisieren, dann in eine hierarchische Struktur übergehen und zuletzt eine bislang nicht beachtete hybride Organisationsstruktur bilden, in der Kernentwickler hierarchisch und periphere Entwickler nicht-hierarchisch organisiert sind. Spontan selbstorganisiert entstehen Zusammenarbeitsmuster, die Kosten und Nutzen verschiedener Koordinationsansätze optimal verbinden. Dies bietet auch kommerziellen Softwareanbietern Möglichkeiten, Produkte kostengünstiger und effizienter zu entwickeln, indem man auf überflüssiges und nicht produktives Entwickler-Management verzichtet.

Ständige Veränderungen in Software-Systemen sind in der heutigen schnelllebigen Welt unvermeidlich, und der kontinuierliche Anpassungsdruck stellt für viele Projekte eine große Herausforderung dar. Änderungen beschränken sich dabei nicht auf Software-Design und Implementierung, sondern durchdringen alle Artefakte des Projekts, einschließlich der organisatorischen Struktur. Ändert sich die Software, muss sich auch die Organisationsstruktur ändern, um eine effektive Koordination der Entwickler zu garantieren.

Warum müssen sich Entwickler überhaupt untereinander koordinieren? Diese heute auf den ersten Blick offensichtlich erscheinende Frage war vor zwei Jahrzehnten noch vergleichsweise unbedeutend, da Software in vergleichsweise kleinen, unabhängigen Häppchen entwickelt werden konnte. Die aktuelle Softwarekomplexität führt allerdings zu starken Abhängigkeiten zwischen verschiedenen Projektartefakten. Ständig kommen außerdem neue Abhängigkeiten hinzu, werden entfernt oder modifiziert. Insbesondere können lokale Änderungen zu abhängigen Artefakten propagieren und dadurch die Kooperationsanforderungen verändern. Empirische Evidenz zeigt, dass eine fehlende Wahrnehmung dieser impliziten Veränderungen zu substantziellen Einbußen in der Softwarequalität führt.

Unser Ansatz, der vollständig als Open-Source-Software veröffentlicht ist und auch von anderen Forschungsgruppen genutzt wird, verwendet fortschrittliche Methoden des Information Retrievals, um nicht nur die Kooperation zwischen Entwicklern zu ermitteln, sondern auch Abhängigkeiten zwischen Code-Artefakten zu erkennen – programmiersprachunabhängig mittels Latent Semantic Indexing, einer aus der Linguistik stammenden Technik. Dies ermöglicht quantitative Aussagen über ein ansonsten größtenteils nur qualitativ un-

tersuchtes Thema. Abbildung 1 veranschaulicht das Zusammenspiel zwischen den Datenquellen.

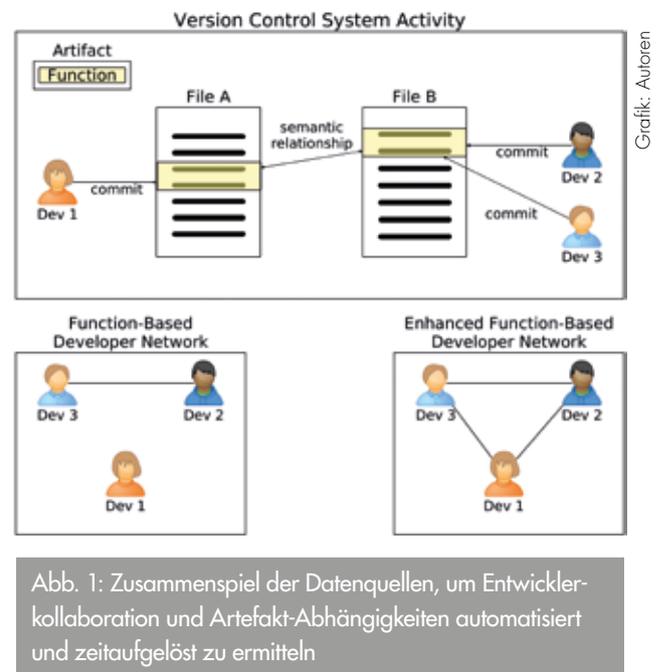


Abb. 1: Zusammenspiel der Datenquellen, um Entwicklerkollaboration und Artefakt-Abhängigkeiten automatisiert und zeitaufgelöst zu ermitteln

Nach einem klassischen Resultat von Brooks gilt, dass sich ein Projekt oft langsamer entwickelt, wenn mehr Ressourcen in Form von Entwicklern hinzugefügt werden – hauptsächlich aufgrund des steigenden Kommunikationsaufwands, der quadratisch mit der Anzahl der Projektmitarbeiter wächst. Erfolgreiche OSS-Projekte überwinden diese Beschränkung: Beim Linux-Kernel oder Chrome-Browser arbeiten über tausend Entwickler erfolgreich zusammen und ein Ende der Skalierbarkeit ist nicht abzusehen. Die dafür verantwortlichen Me-

chanismen sind bislang nur unzufriedenstellend verstanden. Durch unsere Arbeit konnten „Projekt-Verhaltensmuster“ extrahiert werden, die die gute Skalierbarkeit quantitativ erklären:

- Entwickler organisieren sich zunächst in lose gekoppelte Gruppen mit geringer Modularität (einem mathematischen Maß, das die Stärke der Arbeitsteilung in Kooperationsnetzwerken beschreibt). Später verstärkt sich die Kopplung innerhalb der Gruppen, bis eine Sättigung eintritt.
- In frühen Projektphasen zeigt die Kooperationsstruktur stark hierarchische Züge. Später weicht die Hierarchie auf, die Kontrollmechanismen werden stetig dezentraler.
- Kommunikationsnetzwerke sind skaleninvariant, wenn entweder viele Entwickler zu einem Projekt beitragen oder wenn sich das Projekt in einer starken Wachstumsphase befindet. Skalenfreie Netzwerke treten in vielen Bereichen von Technik (z. B. Stromnetze, Flugpläne) und Naturwissenschaften (z. B. Proteininteraktion) auf, da sie robust und ausfallsicher sind.
- Periphere, weniger wichtige Entwickler, die beispielsweise an sehr eng eingegrenzten Themen arbeiten, weisen hohe Turnover-Raten auf, d. h. sie verlassen das Projekt schnell, entschließen sich aber ebenso schnell wieder zur Mitarbeit.

Abbildung 2 illustriert den beschriebenen zeitlichen Verlauf für ein erfolgreiches und ein problematisches Projekt. Die nach einiger Zeit entstehende hybride Kooperationsstruktur aus einem stark hierarchisch organisierten Kern von Entwicklern und einer nicht-hierarchischen, skaleninvarianten peripheren Gruppe scheint Kosten und Nutzen einer soliden Grundorganisation mit den Möglichkeiten zur agilen, dynamischen Weiterentwicklung im Gleichgewicht zu halten: Softwareentwicklung verlangt einerseits ein hohes Maß an Konsistenz und Genauigkeit, wofür hierarchische Strukturen geeignet sind. Da Hierarchien typischerweise sehr unflexibel sind, ist es (insbesondere im Hinblick auf die genannten hohen Turnover-Raten bei OSS-Projekten) wichtig, ausreichende Flexibilität zu bewahren. Die beobachteten zeitlichen Veränderungen in der Kooperationsstruktur gelten nicht nur für (bezüglich der Entwickleranzahl) wachsende, sondern auch für schrumpfende, rückläufige Projekte. Insbesondere ist ein Verlust der Skaleninvarianz meist ein Vorbote für Stagnation oder einen Rückgang der Entwickleranzahl. Auch wenn die aktuelle Datenbasis noch keine kausalen Schlüsse erlaubt, scheint die durch unsere Software beobachtbare Messgröße dennoch ein guter Prädiktor für strukturelle Probleme in Projekten zu sein, die auch an praktischen Beispielen bestätigt wurden. Die je nach Projektgröße und Phase gemessenen unterschiedlichen optimalen Kooperationsstrukturen unterstreichen, dass es wichtig ist, die organisatorische Zusammenarbeit nach der Entwickleranzahl auszurichten, insbesondere für die heute allgegenwärtige geographisch verteilte Entwicklung. Unsere Resultate geben dafür evidenzbasierte Richtlinien.

Zusammengefasst ermöglicht unsere Forschung, ein quantitatives Verständnis sozialer, organisatorischer und technischer Zusammenhänge in der Softwareentwicklung zu entwickeln. Dies kann sowohl Praktikern helfen, Koordinationsstrukturen zu planen und angemessen auf systemische Änderungen zu reagieren, wird aber zukünftig auch bei den evidenzbasierten wissenschaftlichen Überprüfungen zahlreicher weiterer Vermutungen des Software Engineerings zum Einsatz kommen.

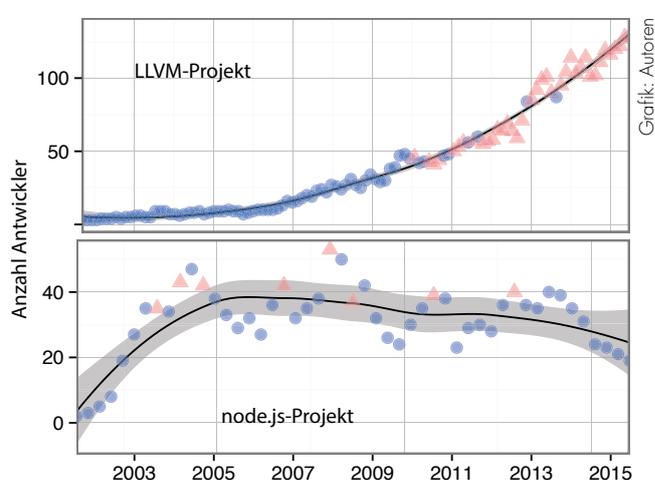


Abb. 2: Allgemeines Wachstums- und Kooperationsmuster erfolgreicher Projekte am Beispiel von LLVM (oben), und Gegenbeispiel (unten) für problembehaftete Projekte (node.js), blau: nicht skaleninvariantes Kooperationsnetzwerk, rot: skaleninvariant

Literatur

Joblin, M., Apel, S., Mauerer, W.: Evolutionary Trends of Developer Coordination: A Network Approach. arXiv:1510.06988, October 2015 (Submitted to Journal of Empirical Software Engineering).

Projektleitung

Prof. Dr. Wolfgang Mauerer, Labor für Digitalisierung

Projektmitarbeiter

Mitchell Joblin, B. Sc. (hons), Siemens AG

Geldgeber

Siemens AG

Kooperationspartner

Prof. Dr. Sven Apel, Universität Passau

Projektlaufzeit

42 Monate

Weitere Informationen

<http://siemens.github.io/codeface>

ÜBER PFLASTER, TEIGWAREN UND JAHRZEHNTELANGE SOFTWAREPFLEGE

28

Ralf Ramsauer, OTH Regensburg
Daniel Lohmann, Universität Erlangen-Nürnberg (FAU)
Wolfgang Mauerer, OTH Regensburg

Softwareänderungen werden häufig in Form von Patch Stacks bereitgestellt – Sammlungen kleiner Änderungen, die gegebenen Softwarequellcodes schrittweise modifizieren. Die langfristige Pflege solcher Stacks ist problematisch und aufwendig, wenn sich beispielsweise die Basissoftware häufig und schnell ändert. Diese Art der Softwarepflege ist notwendig, wenn die Änderungen aus lizenzrechtlichen Gründen oder aufgrund von Geschäftsgeheimnissen nicht direkt in eine Basissoftware integriert werden können, oder wenn die Änderungen nur eine marginale Nutzerbasis betreffen, beispielsweise wenn Software um industrielle Nischenfähigkeiten erweitert wird.

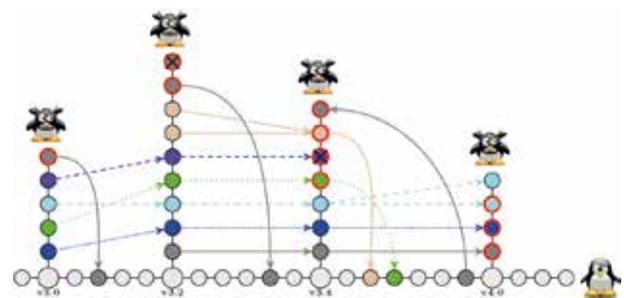
Wir beschreiben eine Methode und ein Tool (PaStA – *Patch Stack Analysis*), die die zeitliche Entwicklung von Patch Stacks verfolgen können, um nicht-funktionale Eigenschaften wie Integrierbarkeit und Pflegbarkeit zu ermitteln. Kenntnis dieser Qualitäten ist notwendig, um den ökonomischen und technischen Aufwand für die erfolgreiche Entwicklung von Patch Stacks präzise einschätzen und vorhersagen zu können.

Software für domänenspezifische Sonderlösungen, beispielsweise industrielle Steuerungssoftware oder Medizinanwendungen, basiert oft auf allgemeinen Basissystemkomponenten aus der Informationstechnologie. Individuelle ergänzende Änderungen erfüllen domänenspezifische Spezialanforderungen. Unabhängig davon schreitet die Entwicklung der zugrundeliegenden Codebasis fort.

Gerade für Software mit hohen Zuverlässigkeitsanforderungen ist es essenziell, mit dem Basisprojekt Schritt zu halten: Sowohl Fehlerbehebungen als auch grundlegend neue Fähigkeiten müssen integriert werden, da auseinanderlaufende Codebasen zu schwer wartbaren Systemen führen. Diese Art koinzidenter Softwareentwicklung wird häufig mithilfe sogenannter Patch Stacks durchgeführt, in denen feature-granulare Einzeländerungen am Basisprojekt zusammengefasst sind. Auch wenn ein Patch direkt übersetzt ein „Pflaster“ für den bestehenden Code ist, ist die Methode akzeptierte Praxis in der modernen Softwareentwicklung. Die hohe Dynamik der IT-Welt macht die Pflege von Patch Stacks mehr und mehr zu einer Herausforderung.

Preempt-RT, eine Echtzeiterweiterung des Linux-Kernels, die in vielen Steueranlagen eingesetzt wird, ist ein prominenter Nutzer von Patch Stacks, der seit über einem Jahrzehnt gepflegt wird. Auch der LTSI-Kernel (Long Term Support Initiative) der Linux Foundation oder diverse Android-Erweiterungen für den Linux-Kernel, die von Google und den einzelnen Geräteherstellern kommen, werden mithilfe von Patch Stacks entwickelt. Die Stacks werden typischerweise nur für freigegebene Versionen des Basisprojekts bereitgestellt, was aber nicht bedeutet, dass die Entwicklung linear erfolgt: Normalerweise werden Basisprojekt und Patch Stack zeitgleich entwickelt.

Patch Stacks ändern sich dynamisch: Manche mittlerweile überholte Teile können den Stack verlassen und neue Änderungen kommen hinzu; andere Teile müssen an Änderungen des Basisprojekts angepasst werden. Dazu muss ein substantieller Teil der Patches mühsam händisch auf neuere Versionen portiert werden. Da sich das Basisprojekt im Laufe der Zeit verändert, ist es nötig, ständig auftretende Konflikte



Grafik: Autoren

Abb. 1: Zeitliche Entwicklung eines großen Softwareprojekts (Linux-Kernel, horizontal) und inkrementeller Patch Stacks (Echtzeiterweiterung „Preempt-RT“, vertikal). Patch-Flüsse – von der Weiterentwicklung im Patch Stack (dunkelblau, eng gepunktet) über Integration in den Hauptentwicklungszweig (grün, lose gepunktet) bis hin zur Einstellung der Entwicklung nach einiger Zeit (lila, eng gestrichelt) sind möglich. Patches können sich in mehrere Teilpatches aufspalten (hellblau, lose gestrichelt) oder aus mehreren Einzelpatches zusammensetzen werden (braun).

einzelner Patches zu lösen. Diese Konflikte lassen sich in textuelle Konflikte und Konflikte höherer Ordnung klassifizieren. Textuelle Konflikte müssen derzeit manuell durch Portieren des Codes auf eine neue Version gelöst werden. Da Konflikte sukzessive voneinander abhängig sein können, kann ein Konflikt eines Patches weitere Konflikte nach sich ziehen. Konflikte höherer Ordnung treten unabhängig von textuellen Konflikten dann auf, wenn der Patch durch Änderungen des Basisprojekts eine andere, meist falsche, semantische Bedeutung bekommt. Beide Konfliktvarianten führen zu hohem Wartungsaufwand.

Selbst wenn sich die Wirkung einzelner Patches im Verlauf der Zeit nicht ändert, kann sich ihr textueller Inhalt – die konkreten Änderungen am Code – im Laufe der Zeit drastisch ändern, beispielsweise bei Schnittstellenänderungen der Basissoftware. Bestehende Arbeiten, die den Vergleich von Codefragmenten ermöglichen, konzentrieren sich hauptsäch-

lich darauf, vollständige Code-Duplikate oder Plagiate zu erkennen. Die dazu möglichen Ansätze reichen von lexikalischer Analyse über Code-Fingerprinting bis hin zu dem Vergleich abstrakter Syntaxbäume und variieren stark im notwendigen Rechenaufwand.

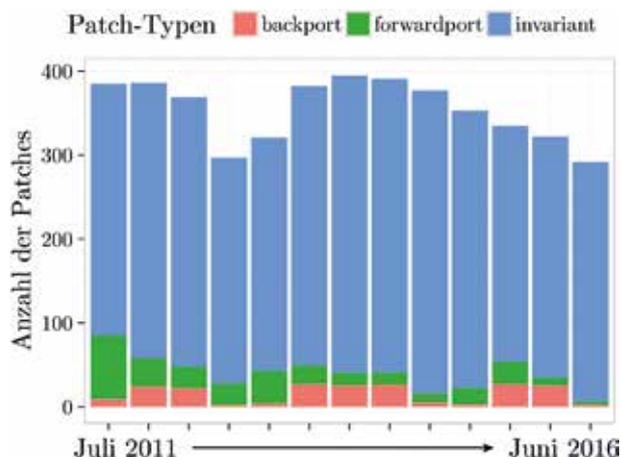
Praktisch alle bislang bekannten Verfahren konzentrieren sich auf den Vergleich geschlossener Codefragmente, aber nicht auf den Vergleich von Patches, die aus einzelnen Code-Bruchstücken zusammengesetzt sind. Wir haben eine einfache, aber sehr robuste Methode basierend auf Stringdistanzen entwickelt, um textuell nur ähnliche, aber funktional identische Patches erkennen zu können. Die Methode funktioniert sowohl effizienter als auch qualitativ besser als bislang bekannte Ansätze. Sie arbeitet semi-automatisch und bittet in komplizierten Fällen einen menschlichen Benutzer um Rat, der die Klassifizierung manuell erledigen kann.

Der Algorithmus gruppiert funktional ähnliche Patches in Äquivalenzklassen und erkennt, wenn Änderungen in den Hauptentwicklungspfad integriert wurden (sogenannte forwardports) oder wenn ein Patch, der bereits in den Hauptentwicklungspfad eingepflegt wurde, auf eine alte Version des Patch Stacks zurückportiert wurde (sogenannte backports). Patches, die im Stack bleiben, sind invariant. Daraus ergibt sich ein dynamischer Zu- und Abfluss von Patches.

Im Folgenden betrachten wir als Fallstudie die zeitliche Dynamik des Preempt-RT Patch Stacks: Die zeitliche Entwicklung der Größe des Patch Stacks ist in Abbildung 2 dargestellt. Unter allen 554 Releases des Patch Stacks seit Juli 2011 (in Summe knapp 173.000 Patches) fanden wir 1042 verschiedene Patchgruppen. 195 dieser Gruppen stellten sich als backports heraus, weitere 153 sind forwardports.

Mit den Informationen über die Historie des Stacks können wir die Beschaffenheit alter Releases aus zukünftiger Sicht in Retrospektive betrachten. Rückwirkend können wir bestimmen, welche Teile in Zukunft in den Hauptentwicklungspfad integriert wurden und welche Patches nicht weiter gepflegt werden müssen, da sie in neueren Versionen bereits vorhanden sind. Der Rest sind die invarianten Patches.

Abbildung 2 zeigt, wie sich aktuelle Releases des Preempt-RT Patch Stacks zusammensetzen (siehe Details in der Bildunterschrift). Unser Tool kann weitere interessante Metriken berechnen (beispielsweise die Verteilung, nach welcher Dauer verschiedene Patches in das Hauptprojekt integriert werden), die hier nicht im Detail beschrieben werden können. Zukünftige Weiterentwicklungen des Systems werden sich darauf konzentrieren, eine große Menge an Patch Stacks zu analysieren und mit statistischen Mitteln konkrete Ratschläge für die effiziente Gestaltung von Patch Stacks abzuleiten.



Grafik: Autoren

Abb. 2: Zusammensetzung des Preempt-RT Stacks. Die Zahlen geben einen Anhaltspunkt, wie stark die Kopplung des Stacks an die Basisversion ist, und ermöglichen es, die notwendigen Wartungsaufwände abzuschätzen: Wie viele Patches existieren nur im Stack (blau), wie viele wurden im Verlauf der Zeit in die Hauptversion integriert (grün), und wie viele mussten aus anderen Hauptversionen in den Stack portiert werden (rot).

Quellcode des PaStA-Tools, veröffentlicht als Open Source: <http://lfd.github.io/pasta>

Literatur

Ramsauer, R., Lohmann, D., Mauerer, W.: Observing Custom Software Modifications: A Quantitative Approach of Tracking the Evolution of Patch Stacks. Proc. of the 16th International Symposium on Open Collaboration, ACM, 2016.

Projektleitung

- Prof. Dr. Wolfgang Mauerer, Labor für Digitalisierung
- Ralf Ramsauer, Labor für Digitalisierung

Geldgeber

Siemens AG

Kooperationspartner

- Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Priv.-Doz. Dr.-Ing. Daniel Lohmann

Projektlaufzeit

36 Monate

Research on knowledge transfer in information systems (IS) offshoring is characterized by its diverse and heterogeneous nature. This article presents a generic knowledge transfer process consisting of four stages and five milestones. These stages are characterized and evaluated according to their relevance for knowledge transfer, the types of knowledge transferred, the main activities and methods for transfer and testing, as well as the goals pursued. In summary, our study answers calls to discontinue empirically derived definitions in favor of a theory-based conceptualization of the IS offshoring research field with respect to knowledge transfer processes and their characteristics.

INTRODUCTION

IS offshoring is the transfer of IS services to a service provider outside the service consumer’s home country. Knowledge transfer between onsite clients and offshore vendors as a means to ensure service quality and continuity faces many challenges and difficulties that could result in excessive costs (Dibbern et al. 2008; Krogh et al. 2000). Although there has been research on specific aspects of knowledge transfer and building, a holistic and consolidated perspective on this particular research field is missing. With the motivation stated above, we pose the following research question: How does knowledge transfer between client and vendor companies take place?

This question is addressed by way of analyzing the academic literature related to knowledge transfer in IS offshoring. Covering the last fifteen years of research regarding knowledge transfer processes, this paper answers the research question by consolidating respective results in the field of study and integrating them into a conceptual framework.

GENERIC KNOWLEDGE TRANSFER PROCESS IN IS OFFSHORING

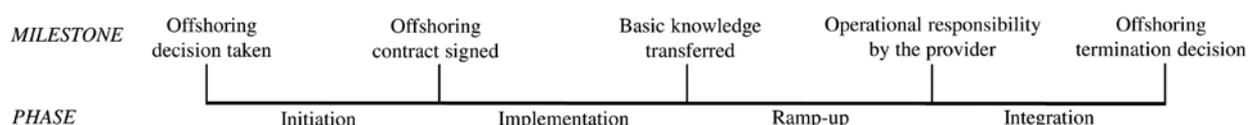
Diverse studies based on different theoretical constructs describe how types of knowledge are transferred from onshore to offshore organizations and how knowledge is built at the offshore organizations (Chen and McQueen (2010); Chua and Pan (2008); Feng et al. (2010)). Figure 1 presents a new generic knowledge transfer process in the context of IS offshoring, which is based on Szulanski’s (2000) process model and incorporates the findings of the aforementioned studies.

Initiation

The initiation stage starts with the decision to offshore IS functions to an organization. In this stage the onshore organization searches for a suitable offshore service provider (OSP). This stage is not concerned with knowledge transfer itself. It is rather associated with preparatory activities including all events that lead to the decision to contract with a specific OSP. Once a provider with the necessary cultural, technical, and business process knowledge is found, an offshoring contract is signed and the second stage of implementation begins.

Implementation

In the beginning it is useful to plan steps for the whole delivery process while at the same time establishing a detailed sequencing of activities. In addition, this plan also includes the areas of knowledge to be transferred as well as the identified onshore team members set to prepare the material and do the training. The goal of the implementation stage is to transfer explicit knowledge and to create a common lexicon between onshore and offshore teams. The transferred explicit knowledge is formal, abstract, or theoretical and depends on the individuals’ conceptual skills as well as their cognitive abilities. In addition, explicit knowledge is codified and stored, e.g. in blueprints, checklists and written rules. Knowledge centralization ensures that all participants get access to appropriated knowledge. At this stage, trainers from the onshore team can provide face-to-face classroom-based training to transfer basic concepts, organization rules, etc. using techniques such as presentations, case studies, quizzes, etc. The latter method in particular can be used to evaluate whether the explicit knowledge delivered has been sufficiently acquired by offshore team members.



Grafik: Autoren

Figure 1: Knowledge transfer process in IS offshoring

Ramp-up

Once basic knowledge is provided, knowledge recipients on the offshore side apply the acquired knowledge to operational work. Onshore team members provide support and take the responsibility for coaching offshore team members. Knowledge transferred at this stage is characterized by explicit knowledge that has been codified as well as tacit knowledge that is action-oriented and builds upon practical experience. The explicit and tacit knowledge is used primarily for support simulation and solving operational problems in application. In support simulation, offshore members situate themselves in past problematic conditions and try to learn from onshore members' experiences in problem solving. Furthermore, onshore team members provide on-the-job-training and playback sessions to exchange and coordinate their understanding for the tasks. These trainings or sessions facilitate the creation of a common understanding of tacit knowledge assimilated by offshore members. An evaluation of knowledge assimilation ensures that the knowledge delivered is sufficiently assimilated by the offshore member.

Integration

The offshore team members start working independently within their scope and apply what they have learned to their daily jobs. The onshore team members provide support as necessary and supervise offshore team members. At this stage, explicit and tacit knowledge has been transferred to the extent that the offshore team members are qualified to perform the services required. The applied techniques during this stage consist of monitoring and quality auditing. In monitoring, onshore team members supervise offshore teams in handling daily work processes and provide appropriate support. Oral tests may be used to gauge a deeper understanding of features, functions, and processes and to verify whether the offshore team has indeed absorbed the knowledge. Quality auditing is an ongoing assessment process carried out by the quality auditor to check daily work practices, give feedback, and to provide one-on-one coaching to overcome offshore team members' weaknesses. Finally, the coherence between onshore and offshore teams should be facilitated to establish a cohesive team with members trusting each other despite being located in different geographical areas. These actions enable both teams to work together and to share knowledge and experiences in order to solve problems together in the future.

CONCLUSION

The literature on knowledge transfer in an IS offshoring context is characterized by diverse and heterogeneous research findings. Covering the last fifteen years of IS offshoring research regarding knowledge transfer processes, the aim of this paper is to provide a consolidated view of the field of study and to integrate it into a conceptual framework. We conceptualize a generic knowledge transfer process which consists of four phases and includes five milestones. In addition, we describe the main characteristics of each stage and summarize it. This process helps us to understand knowledge transfer phases and provides the foundation for more detailed research in the future. In summary, our study offers a contribution to theory-based conceptualization in the IS offshoring research field.

Literatur

- Chen, J., and McQueen, R. J. (2010): Knowledge Transfer Processes for Different Experience Levels of Knowledge Recipients at an Offshore Technical Support Center. *Information Technology & People* (23:1), S. 54–79.
- Chua, A. L., and Pan, S. L. (2008): Knowledge Transfer and Organizational Learning in IS Offshore Sourcing. *Omega* (36:2), S. 267–281.
- Dibbern, J., Winkler, J. and Heinzl, A. (2008): Explaining Variations in Client Extra Costs between Software Projects Offshored to India. *MIS Quarterly* (32:2), S. 333–366.
- Feng, Y., Ye, H. and Pan, S. L. (2010): Delivering Knowledge across Boundaries: A Process Model of Knowledge Delivery in Offshoring Projects. In *Proceedings of the 14th Pacific Asia Conference on Information Systems (PACIS)*, Taipei, Taiwan.
- Krogh, G. von, Ichij, K. and Nonaka, I. (2000): *Enabling Knowledge Creation: How to Unlock the Mystery of Tacit Knowledge and Release the Power of Innovation*. Oxford, New York: Oxford University Press.
- Szulanski, G. (2000): The Process of Knowledge Transfer: A Diachronic Analysis of Stickiness. *Organizational Behavior and Human Decision Processes* (82:1), S. 9–27.

Projektleitung

Prof. Dr. Markus Westner
Professur für Wirtschaftsinformatik

SIMULATIONSTECHNISCHE UNTERSUCHUNGEN AN EINEM SCHÜTTSCICHTFILTER

Maximilian Mundi, OTH Regensburg
Lena Ebner, OTH Regensburg
Michael Elsner, OTH Regensburg

32

Die Abscheidung von Partikeln in einem Schüttstichtfilter basiert auf diversen Mechanismen. Diese können mittels der Formulierung des dynamischen Kräftegleichgewichtes für ein einzelnes Partikel modelliert werden. Mithilfe von geeigneten Berechnungsansätzen lässt sich mit der Software MATLAB von der Einzelkornabscheidung auf den Gesamtabseidegrad einer kompletten Schüttsticht hochrechnen. Dabei kann der entstandene Simulationsfehler rechnerisch ermittelt werden.

Schüttstichtfilter bestehen aus zylinderförmigen Packungen von losem, kugelförmigem Schüttgut aus einem Material hoher Wärmeleitfähigkeit, wie z. B. Aluminiumoxid (Al_2O_3). Die Kugelschüttung wird in der Apparatur entweder in Zylinderlängsrichtung (axial) oder bei einem Hohlzylinder von innen nach außen (radial) von heißem Abgas durchströmt. In der Schüttsticht finden dabei zwei wesentliche Vorgänge statt:

- Zum einen die Speicherung von thermischer Energie. Dies geschieht beim Übergang der Wärme des Abgases an das Schüttgut.
- Zum anderen eine Filterung des Abgases – die sogenannte Entstaubung. Letztere erfolgt bei der Abscheidung der Teilchen des partikelbehafteten Gases an den Körnern der Schüttung.

Im Labor Wärmetechnik werden diese Art von Wärmeübertrager in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik (UMSICHT) experimentell und simulationstechnisch erforscht. Dabei werden sowohl die Wärmeübertragung als auch die Filterung untersucht.

ENTSTAUBUNG

Der Vorgang der Entstaubung hängt von unterschiedlichen Mechanismen ab. Diese sind: der sogenannte Sperreffekt (Abscheidung aufgrund der räumlichen Annäherung von Partikeln und Korn), die Abscheidung infolge von Trägheit, der Einfluss der Gravitation, die Brown'sche Diffusion und elektrostatische Kräfte.

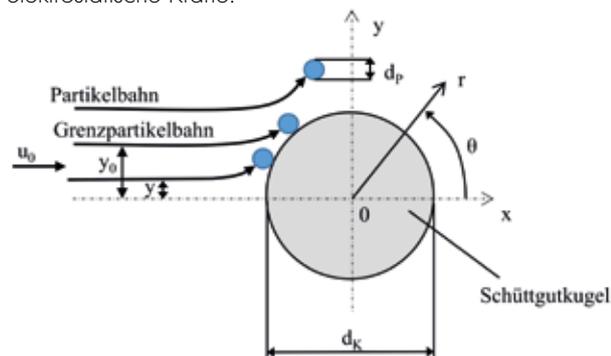


Abb. 1: Darstellung der Einzelkornabscheidung nach [1]

Abbildung 1 zeigt schematisch die Abscheidung eines Partikels an einem Korn der Schüttsticht in der Anströmung von links. Dargestellt sind dabei verschiedene mögliche Bahnen des Partikels. Diejenige Partikelbahn, auf der das Teilchen gerade noch auf das Korn trifft, heißt Grenzpartikelbahn. Der Abstand y_0 zur Nulllinie wird demnach als Grenzpartikelabstand bezeichnet.

Unter Berücksichtigung der oben genannten Abscheidemechanismen kann mithilfe der Software MATLAB zunächst die Abscheidung eines einzelnen Partikels an einem einzelnen Korn simuliert werden. Ausgehend vom dynamischen Kräftegleichgewicht am Partikel wird dabei die Partikelbahn (Trajektorie) nach [2] iterativ berechnet. Im Anschluss kann mit geeigneten semi-empirischen Berechnungsansätzen auf den Gesamtabseidegrad eines kompletten Schüttstichtfilters hochgerechnet werden.

BERECHNUNG

Eine zentrale Kenngröße zur Charakterisierung eines Schüttstichtfilters ist der Gesamtabseidegrad E . Dieser liefert eine Aussage darüber, wie effizient der Filter ist. Um diese Größe zu berechnen, muss nach [3] (numerisch) über das Spektrum der Partikelgrößen im Intervall $[d_{p,min}, d_{p,max}]$ integriert werden:

$$E = \int_{d_{p,min}}^{d_{p,max}} [T(d_p) \cdot q_r(d_p)] dd_p \quad (\text{Gl. 1})$$

Darin bezeichnen $T(d_p)$ den Trenngrad und $q_r(d_p)$ die Massenverteilungsdichte der Partikel je Partikeldurchmesser d_p . Der Trenngrad an sich gibt Auskunft darüber, welcher Anteil der jeweiligen Partikelgröße in der kompletten Schüttsticht der Höhe H abgeschieden wird. Er ist nach [4] wie folgt definiert:

$$T(d_p) = 1 - \exp \left[-1,5 \cdot \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon} \cdot \frac{H}{2 \cdot r_K} \cdot [h \cdot \eta(d_p)] \right] \quad (\text{Gl. 2})$$

Entscheidende Parameter sind hierbei die Porosität (Hohlraumanteil) ϵ der Schüttung, der Schüttgutekornradius r_k und der Haftanteil h . Letzterer gibt an, welcher Anteil der im Filter auftreffenden Partikeln an der Schüttung haften bleibt und somit tatsächlich abgeschieden wird.

Für die dargelegten Berechnungen wird außerdem ein Ansatz zur Bestimmung des Einzelkornauftreffgrades $\eta(d_p)$ benötigt. In diesen geht je Partikelgröße der Grenzpartikelabstand $y_0(d_p)$ ein. Wie sich gezeigt hat, ist der folgende Berechnungsansatz zielführend:

$$\eta(d_p) = \left(\frac{y_0(d_p)}{r_k} \right)^k \quad (\text{Gl. 3})$$

k ist hierbei ein exponentieller Parameter, welcher mit MATLAB rechnerisch bestimmt werden kann (Optimierungsaufgabe). Ausgehend von mit MATLAB durchgeführten Simulationen mit unterschiedlichen Anströmgeschwindigkeiten u_0 kann für den exponentiellen Parameter auf den nachfolgend dargestellten Zusammenhang geschlossen werden (siehe Abbildung 2).

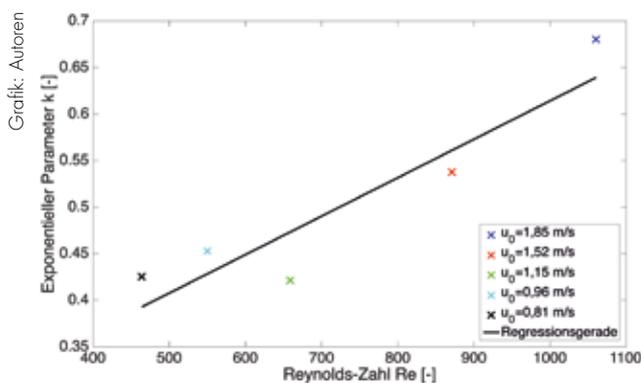


Abb. 2: Exponentieller Parameter k in Abhängigkeit der Reynolds-Zahl Re

Eine Regressionsgerade stellt einen linearen Zusammenhang zwischen dem Parameter k und der Reynolds-Zahl Re her (Optimierung in Excel):

$$k = 4,132 \cdot 10^{-4} \cdot Re + 0,2011 \quad (\text{Gl. 4})$$

Die Reynolds-Zahl wird hierbei mit dem Korndurchmesser d_k als charakteristische Länge gebildet:

$$Re = \frac{u_0 \cdot d_k \cdot \rho_F}{\mu_F} \quad (\text{Gl. 5})$$

In diese Berechnung gehen fluidspezifische Eigenschaften wie die Dichte ρ_F und die dynamische Viskosität μ_F des Strömungsmediums ein. Der exponentielle Parameter k ist demnach eine strömungsspezifische Größe, die (vereinfacht) die Geometrie des Schüttgutes berücksichtigt und für die Berechnung des Gesamtabseidegrades E zweckmäßig ist.

Es lässt sich durch eine Fehlerrechnung feststellen, dass die durch die Regression verursachte Abweichung des Gesamtabseidegrades gering ist. Der maximal errechnete Fehler ΔE liegt hier bei ungefähr 10 %-Punkten. Demzufolge lässt sich in der Simulation mit MATLAB ein realer Schüttfilter mit einer relativ hohen Genauigkeit abbilden.

Die Autoren danken dem Regensburg Center of Energy and Resources (RCER) für die großzügige finanzielle Unterstützung der Untersuchungen.

Literatur

- 1 Tardos, G., Pfeffer, R.: *Interceptional and Gravitational Deposition of Inertialless Particles*. In: *American Institute of Chemical Engineers*, 1980, S. 698-701, Band 26, Ausgabe 4.
- 2 Mühlbauer, G.: *Numerische und analytische Simulation der Staubabscheidung partikelbehalteter Abgase in Schüttfiltern*. OTH Regensburg, Masterarbeit, März 2014.
- 3 Löffler, F.: *Staubabscheiden*. 1. Auflage. Stuttgart: Georg Thieme Verlag, 1988. (Lehrbuchreihe Chemieingenieurwesen/Verfahrenstechnik).
- 4 Tardos, G., Abuaf, N., Gutfinger, C.: *Dust Deposition in Granular Bed Filters: Theories and Experiments*. In: *Journal of the Air Pollution Control Association*, 1978, S. 354-363.

Projektleitung

Prof. Dr.-Ing. Michael Elsner +49 941 943-5154
OTH Regensburg, Labor Wärmetechnik
michael.elsner@oth-regensburg.de

Projektmitarbeiter

Maximilian Mundi, B. Eng.
OTH Regensburg, Labor Wärmetechnik
maximilian.mundi@web.de
Lena Ebner, M. Sc. +49 941 943-5219
OTH Regensburg, Labor Wärmetechnik
lena2.ebner@oth-regensburg.de

Geldgeber

- Technologie- und Wissenschaftsnetzwerk Oberpfalz (TWO)
- Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT (Institutsteil Sulzbach-Rosenberg)

Kooperationspartner

Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT (Institutsteil Sulzbach-Rosenberg)

Projektlaufzeit

42 Monate

CARSEC

Sicherheitsuntersuchung an vernetzten Fahrzeugen

Autos und Computer. Die Verschmelzung dieser beiden Welten hat bereits vor Jahrzehnten begonnen. Verkaufsargumente wie exklusive Ausstattung oder hohe Motorleistung werden zunehmend von Themen aus der Computerwelt verdrängt. Automobilhersteller wetteifern um die besten Connected-Dienste, Smartphone-Apps und Cloud-Anbindungen. Nicht zuletzt hat der Abgasskandal gezeigt, welche Auswirkungen moderne Software auf das Herzstück des Autos haben kann.

Durch die fortschreitende Vernetzung von Fahrzeugen mit dem Internet ergeben sich komplett neuartige Gefahren und Bedrohungen für die IT-Sicherheit. In einem initialen Forschungsprojekt unter Leitung von Prof. Dr. Hackenberg wurde ein vernetztes Fahrzeug auf Angriffsflächen und mögliche Schwachstellen hin untersucht. Durch die Betrachtung des Gesamtsystems aus Fahrzeug, Smartphone, Webservern, Werkstattstern und vielen weiteren Komponenten konnte eine Risikoanalyse für verschiedene Angriffsszenarien erstellt werden. Diese Forschungsarbeit legt den Grundstein für weitere Forschungsprojekte zum Thema IT-Security im vernetzten Fahrzeug an der OTH Regensburg.

NEUE GEFAHREN DURCH NEUE FEATURES

Die Automatisierung immer komplexer werdender Aufgaben wie Spurhalte- oder Notbremsassistenten erfordert fahrzeugintern eine immer bessere Vernetzung vormals eigenständiger Systeme. Diese Kommunikation erfolgt über sogenannte Boardnetze¹, welchen jedoch in vielen vorangegangenen Studien bereits Schwachstellen nachgewiesen werden konnten.² Mit dem Trend zur Vernetzung der Fahrzeuge mit externen Geräten oder dem Internet, vor allem im Bereich des Infotainments, eröffnen sich gleichzeitig immer mehr Möglichkeiten, diese Schwachstellen auch über externe Kanäle auszunutzen zu können. Dadurch könnten Angriffe auf die

Computersysteme eines vernetzten Fahrzeugs den Komfort, das Eigentum, aber auch die Sicherheit der Passagiere sowie wirtschaftliche Interessen der Fahrzeughersteller gefährden. Datendiebstahl, Blockierung von Komfortdiensten im Fahrzeug, aber auch wesentlich tiefgreifendere Bedrohungen, wie die Übernahme und Fernsteuerung eines Fahrzeugs, sind denkbar. Dabei können Angriffe sowohl an der Außenhaut des Fahrzeugs als auch entfernt und damit wesentlich anonym über das Internet erfolgen, wodurch viele Angriffsszenarien auch als hochskalierbar betrachtet werden müssen. Dies wiederum stellt in vielerlei Hinsicht auch eine Gefährdung der wirtschaftlichen Interessen der Fahrzeughersteller im Allgemeinen dar, nicht zuletzt da auch Erpressungsversuche sowie die unberechtigte Funktionalitätserweiterung durch Neukalibration der Fahrzeuge nicht ausgeschlossen werden können.³

Foto: Autoren

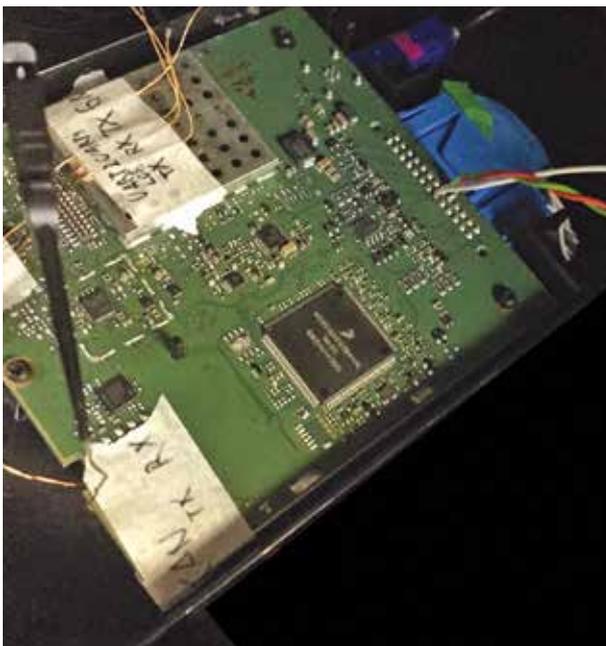


Abb. 1:
Steuergerät während einer Sicherheitsuntersuchung

PRAKTISCHE SICHERHEITSUNTERSUCHUNGEN – HACKEN IM NAMEN DER WISSENSCHAFT

Grau ist alle Theorie. Dies gilt gerade für Sicherheitsuntersuchungen. Um Bedrohungen und Sicherheitslücken realistisch einschätzen zu können, damit daraus abstrahierte Sicherheitsmodelle für strategische Entscheidungen erstellt werden können, ist die genaue Kenntnis eines Systems unerlässlich. Im Rahmen dieses Forschungsprojekts wurden alle sicherheitsrelevanten Komponenten, wie externe Schnittstellen, Bootloader oder Bussysteme eines Fahrzeugs, praktisch untersucht, um so Kenntnisse über die Angreifbarkeit eines Teilsystems im Fahrzeug zu erlangen. Für einen kompletten Angriff müssen in einem Fahrzeug grundsätzlich immer mehrere Komponenten angegriffen werden. Mit jeder zusätzlichen Komponente steigt jedoch die Komplexität eines Angriffs exponentiell an, wodurch ein vollständiger Angriff eines Fahrzeugs im Rahmen einer Sicherheitsuntersuchung in der



ARGES

ZUKUNFT LASERTECHNIK:
www.ARGES.de/career



pco.

on the **cutting** edge

Lust auf Hightech - Kameraentwicklung?
Wir bieten Jobs für kluge Köpfe

Bewerbungen an
application@pco.de



www.pco.de

ENTWICKLUNG EINER SYSTEMTECHNIK FÜR DAS QUASI-SIMULTANE LASER-DURCHSTRAHLSCHWEISSEN VON 3D-KUNSTSTOFFBAUTEILEN MIT TEMPERATURMESSUNG UND SPANNDRUCKREGELUNG

Sebastian Steger, OTH Regensburg; Anton Schmailzl, OTH Regensburg
Michael Dostalek, OTH Regensburg; Dominik Armbruster, OTH Regensburg
Stefan Hierl, OTH Regensburg

37

Das quasi-simultane Laser-Durchstrahlschweißen ist eine Kunststoff-Fügetechnologie, die sich zunehmend in der Automotive- und Medizintechnikindustrie sowie im Consumer-Bereich etabliert. Im Rahmen eines öffentlich geförderten Forschungsprojekts wurden neue Ansätze für die Überwachung und Regelung dieser Schweißtechnik untersucht. Es konnte gezeigt werden, dass durch eine pyrometrische Temperaturmessung, integriert in einen 3D-Scanner, Fehlstellen innerhalb der Schweißnaht trotz hoher Vorschubgeschwindigkeiten eindeutig erkannt werden und darauf aufbauend eine Prozessüberwachung möglich ist. Weitere Studien galten der Analyse des Einflusses einer Spanndruckregelung auf die Schweißnahtqualität. Parallel zu den experimentellen Untersuchungen wurden ein FEM-Prozessmodell entwickelt sowie Strategien erarbeitet, die eine drastische Reduktion der Rechenzeit für die FEM-Modelle erlauben.

EINLEITUNG

Das quasi-simultane Laser-Durchstrahlschweißen erfordert die Anordnung der zu fügenden Bauteile in einer Spannvorrichtung im Überlappstoß. Der Laserstrahl mit einer Wellenlänge im nahen Infrarot ($\lambda \approx 1 \mu\text{m}$) wird in mehreren Umläufen entlang der Schweißkontur geführt, durchtritt den oberen, transparenten Fügepartner und erwärmt den unteren, absorbierend gefüllten Kunststoff oberflächennah. Infolge der hohen Scanfrequenzen stellt sich eine nahezu zeitgleiche Erwärmung der gesamten Fügekontur ein. Derzeitig verfügbare Prozessüberwachungsmethoden, wie z. B. die Fügewegüberwachung, ermöglichen keine Aussagen über lokale Defekte in der Schweißnaht, weshalb für viele Anwendungen eine anschließende Bauteilprüfung erforderlich ist. Insbesondere thermisch geschädigte oder nicht verschweißte Bereiche, die zu Leckagen führen, können durch eine Online-Temperaturmessung erkannt werden.

PROZESSÜBERWACHUNG MITTELS PYROMETERBASIERTER TEMPERATURMESSUNG

Zur Temperaturmessung wird in einem 3D-Scanner die von der Schweißnaht emittierte Wärmestrahlung über einen dichroitischen Strahlteiler ausgekoppelt und anschließend von einem fasergekoppelten Bandstrahlungs-pyrometer erfasst (siehe Abbildung 1).

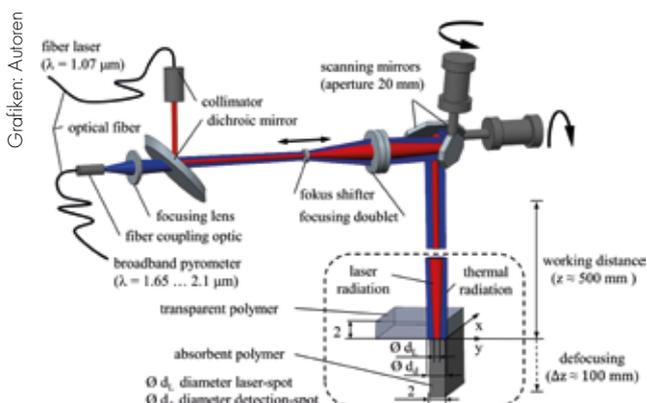


Abb. 1: Strahlengang eines 3D-Scanners mit integriertem Bandstrahlungs-pyrometer

Zur Verifizierung der Messtechnik werden Versuchsproben mit gezielt eingebrachten Störstellen mit verschiedenen Parametersätzen geschweißt. Dazu werden Laserstrahl und Messfleck bei eingeschaltetem Laser von Pos. I nach Pos. II abgelenkt (siehe Abbildung 2, Seitenansicht Versuchsprobe unterhalb 3D-Diagramm). Anschließend wird der Messfleck mit gleicher Geschwindigkeit, aber bei ausgeschaltetem Laser zurück zu Pos. I geführt. Das Temperatursignal setzt sich somit je Strahlumlauf aus einer Bestrahlungs- und einer Abkühlphase zusammen und kann anschaulich über x-Position und Strahlumlauf in einem 3D-Diagramm dargestellt werden.

Abbildung 2 zeigt exemplarisch die Temperaturverläufe einer Gutteilschweißung und einer Schweißung mit verrundeter Kerbe im absorbierenden Partner, der eine durch Bauteilverzug spaltbehaftete Baugruppe repräsentieren soll. Diese und weitere lokale Störstellen, wie z. B. Fremdkörper zwischen den Fügepartnern, können anhand des Temperatursignals identifiziert werden, wodurch kostenintensive Prüfungen entfallen können.

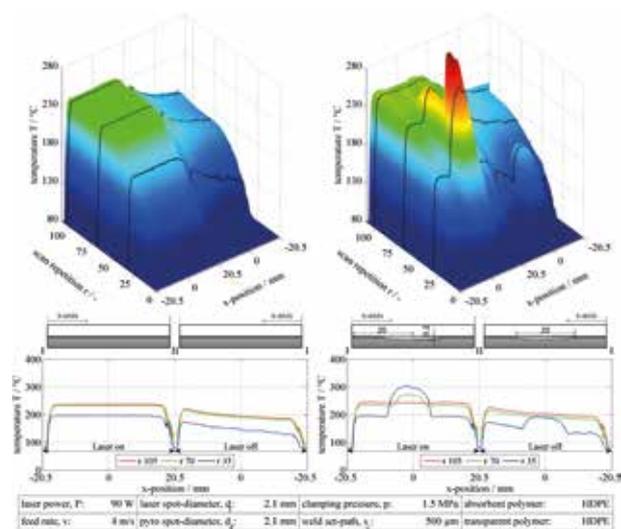


Abb. 2: Temperaturverläufe einer Gutteilschweißung (links) und einer Schweißung mit verrundeter Kerbe (rechts)

SIMULATION VON STRAHLENGÄNGEN

Zur Analyse und Bewertung des Strahlengangs der zu erfassenden Wärmestrahlung (Prinzip siehe Abbildung 1) wird ein geometrisch-optisches Modell des Scanners mithilfe des Optik-Berechnungsprogramms Zemax erstellt. Dieses Modell offenbart eine Vignettierung der Wärmestrahlung am Fokussifter. Untersuchungen an einem weiteren Modell mittels Monte-Carlo-Raytracing unter Berücksichtigung der Beschichtungen und Geometrie aller optischen Komponenten und der Leistung der Wärmestrahlung zeigen einen Gesamttransmissionsgrad des optischen Aufbaus von lediglich 30 %, der neben der Vignettierung hauptsächlich auf die nicht optimierte Beschichtung von Fokussierdublette und Fokussifter zurückzuführen ist. Hinsichtlich der Steigerung der detektierbaren Wärmestrahlungsleistung besteht also ein großes Optimierungspotenzial. Zusätzlich besteht die Möglichkeit, dass durch die Auskopplung der Wärmestrahlung zwischen Scannerspiegel und Fokussierdublette, bei ausreichend hoher Wärmestrahlungsleistung, eine deutliche Reduktion des Messfleckdurchmessers erreicht werden kann. Dies kann die Anfälligkeit des Messsystems auf unsymmetrischen Schmelze-austrieb reduzieren und zugleich die Temperaturbestimmung bei kleinen Stegbreiten ermöglichen.

SPANNDRUCKREGELUNG UND -VARIATION

Prozessparameter, wie z. B. der Spanndruck oder die Laserleistung, werden üblicherweise während eines Schweißprozesses unverändert belassen, wobei kurze Prozesszeiten durch einen hohen Spanndruck oder eine hohe Laserleistung erreicht werden können. Um von Beginn an einen ausreichend guten thermischen Kontakt zwischen den Fügepartnern zu gewährleisten, ist ebenfalls häufig ein hoher Spanndruck unumgänglich. Bei zu hohem Spanndruck sind in der Regel jedoch Einbußen hinsichtlich der Schweißnahtqualität in Kauf zu nehmen. Die Verringerung des Spanndrucks während des Prozesses bietet eine elegante Möglichkeit, diesen Zielkonflikt zu umgehen und kann mittels einer kraftgeregelten Spannvorrichtung auch in Kombination mit kurzen Prozesszeiten realisiert

WEITERE INFORMATIONEN

Neben einer umfangreichen Diskussion der Möglichkeiten und Grenzen der entwickelten Temperaturmesstechnik sowie deren Optimierungspotenzial finden Sie alle aktuellen Ergebnisse zu den Themen Spanndruckvariation und FEM-Prozessentwicklung in der ausführlichen Onlinevariante dieses Berichts.

werden. Untersuchungen an Polyamid 6 zeigen, dass hierdurch vergleichbare Festigkeiten erreicht werden können wie mit konstant niedrigem Fügedruck.

PROZESSENTWICKLUNG MITTELS FEM-SIMULATION

Um die physikalischen Abläufe während des Schweißens besser zu verstehen, werden begleitend zu den experimentellen Untersuchungen FEM-Simulationen durchgeführt. Die hohe Vorschubgeschwindigkeit des Lasers in Verbindung mit der kleinen Wechselwirkungszone erfordert jedoch eine hohe zeitliche und räumliche Diskretisierung, wodurch sich bei einer Temperaturfeldberechnung in einem dreidimensionalen Modell eine Rechenzeit von mehreren Tagen ergibt. Im Hinblick auf simulationsgestützte Prozessentwicklung ist neben einer hinreichenden Genauigkeit auch eine adäquate Rechenzeit erforderlich. Deshalb wurde ein 2D-Modell entwickelt, mit dem die Rechenzeit bei einer hinreichenden Genauigkeit der Ergebnisse auf wenige Minuten reduziert werden kann. In weiteren Untersuchungen soll dieses Modell um eine thermo-fluid-mechanische Kopplung erweitert werden, sodass die Wechselwirkung in der Wärmeeinflusszone, insbesondere der Einfluss des Schmelze-austriebs auf die Wärmebilanz, mathematisch beschrieben werden kann. Übergeordnetes Ziel ist es, Prozessparameter in simulatorischen Studien schnell zu evaluieren und somit experimentelle Studien im Umfang deutlich zu reduzieren.

Projektleiter

Prof. Dr. Stefan Hierl +49 941 943-5175
Labor Laser-Materialbearbeitung
stefan.hierl@oth-regensburg.de

Geldgeber

Bayerisches Staatsministerium für Bildung und Kultus, Wissenschaft und Kunst

Kooperationspartner

- ARGES GmbH, Wackersdorf
- Bayerisches Laserzentrum GmbH, Erlangen
- INOTECH Kunststofftechnik GmbH, Nabburg

Projektlaufzeit

Mai 2012 bis Dezember 2015

Fördersumme

259.600 €

Projekthomepage

www.oth-regensburg.de
(♦ Fakultäten ♦ Maschinenbau ♦ Labore)

STRUKTURMECHANISCHE ANALYSE EINES TIEFZIEHWERKZEUGS MIT DER FINITE-ELEMENTE-METHODE

Fabian Koch, OTH Regensburg, Labor FEM und Labor Maschinendynamik und Strukturanalyse
 Philipp Thumann, OTH Regensburg, Labor FEM und Labor Maschinendynamik und Strukturanalyse
 Krzysztof Swidergal, OTH Regensburg, Labor FEM und Labor Maschinendynamik und Strukturanalyse
 Marcus Wagner, OTH Regensburg, Labor FEM und Labor Maschinendynamik und Strukturanalyse

39

In der Automobilindustrie hat die Blechumformung in der Karosserieherstellung einen sehr hohen Stellenwert, da damit hohe Stückzahlen zu relativ niedrigen Stückkosten produziert werden können. Zur Steigerung der Kosteneffizienz sind kürzere Prozesstakte eine Möglichkeit. Diese verursachen für die Herstellung einer Karosseriekomponente allerdings schnellere Umformbewegungen des hierfür verwendeten Werkzeugs. Dabei werden vermehrt Schäden an einzelnen Werkzeugbauteilen festgestellt. Zielsetzung in diesem Projekt ist zum einen die Untersuchung des Gesamtwerkzeugs und einer kritischen Werkzeugkomponente mithilfe der Finite-Elemente-Methode und zum anderen eine abschließende rechnerische Lebensdauerbewertung.

EINLEITUNG

Die hohen zyklischen Belastungen in einem Umformwerkzeug führen vermehrt zu Schäden an einzelnen Komponenten. Daraus resultieren ungewollte Maschinenausfälle. Um diesen Ausfällen schon vor Produktionsbeginn entgegenzuwirken, ist bereits in der Werkzeugentwicklung eine Auslegung der Betriebsfestigkeit unter Zuhilfenahme der Finite-Elemente-Methode (FEM) vorteilhaft. Grundvoraussetzung dafür ist die simulative Untersuchung des Gesamtwerkzeugs während eines Arbeitshubs. Vorab wird dazu die Funktionsweise des Gesamtwerkzeugs mit den Hauptbewegungsabläufen und entscheidenden Komponenten erarbeitet (siehe Abbildung 1). Dies beinhaltet u. a. Kenntnisse des genutzten Umform- und Beschneideprozesses sowie zu Kontakten und Interaktionsweisen von Bauteilen im Werkzeug zueinander.¹

Nach der Berechnung des Werkzeugs mit einer Taktzahl von 14 Hüben pro Minute folgt eine Hubzahlsteigerung auf 18 Hübe pro Minute. Die daraus resultierenden Berechnungen werden hinsichtlich ihrer Ergebnisse verglichen. Für eine anschließende rechnerische Lebensdauerbewertung muss die kritischste Werkzeugkomponente gefunden und simuliert werden. Mithilfe der ermittelten Lebensdauer kann eine Aussage über die Betriebsfestigkeit der Werkzeugkomponente getroffen werden und dadurch abseits von aufwendigen Versuchen eine Optimierung der Standzeit des Tiefziehwerkzeugs erfolgen. Dafür ist zusätzlich die Erarbeitung des vorherrschenden Lastkollektivs notwendig.

MODELLAUFBAU UND AUSGANGSSIMULATION

Im Rahmen von vorangegangenen Untersuchungen an diesem Werkzeug im FEM-Labor der OTH-Regensburg² ist ein Simulationsmodell des Werkzeugs entstanden, das als Grundlage für dieses Projekt dient. Die Aufteilung der CAD-Bauteile in finite Elemente und die Erstellung der „Randbedingungen“, welche die Definition von Last- und Lagerbedingungen beinhalten, erfolgt dabei im Programm ANSA von Beta Systems. Das fertige Modell wurde mit einer Lastkurve für 14 Hübe

pro Minute simuliert. Die hinterlegte Kurve im Berechnungsmodell repräsentiert eine einzelne Hubbewegung der Werkzeugoberteile für einen Blech-Umformzyklus. Des Weiteren beinhaltet die Simulation nur den wichtigen Umformprozess des Werkzeugs, da der leere Hubweg der Werkzeugoberteile keine signifikanten Beanspruchungen verursacht. Dies wirkt sich positiv auf die Gesamtrechenzeit aus. Hierfür ist aber eine Anpassung der Lastkurve notwendig.

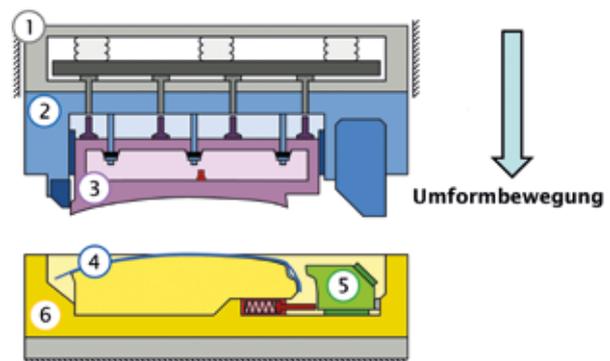


Abb. 1: Prinzipskizze des behandelten Tiefziehwerkzeugs mit den wichtigsten Bauteilen: 1: Pressenstößel, 2: Oberenteil, 3: Niederhalter, 4: Platine, 5: Einstellschieber, 6: Unterteil

ANPASSUNG DER LASTKURVE

Um mehrere Karosseriekomponenten in der gleichen Zeit herstellen zu können, muss die Hubzahl ansteigen. Für die Realisierung der erhöhten Hubzahl muss die Zeit-Geschwindigkeits-Funktion angepasst werden. Hierfür werden die erforderlichen Parameter skaliert. Da die Umformgeschwindigkeit des Werkzeugs ansteigen muss, wird als Umrechnungsgrundlage der Lastkurve der Faktor $F_a^v = \frac{18}{14} = 1.29$ verwendet. Mit diesem Faktor wird die Geschwindigkeit an jedem Kurvenpunkt multipliziert. Dadurch kann der gewünschte Anstieg der Geschwindigkeit realisiert und eine Hubzahl von 18 Hüben pro Minute innerhalb der FEM-Berechnungen umgesetzt werden.

ERGEBNISSE

Spannungsunterschiede am Niederhalter

Beim Vergleich der Spannungen (nach Gestaltänderungsenergiehypothese) am Niederhalter können Unterschiede zwischen dem neuen Berechnungsmodell und dem Ausgangsmodell festgestellt werden. Dabei erhöht sich in Teilbereichen die Spannung um rund 60 %. Bei der Verformung des Niederhalters während der Hubbewegung werden keine relevanten Spannungswerte oberhalb der Streckgrenze des Materials EN-GJS-600 von 370 MPa festgestellt, was auf eine Verformung im linear-elastischen Bereich schließen lässt.³ Dies fordert somit auch eine lineare Zunahme der Spannungen um den Lastkurvenfaktor F_a^v . Jedoch treten bei der Spannungsauswertung starke Unterschiede zu diesem Faktor auf, was auf nichtlineare Effekte bei der Belastung während der Simulation hindeutet. Eine weitere detaillierte Untersuchung erfolgt bei der Simulation des Einzelbauteils.

Starke Verformungen an Elastomerpuffern

Wie in Abbildung 2 zu sehen ist, tritt mit dem skalierten FEM-Modell Elementversagen an den modellierten Elastomerpuffern auf. Daraus kann geschlossen werden, dass diese Komponenten bei erhöhter Taktzahl einem höheren Verschleiß im realen Tiefziehwerkzeug unterliegen und somit ein erhöhter Austauschzyklus der Elastomerpuffer nötig ist.

AUSBLICK

Für die weitere Arbeit im Projekt soll der Niederhalter näher untersucht werden. Dies beinhaltet eine separate Simulation des Einzelbauteils mit Bezug auf FEM-spezifische Problemstellungen und liefert die Basis für eine rechnerische Lebensdauerbewertung. Damit können genaue Aussagen über die Betriebsfestigkeit des Niederhalters im Fertigungsprozess getroffen werden.

Projektleitung

Prof. Dr.-Ing. Marcus Wagner
Labor Finite-Elemente, Labor Maschinendynamik
marcus.wagner@oth-regensburg.de

Projektmitarbeiter

Fabian Koch, B. Eng.
Philipp Thumann, M. Sc.
Krzysztof Swidergal, M. Sc.

Kooperationspartner

BMW Group

Projektlaufzeit

6 Monate

Grafik: Autoren

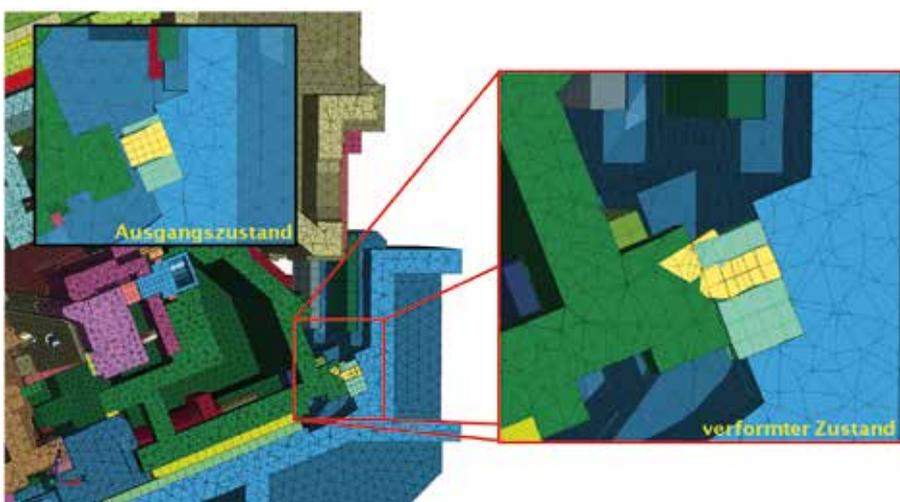


Abb. 2: Elastomerpuffer im Ausgangszustand und verformten Zustand

Literatur

- 1 Birkert, A., Haage, S., Straub, M.: Umformtechnische Herstellung komplexer Karosserieteile, Springer Vieweg, 2013.
- 2 Swidergal, K., Lubeseder, C., Wurmb, I., Lipp, A., Meinhardt, J., Wagner, M., Marburg, S.: Experimental and Numerical Investigation of Blankholder's Vibration in a Forming Tool: A Coupled MBS-FEM Approach. In: Production Engineering, vol. 9, 2015, S. 623–634.
- 3 Wittel, H., Muhs, D., Jannasch, D., Voßiek, J.: Roloff/Matek – Maschinenelemente – Normung, Berechnung, Gestaltung. Vieweg+Teubner, Wiesbaden, 2009.

NEUE BERECHNUNGSMETHODE FÜR RISER-TENSIONER-SEILE

Ulrich Briem, OTH Regensburg

41

Riser-Tensioner-Seile sind im Betrieb einer hohen Belastung ausgesetzt. In Abhängigkeit von der Auf- und Abbewegung einer Plattform im Wellengang wird nur eine relative kurze Seilzone in der Riser-Tensioner-Anlage durch Biegewechsel beansprucht. Für eine gleichmäßige Ausnutzung der gesamten Seillänge wird das Seil in regelmäßigen Zeitabständen nachgerückt. Das Zeitintervall zwischen zwei Nachrückungen wird durch die Anzahl von Ton-Cycles bestimmt, die sich aus dem Produkt der Seilzugkraft und der Anzahl der Wellenhübe ergibt. Die Rückungslänge und die Anzahl der Ton-Cycles zwischen zwei Nachrückungen sind durch die Hersteller von Riser-Tensioner-Anlagen und durch Erfahrung festgelegt. Das verbesserte Ermüdungsverhalten moderner Seilkonstruktionen wird oftmals nicht ausreichend berücksichtigt. Im Folgenden wird eine Berechnungsmethode vorgestellt, mit der eine optimierte Rückungslänge (in Abhängigkeit von der Geometrie der Riser-Tensioner-Anlage und der Amplitude der Wellenhübe) und ein optimiertes Zeitintervall zwischen zwei Nachrückungen (in Abhängigkeit vom Ermüdungsverhalten der verwendeten Seilkonstruktion) angegeben werden kann.

EINLEITUNG

Weltweit gibt es sehr viele Bohr- und Produktionsplattformen, die offshore, d. h. auf dem Meer arbeiten. In diesen Fällen sind die Plattformen und der Meeresboden durch ein vertikales Rohr (Riser) verbunden. Ein solcher Riser setzt sich zusammen aus einer Platte (BOP) und einer gewissen Anzahl von Rohrelementen, die abschnittsweise zusammengeschraubt und von der Plattform ins Meer abgesenkt werden. Um ein Zusammenbrechen des Risers zu verhindern, muss der Riser unter einer bestimmten Spannung gehalten werden. Um gleichzeitig eine Auf- und Abwärtsbewegung der Plattform im Wellengang zu ermöglichen, können Riser und Plattform nicht fest miteinander verbunden sein, sondern werden durch sogenannte Riser-Tensioner-Seile miteinander verbunden. Auf diese Weise kann der Riser unter konstanter Spannung gehalten werden, während die Plattform sich gleichzeitig im Wellengang bewegen kann. Üblicherweise sind 12 bis 16 solcher Riser-Tensioner-Systeme auf einer Plattform angeordnet. Abbildung 1 zeigt einige dieser Riser-Tensioner-Systeme.

RISER-TENSIONER-ANLAGE

Den prinzipiellen Aufbau einer einzelnen Riser-Tensioner-Anlage zeigt Abbildung 2. Das Seil kommt von der Speichertrommel und wird am sogenannten Blind-End-Block geklemmt. Von hier läuft das Seil in eine vierfache Einsicherung und über eine sogenannte Idler-Scheibe zum Riser. Ein Hydraulikzylinder zwischen Blind-End-Block und Rod-End-Block erzeugt im Seil eine vorher festgelegte Seilzugkraft. Wenn die Plattform sich im Wellengang auf- und abbewegt, führt der Rod-End-Block ebenfalls Auf- und Abwärtsbewegungen aus. Das Seil bewegt sich vorwärts und rückwärts auf den Seilscheiben unter einer weitgehend konstanten Seilzugkraft. In Abhängigkeit von der Wellenamplitude vollführen die einzelnen Seilzonen zwei, einen oder keinen Biegewechsel pro Wellenbewegung.

Im Vergleich zur gesamten Seillänge im System sind die gebogenen Seilzonen sehr klein. Für eine gleichmäßige Ausnutzung der gesamten Seillänge wird das Seil in regelmäßigen Zeitabständen nachgerückt. Obwohl es einen Trend zu Riser-Tensioner-Anlagen mit fixen Seillängen gibt, werden bei den meisten Anlagen weltweit die Seile noch nachgerückt.¹ Das Zeitintervall zwischen zwei Nachrückungen wird durch die Anzahl von Ton-Cycles bestimmt, die sich aus dem Produkt der Seilzugkraft und der Anzahl der Wellenhübe ergibt. Die Rückungslänge und die Anzahl der Ton-Cycles zwischen zwei Nachrückungen sind durch die Hersteller von Riser-Tensioner-Anlagen und durch Erfahrung festgelegt.



Abb. 1: Riser-Tensioner-Anlagen

Foto: Autoren

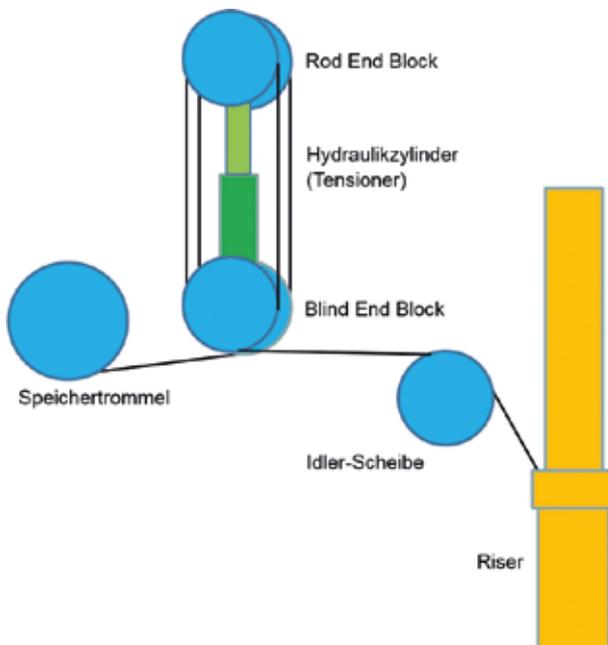


Abb. 2: Prinzipieller Aufbau einer Riser-Tensioner-Anlage

BERECHNUNGSMETHODE

Aufgrund der Wellen- bzw. Zylinderhübe vollführen verschiedene Zonen der im System befindlichen Seillänge einzelne Biegewechsel. Pro Wellenhub ergibt sich so eine bestimmte Biegewechselverteilung auf der im System befindlichen Seillänge. Entscheidend für das Seil ist aber aufgrund der Nachrückvorgänge die Aufsummation der Einzelbiegewechselverteilungen zur Gesamtbiegewechselverteilung. Der Maximal-

wert der Gesamtbiegewechselverteilung erreicht sehr schnell ein Maximum, das durch weitere Nachrückungsvorgänge nicht weiter erhöht wird. Daher wird dieser Maximalwert Sättigungsbiegewechselzahl genannt.

Mithilfe der Lebensdauergleichung von Feyrer^{2, 3} lässt sich aus den Geometrie-, Last- und Seildaten der Riser-Tensioner-Anlage die Biegewechselzahl bis zum Erreichen der Ablegereife des Seils berechnen. Die Biegewechselzahlen pro Wellenhub lassen sich mithilfe der Schadensakkumulationshypothese von Palmgren und Miner^{4, 5} zur Gesamtzahl der ertragbaren Wellenhübe zusammenfassen.

Der Kehrwert der ertragbaren Wellenhübe ist die Seilschädigung, die pro Wellenhub erzeugt wird. Die einzelnen Seilschädigungen lassen sich zur Gesamtseilschädigung aufaddieren. Wenn die Gesamtseilschädigung den Wert 1,0 erreicht hat, muss das Seil nachgerückt werden.

BERECHNUNGSBEISPIELE

Zum Nachweis der Erhöhung der Seilaufliegezeit durch die neue Berechnungsmethode wurden einige Berechnungsbeispiele ausgeführt. Die Berechnungen basierten auf den Daten einer existierenden Riser-Tensioner-Anlage.⁶ Dabei wurden verschiedene Annahmen von Zylinderhubprofilen ausgewählt.⁷ Die Berechnungen haben gezeigt, dass Erhöhungen der Seilaufliegezeit um den Faktor 2 bis 3 erreicht werden können.

ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Seile in Riser-Tensioner-Anlagen werden in regelmäßigen Zeitabständen nachgerückt. Das Zeitintervall zwischen zwei Nachrückungen wird durch die sogenannte Anzahl von Ton-Cycles bestimmt, die sich aus dem Produkt der Seilzugkraft und der Anzahl der Wellenhübe ergibt. Die Anzahl der Ton-Cycles ist unabhängig vom Ermüdungsverhalten des verwendeten Drahtseils.

Es wurde eine neue Berechnungsmethode vorgestellt, mit der eine optimierte Rückungslänge (in Abhängigkeit von der Geometrie der Riser-Tensioner-Anlage und der Amplitude der Wellenhübe) und ein optimiertes Zeitintervall zwischen zwei Nachrückungen (in Abhängigkeit vom Ermüdungsverhalten der verwendeten Seilkonstruktion) angegeben werden kann. Berechnungsbeispiele haben gezeigt, dass durch die neue Berechnungsmethode eine signifikante Erhöhung der Seilaufliegezeit möglich ist.

Literatur

- 1 Chaplin, C. R., Bradon, J. E., Ridge, I. M. L.: Modelling Fatigue Damage Distribution to Inform Slip and Cut Policy for Riser Tensioner Ropes. OIPEEC Conference Johannesburg, 2007.
- 2 Feyrer, K.: Wire Ropes. Tension, Endurance, Reliability. Berlin, New York: Springer Verlag, 2007, ISBN-103-540-33821-7.
- 3 Feyrer, K.: Die Lebensdauer laufender Drahtseile unter dem Größeneinfluss. Lift-Report 37, 2011, S. 12–18.
- 4 Palmgren, A.: Die Lebensdauer von Kugellagern. Z. VDI 68, 1924, S. 339–341.
- 5 Miner, M. A.: Cumulative Damage in Fatigue. Journal of Applied Mechanics. Trans ASNE 67, 1945, S. 159–164.
- 6 Briem, U.: Unpublished Test Report, 2002.
- 7 Mundi, M.: Seillebensdauer in Riser-Tensioner-Anlagen. Unpublished Bachelor Thesis. OTH Regensburg, 2014.

Projektleitung

Prof. Dr.-Ing. Ulrich Briem
ulrich.briem@oth-regensburg.de

+49 941 943-5191

ENTWICKLUNG EINES ENERGIEVERSORGUNGSKONZEPTE MIT DEM KUKA YOUTBOT

Dirk Sindensberger, OTH Regensburg
 Andreas Diermeier, OTH Regensburg
 Gareth Monkman, OTH Regensburg
 Stefan Spreitzer, Infineon Technologies AG

43

In der automatisierten Produktion wird der Anteil von Robotern stetig größer, wodurch die Zusammenarbeit zwischen Mensch und Maschine in Produktionsräumen immer mehr an Bedeutung gewinnt. Das Projekt „Isabel“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF), an dem die Infineon Technologies AG als Teil des Konsortiums teilnimmt, zielt hierbei auf Materiallogistik und Handhabung ab. Ein Serviceroboter soll für den Materialtransport im Reinraum eingesetzt werden und sich hierbei mittels Sensorik kollisionsfrei in einem nicht statischen Arbeitsumfeld bewegen. Ein Teil des Versuchs findet in enger Anlehnung an die Produktionsabläufe innerhalb der OTH Regensburg statt. Zur genauen Ermittlung der Energieverbräuche nutzen wir einen von Infineon Technologies AG bereitgestellten KUKA youBot, der als skaliertes Modell dient. Der Roboter arbeitet im Labor der Mechatronics Research Unit (MRU) verschiedene Logistikprozesse ab und soll, im Rahmen einer Bachelorarbeit, eine Datenbasis zum Energieverbrauch des Serviceroboters schaffen, aus der im späteren Projektverlauf ein Konzept zur Energieversorgung entwickelt werden kann.

Die Effizienz moderner Produktionen in den Bereichen Life Science und Halbleitertechnologie basiert auf einem hohen Automatisierungsgrad in der Fertigung. Ein wichtiger Teil jeder Fertigung ist eine effiziente Materialhandhabung und Logistik, um die Qualität und die Termintreue zu steigern und gleichzeitig die Anzahl der Bedienungsfehler oder Produktionspausen zu senken. Besondere Bedeutung hat hierbei die Zusammenarbeit der automatisierten Systeme mit dem Menschen gewonnen, vor allem dadurch bedingt, dass sich die Arbeitsbereiche nicht immer trennen lassen und häufiger überschneiden. Die Entwicklung neuer Konzepte wird not-

wendig, damit Mensch und Maschine sich einen Arbeitsraum teilen können, ohne sich gegenseitig zu behindern oder zu gefährden und folglich eine tatsächliche und unmittelbare Zusammenarbeit entstehen kann (Abbildung 1).

Im Rahmen des vom BMBF geförderten Projektes Isabel (Innovativer Serviceroboter mit Autonomie und intuitiver Bedienung für effiziente Handhabung und Logistik) arbeiten Infineon Technologies AG und KUKA, innerhalb eines größeren Forschungskonsortiums, an der Entwicklung einer mobilen Plattform, die als anwendungsbezogene Weiterentwicklung vom klassischen Industrieroboter hin zu einem marktfähigen Serviceroboter fungieren soll. Die besonderen Ansprüche an einen Reinraum der Halbleiterindustrie, wie beispielsweise die aufwendige Luftaufbereitung, erlauben bereits aus wirtschaftlichen Gründen keine Platzverschwendung, weshalb sich die Arbeitsbereiche von Mensch und Maschine zunehmend überschneiden werden. Es ist daher wichtig, dass sich ein Serviceroboter im Reinraum autonom bewegt und Menschen und Hindernissen selbstständig ausweicht. Der Mensch muss somit keine besondere Rücksicht auf die Technik nehmen und wird darüber hinaus nicht bei der Arbeit behindert.

Für diesen Zweck ermöglicht Isabel die Entwicklung von Schlüsseltechnologien und nutzt die sensorgestützte Perception zur Echtzeit-Planung von Roboterbewegungen und Ausführungsüberwachungen im Bereich der Materiallogistik und der Materialhandhabung. Die Mechatronics Research Unit (MRU) der OTH Regensburg unterstützt hierbei Infineon Technologies Regensburg bei der Bestimmung des Energieverbrauchs der mobilen Plattform, um zukünftig ein Energieversorgungskonzept für einen Serviceroboter entwickeln zu können (Abbildung 2).

Foto: Autoren



Abb. 1: Mobile Plattform des Isabel Projektes



Abb. 2: KUKA youBot im Labor der MRU

Die MRU nutzt hierfür einen KUKA youBot, der als verkleinertes aber skalierbares Modell dient und die Produktionsabläufe im Reinraum abarbeitet. Die ebenfalls skalierte Arbeitsumgebung des Roboters stellt hierbei seinen Einsatz in der Materiallogistik nach und erlaubt eine Ermittlung des Energiebedarfs unter realen Bedingungen. In die Programmierung werden zu diesem Zweck neben den Sensordaten zur Umgebungserfassung auch produktionstypische Ereignisse wie Aufträge höherer Priorität, Umladen von Material und Wartezeiten einbezogen. Ein Ergebnis unserer Arbeit soll ein anwendbares Modell zur Abschätzung des Energieverbrauchs der Plattform sein, mit dem Arbeits- und Ladezyklen geplant werden können. Dieses Modell erlaubt die effektive Integration eines Serviceroboters in den Produktionsablauf und die strategische Planung von Ladezyklen und Energieversorgungskonzepten dieses Roboters in der realen Produktion.

Nach Abschluss der Arbeiten sind Folgeprojekte im Gespräch, denkbar sind die Weiterentwicklung der Produktionsprozesse auf der KUKA youBot-Plattform und das Einbringen der mobilen Robotik als Teil der Ausbildung bei Infineon Technologies AG.

Literatur

- 1 Schmitt, F.: Reinraumsicheres Energiemanagement für mobile Robotersysteme. Bachelorarbeit, OTH-Regensburg 2015.
- 2 Isabel Projekt, www.projekt-isabel.de
- 3 KUKA youBot, www.kuka-robotics.com

Projektleitung

Prof. Dr. Gareth Monkman, PhD, M. Sc. +49 941 943-1108
Mechatronics Research Unit (MRU)
gareth.monkman@oth-regensburg.de

Dirk Sindersberger, Dipl.-Phys. (Univ.) +49 941 943-1236
Mechatronics Research Unit (MRU)
dirk.sindersberger@oth-regensburg.de

Projektfinanzierung

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), Projekt Isabel

Forschungspartner

Infineon Technologies AG, Standort Regensburg

Projektlaufzeit

12 Monate
mit der Option auf Folgeprojekte

EPISTEME – HOCHSCHULPARTNERSCHAFTEN MIT GRIECHENLAND – Mehr als Ouzo und Tsatsiki? Studie zu Erfahrungen und stereotypen Vorstellungen deutscher Studierender in Bezug auf die griechische Ess- und Trinkkultur

Sabrina Beiderbeck, OTH Regensburg

45

Im Rahmen des DAAD-Projekts „Episteme – Hochschulpartnerschaften mit Griechenland“ fanden 2014 und 2015 Summer Universities auf Kreta statt. Hierbei wurden jeweils 20 Studierende der OTH Regensburg zu ihren Erwartungen vor der Reise und ihren tatsächlichen Erlebnissen befragt. Deutlich wurde vor allem die hohe kulturelle Relevanz stereotyper Vorstellungen zum Themenkomplex griechisches Essen und Trinken. Zu den zentralen Aufgaben der Studie gehörte es, diese Vorstellungen anhand des Modells von Tolksdorf (Abbildung 1) zu analysieren. Nicht reflektierte, gesellschafts-immanente Wertigkeiten konnten dabei herausgearbeitet werden. Ziel ist es, zu einem besseren Verständnis zwischen der deutschen und der griechischen Kultur beizutragen.

EINFÜHRUNG

Als Ausdruck einer griechischen Lebensweise und Bestandteil des Phänomens Mediterranität zeigen Speisen, Getränke und Verzehrsituation kulturelle Wertigkeiten auf. Die Sehnsucht nach dem europäischen Süden ist kein neues Phänomen, jedoch nimmt es im Zuge des wachsenden Tourismus einen immer größeren Stellenwert im Leben vieler Deutscher ein. Mediterrane Kost gilt zudem als gesund. In Form von Olivenöl, tanninhaltigem Rotwein, Tomaten usw. sorgt diese laut dem sogenannten French Paradox dafür, dass Menschen in Mittelmeerländern weniger häufig an Herzinfarkten sterben als in anderen westlichen Industrienationen (vgl. Rolshoven 2001, 148). Auch griechischen Lebensmitteln und besonders der Cretan Diet wird eine gesundheitsfördernde Wirkung zugesprochen. Diese Bewertung steht in unmittelbarem Zusammenhang mit deren positiver Konnotation.

Die Verbreitung von stereotypen Vorstellungen zeigte sich auch in dieser Studie:

„Wenn ich an Griechenland denke, denke ich zu allererst an das gute Essen: den Fetakäse, Tsatsiki, Fladenbrot, Oliven usw. dazu immer noch einen Ouzo. [...] Mit den Griechen selbst assoziiere ich Gastfreundlichkeit und Gemütlichkeit.“ (Studentin, 20 Jahre)

ZIELSETZUNG UND FRAGEN

Ziel der Studie ist es, Vorstellungen deutscher Studierender in Bezug auf eine griechische Ess- und Trinkkultur exemplarisch darzustellen. Im Fokus steht die Frage, wie sich diese nach dem Kulturkontakt verändern: Welche kulturellen Wertigkeiten lassen sich daran ablesen? Welche Aussagen im Vergleich deutscher und griechischer Lebensstilkonzepte können getroffen werden? Wie kann das Wissen darüber die Zusammenarbeit der Studierenden verbessern? Es geht nicht darum, Stereotype auf ihren Wahrheitsgehalt hin zu untersuchen, sondern diese als Informanten für Werthaltungen der Befragten zu analysieren.

GRUNDLAGE UND METHODE

Grundlage sind zwei einwöchige interdisziplinäre Summer Universities auf Kreta im Rahmen des DAAD-Projekts „Episteme“. Im Sommer 2014 und 2015 wurden jeweils 20 Studierende der OTH Regensburg schriftlich zu ihren Erwartungen und Erlebnissen befragt. Methodisch erfolgte die Untersuchung anhand des Modells von Tolksdorf. Essen und Trinken wird hierbei als eine Form des sozialen Handelns und als kulturelles System aufgefasst (vgl. Tolksdorf 2001, 240). Der Systemcharakter der griechischen Ernährung – gebündelt in der Mahlzeit – spiegelt sich in den Aussagen der Befragten wider. Zentral ist, dass nicht nur Speisen und Getränke, sondern auch die soziale Verzehrsituation untersucht werden. Nahrung selbst wird dabei als spezifisches Kulturgut einer Region betrachtet. Prinzipiell gilt, dass Essen und Trinken als ein gesellschaftliches Operationsgefüge erscheint, das Orientierung und Kommunikation zwischen den Gruppen und Individuen sicherstellt (vgl. Tolksdorf 2001, 239).

ERGEBNISSE

Die Auswertung belegt einen engen Zusammenhang zwischen den landwirtschaftlichen Erzeugnissen Griechenlands und der positiv konnotierten Vorstellung deutscher Studierender über ein mediterranes Land. Aus dem Komplex Speisen und Getränke resultierte unter anderem Folgendes: In den Erwartungs-Fragebögen wurde nicht zwischen der kreischen und griechischen Küche unterschieden. Die Küche Griechenlands besteht laut Untersuchungsgruppe vor allem aus Ouzo, Tsatsiki, Oliven/-öl und Feta. Nach der Reise veränderte sich dies. Der zuerst am häufigsten genannte Ouzo wich dem auf Kreta beliebteren Raki und die auf Kreta angebotenen Schneckengerichte führten zu Irritationen, da sie nicht mit den stereotypen Vorstellungen korrelierten.

Bei der sozialen Verzehrsituation stimmten dagegen Erwartungshaltung und tatsächliche Erlebnisse weitgehend überein: Die Aussagen bezogen sich vor und nach der Reise auf das gemeinsame, öffentliche Abendessen. Ein solches zeichnet sich durch die zeitliche Ausdehnung des Mahls aus. Tolksdorfs Modell sieht sich hier bestätigt, wenn es der sozialen Zeit einen gesellschaftlichen Wert zuteilt. In den Augen der Be-

fragten ist das Fehlen eines zeitlichen Drucks positiv konnotiert. Häufig tritt diese Wahrnehmung zusammen mit einer Betonung der sozialen und kommunikativen Komponente auf: „Man bestellt zusammen, isst zusammen.“ (Studentin, 20 Jahre). Das gemeinsame Essen von einem Teller symbolisiert Gemeinschaft und Geselligkeit. Es steht für eine unbeschwertere Lebensweise, die in Verbindung mit dem mediterranen Lebensstil genannt wurde. Gleichzeitig offenbaren sich darin Unterschiede zur heimischen Verzehrsituation.

Der Kulturkontakt veränderte die Vorstellungen der Befragten: Nach Auswertung der Erlebnis-Fragebögen zeigte sich, dass bei allen eine Differenzierung in puncto typisch griechisch – typisch kretisch erfolgte. Unverändert hoch war dagegen der empfundene Zusammenhang zwischen Meditteranität und Gesundheit sowie die positive Konnotation griechischer Nahrungsmittel und Verzehrsituationen. Essen dient nicht nur der Bedürfnisbefriedigung, sondern spiegelt auch gesellschaftliche Stellungen wider, es ist ein Statussymbol (vgl. Hirschfelder 2001, 255). Deutsche Studierende wurden daher auf Kreta stets in „gute“ und „typische“ Restaurants geführt und man setzte ihnen „typisch kretische“ Speisen vor. Diese Selektion von Seiten der Gastgeber hatte zur Folge, dass stereotype Vorstellungen und eine gewisse Erwartungshaltung der Gäste bedient wurden. Gleichzeitig ersetzte man so bestimmte allgemeine Vorstellungen durch regionale Besonderheiten. In der Präsentation kretischer Spezialitäten offenbart sich ein Bedürfnis der Gastgeber nach Selbstdarstellung und Vermittlung der eigenen Identität. In unserer Zeit sind andere Möglichkeiten der Identitätsstiftung infolge von Globalisierung und Mobilität im Verschwinden begriffen, wodurch gerade dem Essen und Trinken eine wichtige Rolle zukommt (vgl. Hirschfelder 2001, 257). Es zeigte sich, dass die vorhandenen stereotypen Vorstellungen eine empfundene Sicherheit über die zu

erwartenden Ereignisse gaben. Die Überprüfung dieser Vorstellungen diente der Verbesserung der Zusammenarbeit zwischen den Studierenden, da sie auf Bekanntes aufbauen konnten. Am Ende manifestierte sich eine detailreichere und konkretere Vorstellung über die Ess- und Trinkkultur auf Kreta. Die offene und reflektierte Herangehensweise beim Nachdenken über Selbst- und Fremdbild der Teilnehmenden hat das Verständnis sowohl der eigenen als auch der anderen Kultur erhöht. Die Studierenden erkannten, verstanden und würdigten kulturelle Unterschiede.

Kreta und seine regionale Küche sind eben weit mehr als nur Ouzo und Tsatsiki – sie sind letztlich ein Medium zur Verbesserung internationaler Kulturkontakte.

Projektleitung

Prof. Dr. Markus Bresinsky +49 941 943-9818
 Fakultät Allgemeinwissenschaften & Mikrosystemtechnik
 markus.bresinsky@oth-regensburg.de

Projektkoordination

Melanie Burgemeister, M. A.

Wissenschaftliche Begleitung

Sabrina Beiderbeck, M. A.

Geldgeber

DAAD

Kooperationspartner

Technological Educational Institute of Crete (TEI) in Heraklion

Projektlaufzeit

1.1.2014 bis 31.12.2016

Fördersumme

253.000 €

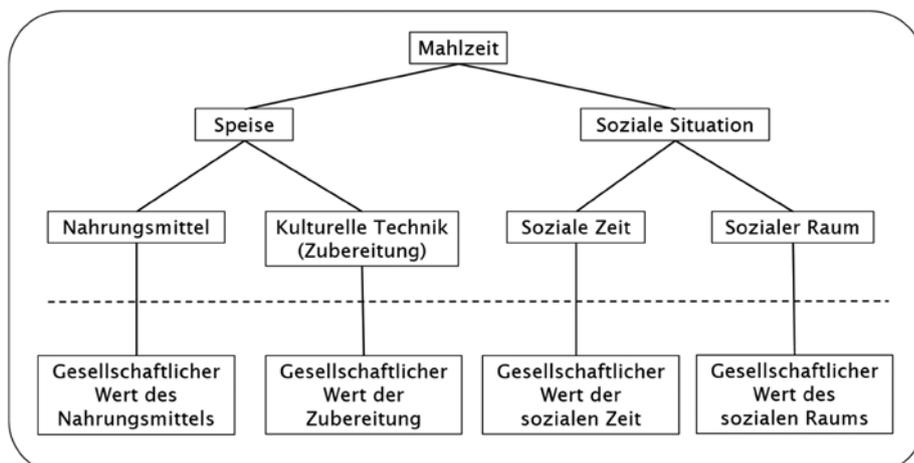


Abb. 1: Modell von Ulrich Tolksdorf

Literatur

- 1 Tolksdorf, U.: Nahrungsforschung. In: Brednich, R. W.: Grundriß der Volkskunde. Einführung in die Forschungsfelder der Europäischen Ethnologie. Berlin (2001), S. 239–254.
- 2 Rolshoven, J.: „Wein, Weib und Gesang!“ Kulinarische Reisebilder als Sehnsuchts-träger im Medium Werbung. In: Köck, Ch. (Hrsg.): Reisebilder. Produktion und Reproduktion touristischer Wahrnehmung. Münster u. a. (2001), S. 135–150.
- 3 Hirschfelder, G.: Europäische Esskultur. Eine Geschichte der Ernährung von der Steinzeit bis heute. Frankfurt (2001).

COMPUTERBASIERTE DIAGNOSEUNTERSTÜTZUNG VON ENDOSKOPIE-BILDERN DER SPEISERÖHRE

Christian Hook, Fakultät Informatik und Mathematik, OTH Regensburg

Martin Zobel, Regensburg Medical Image Computing (ReMIC), Fakultät Informatik und Mathematik, OTH Regensburg

Christoph Palm, Regensburg Medical Image Computing (ReMIC), Fakultät Informatik und Mathematik, OTH Regensburg

47

Barrett-Ösophagus ist eine degenerative Gewebeeränderung der Speiseröhre, die meist als Folge der Refluxkrankheit entsteht. Bei chronischem Verlauf kann sich daraus eine bösartige Krebserkrankung entwickeln. Frühzeitig erkannte Krebsläsionen können chirurgisch entfernt werden, mit einer sehr guten Heilungsprognose. Mithilfe von Methoden der Medizinischen Bildverarbeitung und des Maschinellen Lernens wird hier der Ansatz verfolgt, aus endoskopischen Farbbildern der Speiseröhre Krebsläsionen automatisiert zu identifizieren. Die Methode belegte im Rahmen einer Grand Challenge, eines internationalen Wettbewerbs zum Vergleich von Algorithmen der Medizinischen Bildverarbeitung, den zweiten Platz.

EINLEITUNG

Als Reflux bezeichnet man eine Entzündung der Speiseröhre, die durch einen gesteigerten Rückfluss von saurem Mageninhalt in die Speiseröhre (Ösophagus) entsteht. Chronischer Reflux ist die Hauptursache für den Barrett-Ösophagus, eine Läsion der Schleimhaut mit erhöhtem Risiko der Ausbildung von Speiseröhrenkrebs. Die Überlebenschancen von betroffenen Patienten gelten als schlecht, da die Erkrankung meist erst im späten Stadium diagnostiziert wird. Ist eine medikamentöse Standardbehandlung des Refluxes nicht erfolgreich, kann eine endoskopische Untersuchung indiziert sein, um möglichst frühzeitig therapierbare Symptome aufzudecken. Diese ist allerdings nicht unproblematisch, da viele Reflux-Patienten endoskopisch-negativ sind, d. h. Schleimhautläsionen trotz vorliegender Erkrankung nicht sichtbar sind (geringe Sensitivität der Untersuchung).¹ Die Signifikanz im Falle eines pathologischen Befunds ist dagegen relativ hoch (hohe Spezifität der Untersuchung).

Abbildung: Autoren



Abb. 1: Endoskopische Aufnahmen der Speiseröhre mit kanzerogener Läsion (obere Zeile) und ohne (untere Zeile)

Bei den bildgebenden Verfahren der Diagnostik kommen zunehmend computerbasierte Methoden zum Einsatz. Im vorliegenden Projekt wurde eine Software entwickelt, die den Arzt dabei unterstützen soll, refluxbedingte Schleimhautschädigungen, insbesondere (prä-)kanzerogene Läsionen, bei der Begutachtung endoskopischer Bilder zuverlässig zu

erkennen. Es sollen dabei sowohl Farbanomalien (z. B. Rötung) als auch strukturelle Veränderungen des Epithels (z. B. Streifen, granulierte Oberfläche) identifiziert und mithilfe von Algorithmen zur Merkmalsklassifikation (Maschinelles Lernen) ausgewertet werden, um daraus Rückschlüsse auf die Ausprägung einer möglichen Erkrankung zu ziehen.

BILDMATERIAL UND VORVERARBEITUNG

In der Grand Challenge Endoscopic Vision wurden 100 hochaufgelöste endoskopische Farbbilder der Speiseröhre (1600 x 1200 Pixel) von 39 Personen zur Verfügung gestellt. 50 % der Bilderdaten enthielten kanzerogene Läsionen (siehe Abbildung 1). Die Läsionen wurden von fünf Experten jeweils pixelgenau in Maskenbildern markiert. Allerdings ist das Ausmaß der Läsion nur schwer zu beurteilen, sodass die Markierungen sehr unterschiedlich ausfallen. Zur Vorverarbeitung wurden die Bilder in Subbilder der Größe 100 x 100 Pixel mit einer Überlappung von 50 Pixeln unterteilt. Damit ergeben sich für jedes Bild 768 Subbilder. Für die weitere Verarbeitung wurden die Subbilder des Randes ausgeschlossen, weil sie wegen der runden Aperturfläche der Endoskopie-Kamera im Wesentlichen schwarzen Hintergrund zeigen. Die verbleibenden Subbilder zeigen in mindestens einer Expertensegmentierung überwiegend Läsionspixel (Klasse K, krank) oder in allen Expertensegmentierungen Pixel aus gesundem Epithel (Klasse G, gesund).

TEXTURMERKMALE

Da sich kanzerogene Läsionen von gesundem Epithel durch ihre Oberflächenbeschaffenheit unterscheiden, werden Texturmerkmale aus der Helligkeits- und der Farbinformation berechnet. In dieser Arbeit wurde dazu mit sogenannten Co-Occurrence-Matrizen eine Statistik zweiter Ordnung verwendet.² Dabei werden Häufigkeitsverteilungen von Nachbarschaftsintensitäten ausgewertet, wobei die Nachbarschaft durch eine Richtung in einem bestimmten Abstand auf einem bestimmten Farbkanal definiert wird.

Für jede Parameterwahl werden die hochdimensionalen Co-Occurrence-Matrizen auf je 8 Zahlenwerte komprimiert (Haralick-Maße). Durch Symmetrieüberlegungen reduziert sich für 4 Richtungen die gesamte Bildinformation eines Subbildes auf 16 Merkmale. Ein komplettes Endoskopie-Bild, diskretisiert in N Subbilder, wird somit durch ein Cluster von N Punkten im 16-dimensionalen Merkmalsraum repräsentiert.

KLASSIFIKATION VON MERKMALEN

Es ist davon auszugehen, dass sich die Häufigkeitsverteilungen einiger dieser Merkmale bei gesunden Personen und solchen mit Barrett-Ösophagus unterscheiden und somit statistisch eine Trennung der Cluster möglich ist. Mithilfe der Software „R“ wurde als Klassifikator eine Support Vector Machine³ (SVM) eingesetzt und alle Subbilder separat mit einer Leave-One-Patient-Out-Kreuzvalidierung bewertet. Die Güte der Ergebnisse hängt stark von der Wahl der Parameter für die Texturanalyse und die SVM ab.

Bilder mit Gewebläsionen enthalten stets eine signifikante Anzahl an Subbildern aus gesunden Gewebereichen. Deshalb wurde als Maßzahl für die endgültige Zuordnung eines Gesamtbildes zur Klasse $P = (G, K)$ das Verhältnis aus der Anzahl der Subbilder der Klasse P relativ zur Zahl aller Subbilder definiert.

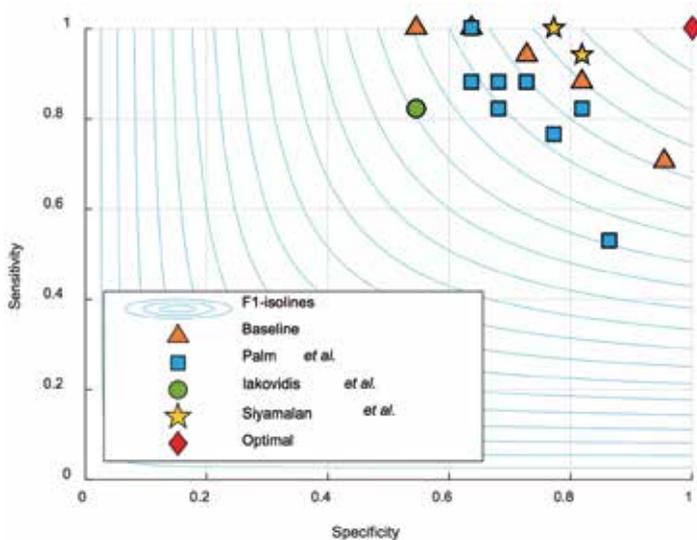


Abb. 2: Ergebnisse der Endoscopic Vision Challenge (mit freundlicher Genehmigung von N. van der Sommen, Eindhoven University of Technology)

ERGEBNISSE UND DISKUSSION

Obwohl bei der beschriebenen Methode keine anwendungsspezifischen Merkmale entwickelt wurden und Möglichkeiten der Optimierung ungenutzt blieben, konnten erstaunlich hohe Maximalwerte für die Sensitivität und Spezifität erreicht werden (beides 0,82). Das bedeutet, dass Patienten mit klinisch manifestem Barrett-Syndrom zu ca. 82 % korrekt als krank und gesunde Probanden zu ca. 82 % als unauffällig klassifiziert werden.

Die Ergebnisse verschiedener Teams der Challenge finden sich in Abbildung 2. Ein erhebliches Verbesserungspotenzial liegt in einer massiven Merkmalsreduktion durch sukzessives Eliminieren ungeeigneter (z. B. redundanter) Merkmale. Eine weitere Verbesserung ist durch die Einbeziehung geometrischer Substrukturen bzw. Bildkategorien auf Basis der Bag-of-Visual-Words-Methode⁴ zu erwarten.

WEITERE INFORMATIONEN

Im ReMIC (www.re-mic.de) werden softwarebasierte Methoden und Algorithmen zur medizinischen Bildverarbeitung entwickelt. Dazu werden medizinische Bilder computerbasiert analysiert, um für den Arzt relevante Informationen für Diagnose, Therapie und Training zu gewinnen.

Literatur

- 1 Bittinger, M., Geißler, B., Probst, A., Messmann, H.: S2k-Leitlinie Gastroösophageale Refluxkrankheit. Bayerisches Ärzteblatt 10, 2015, S. 488–495.
- 2 Palm, C.: Color Texture Classification by Integrative Co-Occurrence Matrices. *Pattern Recognition* 37(5), 2004, S. 965–976.
- 3 Burges, C. J. C.: A Tutorial on Support Vector Machines for Pattern Recognition. *Data Mining and Knowledge Discovery* 2(2), 1998, S. 121–167.
- 4 Fei-Fei, Li: Object Recognition: Bag of Words Models & Part-Based Generative Models. Stanford Vision Lab, Lecture 15, 2011.

Projektleitung

Prof. Dr. Christoph Palm
Regensburg Medical Image Computing (ReMIC)
Fakultät Informatik und Mathematik und
Regensburg Center of Biomedical Engineering (RCBE)
christoph.palm@oth-regensburg.de

Kooperationspartner

- Prof. Dr. Christian Hook, OTH Regensburg
- Prof. Dr. Helmut Messmann, Klinikum Augsburg
- Prof. João Paulo Papa, São Paulo State University (UNESP), Brasilien

Weitere Informationen

Endoscopic Vision Challenge
<http://endovissub-barrett.grand-challenge.org>

RÜCKENSCHMERZ ADÉ

Digitale Menschmodelle helfen bei Trainingseffekt-Validierung

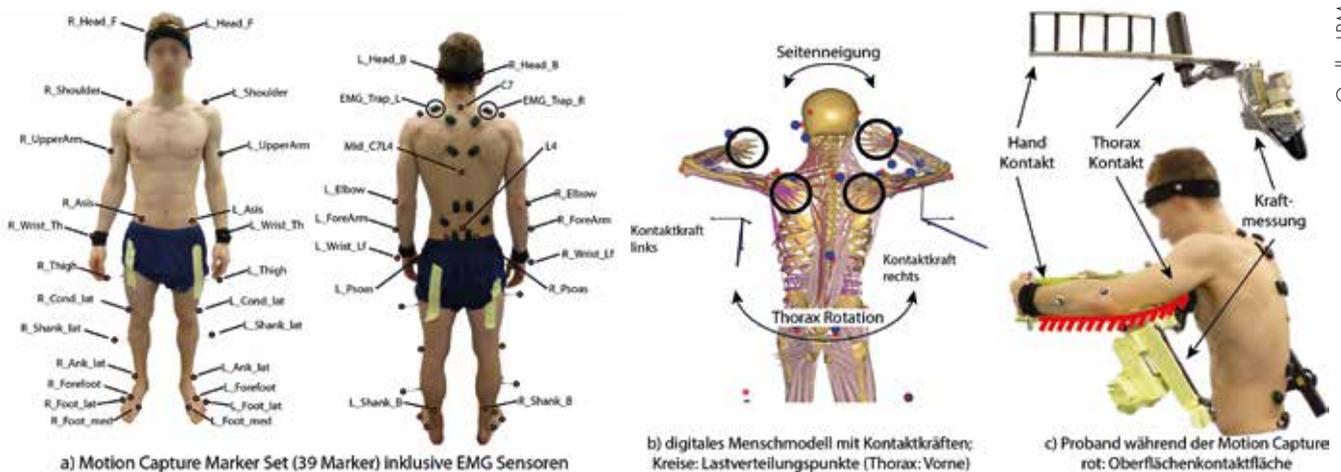
Tim Weber, Simon Groß, Rainer Penzkofer und Sebastian Dendorfer:

Labor für Biomechanik, Fakultät Maschinenbau, OTH Regensburg und RCBE, OTH und Universität Regensburg

Ingo Schillitz und Thomas Bauer: TB Sondermaschinen, Bad Kötzing

49

Laut Robert Koch-Institut sind Rückenschmerzen das größte Volksleiden.¹ Neben degenerativen Prozessen, die für Rückenschmerzen verantwortlich sein können, wirkt sich auch eine schwache autochthone (Rücken-) Muskulatur negativ aus. Zusammen mit TB Sondermaschinen haben das Labor Biomechanik (LBM) der OTH Regensburg und die Firma TB Sondermaschinen ein neuartiges Trainingsgerät entwickelt, welches die unterschätzte Multifidus-Muskulatur stärken soll. Mithilfe von etablierten digitalen Menschmodellen wurde dieser Trainingseffekt dann untersucht und auf Wirksamkeit hin geprüft. Es zeigt sich bei den Zielmuskeln ein statistisch signifikanter Anstieg der Muskelkraft und somit der angestrebte Trainingseffekt. Diese Studie zeigt die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten von digitalen Menschmodellen auf. So ist es durchaus denkbar, diese Modelle auch an den Anfang des Designprozesses eines Trainingsgerätes zu stellen, um so zielgerichtet Effekte im menschlichen Körper hervorzurufen.



Quelle: LBM

Abb. 1: a) Motion Capture Full Body Marker Set inklusive EMG-Sensoren zur Messung der Muskelaktivität, b) Digitales Menschmodell während der numerischen Analyse, c) Diskretisierungsproblem des Oberflächenkontaktes: integrale Kraft gemessen, Kraftverteilung zwischen Hand und Thorax

EINFÜHRUNG

Rückenleiden sind der Hauptgrund für Arbeitsausfälle in Deutschland. Mangelnde Bewegung und der demografische Wandel werden der Bevölkerung auch in Zukunft noch große Zahlen dieses allgemeinen Krankheitsbildes bescheren. Während im Alter natürlich degenerative Prozesse für Rückenschmerzen verantwortlich sein können, so ist doch bekannt, dass eine schwache autochthone (Rücken-) Muskulatur durchaus ein Risikofaktor für Rückenschmerzen ist.² Das Labor Biomechanik (LBM) der OTH Regensburg und die

Firma TB Sondermaschinen haben es sich zum Ziel gemacht, dieser Herausforderung gemeinsam entgegenzutreten und haben im Schulterschluss ein neuartiges Trainingsgerät entwickelt, welches die unterschätzte Multifidus-Muskulatur durch eine spezielle Kinematik stärken soll. Mithilfe von etablierten digitalen Menschmodellen wird dieser Trainingseffekt dann untersucht und auf Wirksamkeit hin geprüft.

Die digitalen Menschmodelle dienen vor allem dazu, spezifische Muskelkräfte auf probandenindividueller Basis zu berechnen.

MATERIAL UND METHODEN

Nach der Fertigung und Konstruktion eines ersten Demonstrators von TB Sondermaschinen wurden vom LBM zwei Validierungsstudien durchgeführt:

(I) Mit 15 Studenten wurde eine Trainingsstudie anhand des von TB Sondermaschinen zur Verfügung gestellten Demonstrators durchgeführt (Ethikantrag: 15-101-0254). Während des Trainingsverlaufs wurde die Muskelkraft isometrisch und probandenindividuell vermessen und so der Trainingsverlauf dokumentiert.

(II) Das Trainingsgerät wurde im Ganglabor des Sportzentrums der Universität vermessen und im Rechner mit realen Daten nachmodelliert, um zu überprüfen, ob die reale Bewegung auch der idealen und mit dem Rechner erhobenen Bewegung entspricht (Abbildung 1 a).

Während der Bewegung wurden an dem Probanden Elektromyografie-Sensoren appliziert, um das Modell zu validieren und die berechnete Muskelaktivität mit der gemessenen vergleichen zu können. Diese Daten fanden dann Eingang in muskuloskeletale Modelle (AnyBody Modeling System – AMS, AnyBody Technologies A/S, Dänemark), um die spezifischen Muskelkräfte zu berechnen (Abbildung 1 b). Aufgrund der Maschinenkonstruktion und des daraus resultierenden Platzmangels war es nicht möglich, den Oberflächenkontakt des Probanden zu messen (Abbildung 1 c). Da die Lastverteilung aber als kritischer Parameter zu betrachten ist, wurde dieser mithilfe von Parameter- und Optimierungsstudien bestimmt. Dieser Lastverteilungsparameter dient gleichzeitig zur Optimierung des Trainingsgerätes.

ERGEBNISSE

Während des Trainingsverlaufs konnte eine signifikante Steigerung ($p = 0.025$, one-way ANOVA) der isometrischen Kraft der Zielmuskeln (Multifidi/Erector Spinae) für die Probanden festgestellt werden (Abbildung 2 a). Im Durchschnitt kann damit die Kraft um 38 % (verglichen mit dem Ausgangszustand) erhöht werden. Diese Muskelkraftehöhung führt zu einer höheren Grundstabilität des Rumpfes und somit zu einer geringeren Scherbelastung auf die Bandscheiben.

DISKUSSION

Der gewünschte Trainingseffekt zeigt sich bei den Probanden. Die geringen Bewegungen des Beckens lassen vermuten, dass die ideale Bewegung durchaus im realen Gerät umgesetzt werden kann, wobei dieser Trend noch mit quantifizierbaren Daten untermauert werden muss. Da eine experimentelle Erhebung der Muskelkraft praktisch nicht möglich ist, sind diese digitalen Modelle die einzige Möglichkeit, solch dezidierte Trainingseffekte im Körper vorauszusagen und nachzuweisen. Ziel dieses Projektes ist es auch, das Gerät aufgrund der erhobenen Daten und hinsichtlich maximaler Muskelaktivierung bei gleichzeitiger minimaler Belastung der Bandscheiben zu optimieren. Weiterhin wurde eine neuartige Methode zur Validierung von digitalen Menschmodellen hinsichtlich schwer messbarer Kontaktpunkte mit großem Einfluss auf die Biomechanik entwickelt und im Rahmen dieser Arbeit zum ersten Mal angewandt. Hinsichtlich weiterer Folgestudien wird diese Methode auf Muskelaktivierungstopologien angewendet werden. Diese Studie zeigt die vielfältigen Einsatzmöglichkeiten von digitalen Menschmodellen auf. So ist es durchaus denkbar, diese Modelle auch an den Anfang des Designprozesses eines Trainingsgerätes zu stellen, um so zielgerichtet Effekte im menschlichen Körper hervorzurufen.

Literatur

- 1 Raspe, H.: Rückenschmerzen. Gesundheitsberichterstattung des Bundes. 53, 2012.
- 2 Robie, B., Dendorfer, S., Rasmussen, J., Torholm, S.: Axial Rotation Requires Greatest Load in Multifidus Muscle – Potential Association with Low Back Pain? In: 2011 Annual Meeting of the AANS/CNS Section on Disorders of the Spine and Peripheral Nerves. Phoenix, Arizona, 2011.

Projektleitung

Prof. Dr.-Ing. Sebastian Dendorfer +49 941 943-5171
Regensburg Center of Biomedical Engineering,
Labor für Biomechanik
sebastian.dendorfer@oth-regensburg.de

Kooperationspartner

TB Sondermaschinen
Arnbrucker Straße 40
93444 Bad Kötzing

Gefördert durch

Bundesministerium für Wirtschaft
und Energie, ZIM – xMOV

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

ARBEITSBEDINGUNGEN UND INTERESSENVERTRETUNG VON PFLEGEKRÄFTEN IN BAYERN

Clarissa Rudolph, OTH Regensburg
Katja Schmidt, OTH Regensburg

51

Angesichts vielfältiger Transformationsprozesse werden die Fragen nach den Bedingungen, Möglichkeiten und Begrenzungen von Fürsorge(arbeit) (Care) gesellschaftlich immer wichtiger. Das Projekt bearbeitet in diesem Kontext die bezahlte Pflegearbeit und ihre anhaltend prekären Arbeitsbedingungen aus einer Genderperspektive. Im Mittelpunkt unseres Interesses steht die Frage, wie die subjektiven Bewältigungsstrategien dieser Arbeitsbedingungen seitens der Pflegenden in kollektive Handlungsstrategien überführt werden können. Da Pflegekräfte einen geringen (gewerkschaftlichen) Organisationsgrad aufweisen, untersuchen wir, welche Rolle die Ziele und Instrumente der klassischen Interessenvertretung spielen und welche strategischen Ansätze zu erneuerten Protestformen und Gestaltungsmöglichkeiten im individuellen, betrieblichen und überbetrieblichen Kontext weiblich konnotierter Pflegearbeit beitragen können.



FORSCHUNGSINTERESSE UND HINTERGRUND

Durch gesellschaftliche und wohlfahrtsstaatliche Veränderungsprozesse wie z. B. eine gestiegene Frauenerwerbstätigkeit und eine Verbesserung medizinischer Therapiemöglichkeiten stellt sich immer häufiger die Frage, wer alte und kranke Menschen pflegt. Bezahlte Pflegearbeit wird in diesem Kontext immer wichtiger, gleichzeitig sind die Arbeitsbedingungen in diesem Sektor zunehmend prekärer geworden. Wer setzt sich dafür ein, dies zu verändern? In unserem Projekt befassen wir uns folglich mit dem bezahlten Pflegebereich und analysieren die Arbeitsbedingungen und die Praxis der Interessenvertretung der Pflegekräfte in Bayern. Dabei werden die unterschiedlichen Arbeitsfelder der Kranken- und Altenpflege fokussiert, also der stationäre Bereich, die ambulante Pflege und die bezahlte häusliche Pflege. Ausgehend von den prekären Arbeitsbedingungen sollen die Bedingungen der Vergeschlechtlichung bezahlter Pflegearbeit zum Ausgangspunkt der Analyse gemacht werden; nicht nur weil die Tätigkeiten überwiegend von Frauen verrichtet werden, sondern auch weil die Inhalte der Arbeit in hohem Maße mit einem *gender code* verknüpft sind. Diesen gilt es zu entschlüsseln und die daraus gewonnenen Erkenntnisse in die Entwicklung von Handlungsempfehlungen zur Verbesserung der Arbeitsbedingungen zu integrieren.

Diese genderorientierte Perspektive wird mit einer arbeits- und berufspolitischen Perspektive verknüpft: Worin bestehen die Probleme der Interessenvertretungen der Arbeitnehmer_innen im Pflegebereich im Hinblick auf die Verbesserung der Arbeitsbedingungen? Gibt es Alternativen von Organisations- oder Aktionsformen? Diese Probleme, so die These, bestimmen sich ebenfalls durch die Komplexität des Arbeitsfeldes hinsichtlich wohlfahrtsstaatlicher Transformationsprozesse, der Ökonomisierung des Gesundheits- und Pflegesektors sowie der Prekarisierung, Formalisierung und Professionalisierung des Pflegeberufes.

FRAGESTELLUNGEN

Angesichts der zunehmenden gesellschaftlichen Bedeutung von Care und wenig Kenntnissen über arbeitspolitische Aktivitäten und Perspektiven im bezahlten Pflegesektor ergeben sich eine Reihe von Fragen, denen wir im Projekt nachgehen wollen:

- Welche Bedarfe, Erfahrungen und Erwartungen haben Pflegekräfte bezüglich Interessenvertretungen und der Verbesserung ihrer Arbeitsbedingungen? Wie bewerten sie ihre Arbeitssituation und die Veränderungen der letzten zehn Jahre?
- Wo liegen Ansatzpunkte für Interessenvertretungen in diesem Arbeitsbereich? Wie können betriebliche Organisationserfolge in institutionelle und strukturelle Verhandlungsmacht umgewandelt werden?
- Welchen Beitrag können Interessenvertretungen durch kooperative Machtressourcen und Bündnisse leisten?
- Welche Rolle hat dieses Feld für eine gesamtgesellschaftliche Transformation von Care-Arbeit?

UMSETZUNG

Die Umsetzung der Fragestellungen erfolgt in mehreren Schritten und Arbeitspaketen. Zunächst galt es, eine Bestandsaufnahme des Forschungsfeldes vorzunehmen und insbesondere die Veränderungsprozesse, die den Arbeitsbereich „Pflege“ strukturieren, zu analysieren und zu bewerten. Zudem sollen (politik)theoretische Konzepte zur Analyse von Interessenkonflikten und machtpolitischen Aushandlungsprozessen so zusammengeführt und verdichtet werden, dass sie als Grundlage einer qualitativen Erhebung dieses umstrittenen Arbeitsbereiches dienen können. In einem ersten Zwischenfazit zeigt sich, dass hierbei Konzepte von Interessenkonflikten und Machtressourcen verknüpft werden müssen mit geschlechterpolitischen Ansätzen, da das spezifische von Care-Arbeit in traditionellen Politikkonzepten nicht abgebildet wird. In der Analyse müssen strukturelle und personelle Machtverhältnisse auf gesellschaftlicher, ökonomischer, geschlechterpolitischer und organisationaler Ebene einbezogen



Abb. 1: Unter dem Motto „Uns! Reicht’s! Jetzt! – Die Pflege wird laut!“ demonstrierten im Oktober 2015 Pflegekräfte aus ganz Bayern für bessere Arbeitsbedingungen.

werden, um der Komplexität von Care entsprechen zu können. Die Ergebnisse der Analyse des Forschungsstandes und der theoretischen Ansätze werden in einem nächsten Schritt in Erhebungsinstrumente überführt, mit denen projektspezifische Daten erhoben werden sollen.

DATENQUELLEN

Nach der sekundäranalytischen Auswertung von Studien und Literatur zu wohlfahrtsstaatlichen Pflegearrangements, sozial- und arbeitspolitischen Rahmenbedingungen sowie Arbeitsbedingungen und Geschlechterverhältnissen in der Pflegearbeit erfolgen in einem zweiten Schritt problemzentrierte, leitfadengestützte Interviews mit Pflegekräften. Diese werden mit Pflegekräften aus dem Bereich der ambulanten Altenpflege und der stationären Pflege im Krankenhaus geführt. Sie sollen dazu dienen herauszufinden, welche Einschätzungen zu den Arbeitsbedingungen, welche Erfahrungen, Bedarfe und Erwartungen an betrieblicher und überbetrieblicher Interessenvertretungen vorherrschen und welche strategischen Ansätze zu Protestformen und Gestaltungsmöglichkeiten von Pflegearbeit unter Beachtung der Spezifik weiblich konnotierter *Fürsorge* beitragen können.

Auf dieser Grundlage werden wir in einem dritten Schritt themenzentrierte Expert_inneninterviews mit arbeitspolitischen Vertreter_innen von Berufsverbänden und Gewerkschaften, sowie Interessenvertreter_innen von irregulär Beschäftigten durchführen.

ZIELSETZUNG

Ziel des Projektes ist es, die Erkenntnisse über die aktuellen Arbeitsbedingungen und Möglichkeiten der Interessenvertretung in der Pflege in Bayern zu vertiefen, um Vorschläge zur

Verbesserung von Arbeitsbedingungen anhand der konkreten Interessenslagen und der betrieblichen bzw. häuslichen Kontexte zu entwickeln. Die Ergebnisse der qualitativen Interviews werden in Bezug zu statistischen Auswertungen zum Pflegesektor und zu feministischen Analysen des Wohlfahrtsstaates und von Care gesetzt. Die Verbesserung des Arbeitsfeldes „Pflege“ und die Anerkennung der „Fürsorgetätigkeit“ in der Profession sind unabdingbar für bessere Arbeits- und Lebensbedingungen sowohl für die Pflegenden als auch für die pflegebedürftigen Menschen.

Literatur

Aulenbacher, B., Riegraf, B., Theobald, H. (Hrsg.) (2014): *Sorge: Arbeit, Verhältnisse, Regime. Care: work, relations, regimes*. Baden-Baden: Nomos.

Auth, D. (2013): *Ökonomisierung der Pflege – Formalisierung und Prekarisierung von Pflegearbeit*. In: *WSI-Mitteilungen* 66 (6), S. 412–422.

Bispinck, R., Dribbusch, H., Öz, F., Stoll, E. (2012): *Einkommens- und Arbeitsbedingungen in Pflegeberufen. Eine Analyse auf Basis der WSI-Lohnspiegel-Datenbank*. In: *Arbeitspapier* (7), 4.11.2015.

Bräutigam, C., Evans, M., Hilbert, J. (2013): *Berufsbilder im Gesundheitssektor: Vom „Berufebasteln“ zur strategischen Berufsbildungspolitik*. In: *WISO Diskurs*, 11.11.2015.

Brinkmann, U., Choi, H.-L., Detje, R., Dörre, K. et al. (Hrsg.) (2008): *Strategic Unionism: Aus der Krise zur Erneuerung? Umriss eines Forschungsprogramms*. Wiesbaden: VS.

Gottschall, K. (2008): *Soziale Dienstleistungen zwischen Informalisierung und Professionalisierung – oder: Der schwierige Abschied vom deutschen Erbe sozialpolitischer Regulierung*. In: *Arbeit* 17 (4), S. 254–267, 3.3.2016.

Schmalz, S., Dörre, K. (Hrsg.) (2013): *Comeback der Gewerkschaften? Machtressourcen, innovative Praktiken, internationale Perspektiven*. Frankfurt am Main: Campus.

Projektleitung

Prof. Dr. Clarissa Rudolph +49 941 943-9851
 Fakultät für Angewandte Sozial- und
 Gesundheitswissenschaften, OTH Regensburg
 clarissa.rudolph@oth-regensburg.de

Wissenschaftliche Mitarbeiterin

Katja Schmidt +49 941 943-9230
 Fakultät für Angewandte Sozial- und
 Gesundheitswissenschaften, OTH Regensburg
 katja.schmidt@oth-regensburg.de

Kooperation und Förderung

- Bayerische Forschungsallianz
- Bayerisches Staatsministerium für Bildung und Kultus, Wissenschaft und Kunst

Projektlaufzeit

48 Monate (Beginn Juni 2015)

Fördersumme

195.120 €

ENTWICKLUNG DER SERVICEQUALITÄT IN DEN BRANCHEN TELEKOMMUNIKATION, TOURISMUS, STROM- UND GASANBIETER

Thomas Liebetruth, OTH Regensburg
Markus Hamer, Deutsches Institut für Service-Qualität GmbH & Co. KG

53

Servicequalität ist seit über 30 Jahren ein wichtiges Thema in Forschung und Praxis. Hinter den Bemühungen in diesem Bereich stehen die mittlerweile empirisch gut hinterlegten Hypothesen, dass eine Verbesserung der Servicequalität den Unternehmen über eine höhere Kundenzufriedenheit steigende Umsätze und damit auch steigende Gewinne beschert. Aktuell stehen neue Herausforderungen im Zuge der Digitalisierung an. Im Zuge dessen beziehen Geschäftsmodelle und Servicekonzepte die neuen Möglichkeiten kreativ ein, um Mehrwerte für den Kunden zu schaffen.

In Zusammenarbeit mit dem Deutschen Institut für Servicequalität wurden 39 bisher durchgeführte Servicestudien aus den Jahren 2009 bis 2015 herangezogen, um zu analysieren, wie sich die Servicequalität in den besonders betroffenen Branchen, wie der Telekommunikation, dem Tourismus sowie Strom und Gas im Zeitverlauf entwickelt hat und wie gut sie sich den digitalen Herausforderungen im Zusammenhang mit dem Kanal Internet annehmen. Kernergebnisse sind, dass zum einen die durchschnittliche Servicequalität der Branchen Telekommunikation, Tourismus sowie Strom- und Gasanbieter über die letzten sieben Jahre zwischen ausreichend und gut schwankte, wobei ein vorsichtig positiver Trend erkennbar ist und zum anderen die Kanäle Telefon, Internet und Beratung vor Ort insgesamt besser abschneiden als der Kanal E-Mail, wo auch die größte Streuung in der Servicequalität herrscht.

Servicequalität ist seit über 30 Jahren ein wichtiges Thema in Forschung und Praxis. Während Ende der 1980er-Jahre eine intensive Diskussion über Modelle zur Beschreibung und Vorgehensweisen hinsichtlich der Messung von Servicequalität in der Forschung stattgefunden hat, lag der Fokus in den vergangenen Jahren auf der praxisorientierten Anwendung der Konzepte und Adaptierung an die Herausforderungen der digitalen Welt.

Hinter den Bemühungen in diesem Bereich stehen die mittlerweile empirisch gut hinterlegten Hypothesen (Vgl. Die Welt, 23.12.2013, Seite 10, „Schlechter Service kostet Firmen viele Milliarden“), dass eine Verbesserung der Servicequalität den Unternehmen über eine höhere Kundenzufriedenheit steigende Umsätze und damit auch steigende Ge-

winne beschert. Gleichzeitig spielt in der öffentlichen Wahrnehmung die Qualität von Dienstleistungen eine besondere Rolle und bietet aufgrund ihrer besonderen Eigenschaften (die Qualität einer Dienstleistung kann selbst erst nach Inanspruchnahme erfahren werden) Raum für Dienstleister, die diese Servicequalität bewerten und diese Bewertung anderen zur Verfügung stellen.

Aktuell stehen neue Herausforderungen im Zuge der Digitalisierung an. Im Zuge dessen beziehen Geschäftsmodelle und Servicekonzepte die neuen Möglichkeiten kreativ ein, um Mehrwerte für den Kunden zu schaffen. So machen z. B. immer realistischere Darstellungen des Urlaubsortes im Internet und online verfügbare Erfahrungsberichte und Kundenbewertungen das Internet als Buchungsplattform immer attraktiver.

Statistik analysierte Servicestudien

Anzahl Kontakte (Insgesamt 26.137)

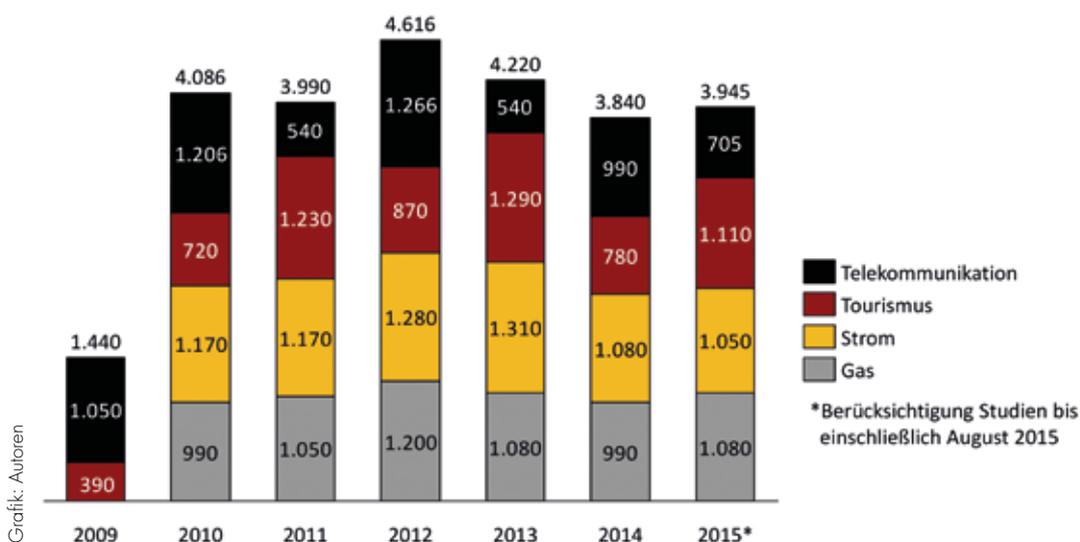


Abb. 1: Statistik analysierte Servicestudien

Insgesamt hat die Frage nach der Entwicklung der Servicequalität und den am besten geeigneten Servicekonzepten eine hohe Relevanz. Interessante Fragestellungen sind:

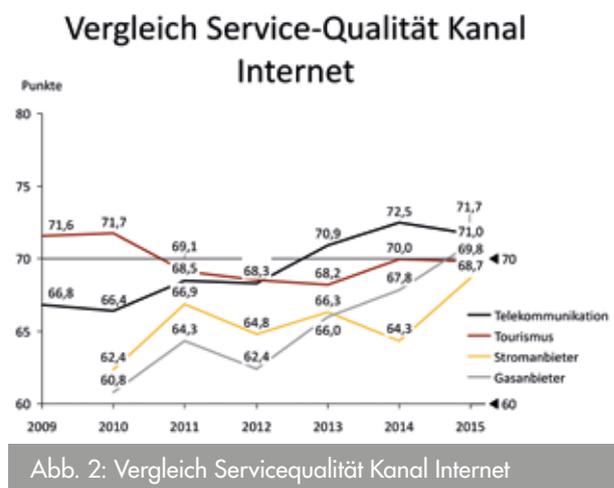
- Hat sich die Servicequalität in den einzelnen Branchen im Zeitverlauf verbessert und wie hat sich die Servicequalität in den verschiedenen Kanälen im Vergleich zueinander entwickelt?
- Konnten insbesondere die Möglichkeiten, die das Internet zur Verbesserung der Servicequalität bietet, genutzt werden und hat sich die Servicequalität in diesem Kanal in den letzten Jahren mit der gestiegenen Relevanz verbessert?
- Welcher Kanal bietet den Anbietern die Möglichkeit, sich von den Wettbewerbern durch guten Service zu differenzieren, wo ist also die Streuung der Serviceleistung am größten?
- Können die stationären Reisebüros und Mobilfunkshops im Vergleich zu internetbasierten Servicekonzepten mit guter Servicequalität punkten?
- Hat sich durch den gestiegenen Wettbewerb im Strom- und Gasmarkt die Servicequalität erhöht und konnten dort die kommunalen Anbieter im Vergleich zu den neuen überregionalen Wettbewerbern punkten?

In Zusammenarbeit mit dem Deutschen Institut für Service-Qualität wurden bisher durchgeführte Servicestudien analysiert, um Antworten auf obige Fragen zu geben und Trends sichtbar zu machen. Dabei wurde auf 39 Servicestudien aus den Jahren 2009 bis 2015 zurückgegriffen, die die Servicequalität über die Kanäle Beratung vor Ort, Telefon, Internet und E-Mail in den Branchen Telekommunikation, Tourismus, Strom- und Gasanbieter jeweils mit einem wenig veränderten Sample abbilden.

Kernergebnisse sind:

- Die durchschnittliche Servicequalität der Branchen Telekommunikation, Tourismus sowie Strom- und Gasanbieter schwankte über die letzten sieben Jahre zwischen ausreichend und gut. Darüber hinaus ist ein vorsichtig positiver Trend erkennbar. Eine nach Kanal und Branche differenzierte Betrachtung liefert aber tiefere Erkenntnisse.
- Die Servicequalität im Kanal Internet pendelt sich bei den Branchen Telekommunikation und Mobilfunk um die Marke von 70 Punkten ein, was der Grenze zwischen befriedigend und gut entspricht, und ist bei Strom- und Gasanbietern von Werten von knapp über 60 Punkten kommend auf ebenfalls etwa 70 Punkte gestiegen (vgl. Abbildung 2).
- Die Kanäle Telefon, Internet und Beratung vor Ort schneiden insgesamt besser ab als der Kanal E-Mail. Allerdings wird auch die Servicequalität in diesem Kanal besser.

- Die größte Streuung in der Servicequalität herrscht ebenfalls bei der Servicekomponente E-Mail. Die Kanäle Telefon, Internet und Beratung vor Ort weisen durchschnittlich eine geringere Streuung auf.
- Die Qualität der Beratung vor Ort gewinnt vor allem in der Tourismus-Branche an Substanz, während dort die Qualität des Internetauftritts gleich bleibt. Auch die Servicequalität in den etwas persönlicheren Kanälen Telefon und E-Mail wird bei den Online-Anbietern besser.
- Dagegen investiert die Telekommunikationsbranche verstärkt in den Service-Kanal Internet-Auftritt. Hier ist ein durchgehend positiver Trend erkennbar, während sich die Servicequalität der Beratung vor Ort auf gutem Niveau stabilisiert.
- Der Vergleich zwischen Strom- und Gasanbietern zeigt, dass Gasanbieter im Durchschnitt die etwas bessere Servicequalität in allen Kanälen aufweisen und die Internet-Qualität bei den Gasanbietern im gesamten Sample am stärksten steigt.



Grafik: Autoren

Literatur

Liebetruth, T., Hamer, M.: Branchen im Umbruch: Vergleich der Service-Qualität in den Branchen Telekommunikation, Tourismus, Strom und Gas. Deutsches Institut für Service-Qualität, Hamburg, September 2016.

Projektleitung

Prof. Dr. Thomas Liebetruth +49 941 943-9779
thomas.liebetruth@oth-regensburg.de

Kooperationspartner

Deutsches Institut für Service-Qualität GmbH & Co. KG

Projektlaufzeit

August 2015

BEDARFSERHEBUNG FÜR DAS BILDUNGSZENTRUM AUF DEM EHEMALIGEN ZUCKERFABRIKAREAL IN REGENSBURG (CANDIS)

Sonja Haug, OTH Regensburg

55

Im Vorfeld der Einrichtung der neuen Stadtteilbibliothek und Volkshochschule des Amtes für Weiterbildung der Stadt Regensburg im Zuckerfabrikareal in Regensburg hat der Gemeinnützige Förderverein der VHS Regensburg eine Evaluationsstudie zum Mediennutzungsverhalten und zum Bedarf an Bildungsangeboten in Auftrag gegeben. Eine Auswertung der Bevölkerungsstruktur ergab einen hohen Anteil an Personen mit Migrationshintergrund im Umfeld des Bildungszentrums. Zur Feststellung des Bedarfs wurde mit einem fünfseitigen Fragebogen eine Haushaltsbefragung im Untersuchungsgebiet Zuckerfabrikareal durchgeführt. Als Ergänzung zum Bedarf an Bildungs- und Kulturangeboten sowie Angeboten der Sprachförderung dienen Sekundäranalysen der Bürgerbefragung zum Kulturentwicklungsplan Regensburg und der Befragung „Integration in Regensburg“. Auf Basis der Analysen wurde der Bedarf an Angeboten von Stadtteilbibliothek und VHS abgeschätzt.

Im Zuckerfabrikareal und der Umgebung (Blockgruppen Zuckerfabrik, Westhafen, Orleanstraße, Östliche Reichsstraße, Hohes Kreuz) lebten zum Untersuchungszeitpunkt laut Melderegister etwa 6.600 Einwohner. In Neubauten im Candisviertel wird mit dem Zuzug von 3.700 Einwohnern gerechnet. Der Anteil der Kinder und Jugendlichen ist relativ hoch (17 %), ebenso der Anteil der Personen mit Migrationshintergrund (49 %) und der Anteil der ausländischen Staatsangehörigen (25 %, siehe Abbildung 1). Zum Vergleich: In der gesamten Stadt Regensburg beträgt der Anteil der Personen mit Migrationshintergrund 30 % und der ausländischen Staatsangehörigen 11 %.

Merkmal	insgesamt		Ausländische Staatsangehörigkeit	
	insgesamt	Prozent	insgesamt	Prozent
Einwohner/Innen	6.593		1.694	25,3%
Geschlecht:				
männlich	3.543	54,0%	974	57,0%
weiblich	3.050	46,0%	720	43,0%
Altersgruppen:				
unter 6 Jahre	337	5,0%	71	4,0%
6 bis unter 18 Jahre	788	12,0%	206	12,0%
18 bis unter 30 Jahre	1.821	28,0%	398	23,0%
30 bis unter 45 Jahre	1.430	22,0%	538	32,0%
45 bis unter 65 Jahre	1.474	22,0%	411	24,0%
65 Jahre oder älter	743	11,0%	70	4,0%
Altersgruppe unter 18 Jahre	1.125	17,0%	277	16,0%
Migrationshintergrund:				
Deutsche ohne Migrationshintergrund	3.305	50,8%		
Deutsche mit Migrationshintergrund	1.550	23,8%		
Ausländische Staatsangehörigkeit	1.648	25,3%	1.648	100,0%

Abb. 1: Bevölkerungsstruktur im Untersuchungsgebiet Zuckerfabrikareal

Quelle: Amt für Stadtentwicklung, Abteilung Statistik der Stadt Regensburg. Stand 31.10.2014, eigene Auswertung

Nach einer Sekundäranalyse der „Bürgerbefragung zum Kulturentwicklungsplan 2012“ war im Untersuchungsgebiet das Angebot der Volkshochschule (VHS) in den Bereichen Sprachkurse und Berufliche Bildung besonders gefragt (vgl. Haug et al. 2012). Eine Auswertung der Befragung „Integration in Regensburg 2013“ (vgl. Haug et al. 2014) ergab, dass die selbst eingeschätzten Deutschkenntnisse im Unters-

suchungsgebiet bis auf kleine Anteile bei einigen Zuwanderergruppen relativ gut sind. Die Hochrechnung ergab ein Interesse an Deutschkursen bei mehr als 300 Personen im Quartier. Die Zahl der Interessenten liegt angesichts des stetigen Zuzugs voraussichtlich noch höher. Die „Bedarfserhebung im Zuckerfabrikareal 2014“ belegt ein relativ hohes Bildungsniveau und eine hohe Akademikerquote bei den Haushalten im Umkreis der geplanten Stadtteilbücherei. Aus den Befunden lassen sich folgende Schlussfolgerungen ableiten:

1.) In Bezug auf das Mediennutzungsverhalten lässt sich unabhängig vom Bildungsniveau eine starke Tendenz zum Internet und zum Smartphone feststellen (siehe Abbildung 1). Soziale Netzwerke im Internet wie WhatsApp und Facebook werden von der überwiegenden Mehrzahl der Haushalte genutzt. Daneben wird sehr häufig ferngesehen. Ein Tageszeitungsabonnement ist hingegen die Ausnahme. Bücher werden von etwa der Hälfte der Haushalte täglich gelesen, E-Books und Hörbücher haben dagegen einen geringen Verbreitungsgrad. Bücher, E-Books und Hörbücher werden häufiger von Personen mit höherem Bildungsniveau genutzt. Hiermit werden Befunde zur Bildungsabhängigkeit des Mediennutzungsverhaltens und zur Digitalen Spaltung bestätigt.

2.) Ein wesentliches Resultat der Befragung ist der geringe Informationsstand und das hohe Informationsbedürfnis zur neuen Stadtteilbibliothek, aber auch zum bisher bestehenden Angebot von VHS und Stadtbücherei wie auch anderer Bildungs- und Kulturangebote im Wohngebiet (Haug 2015). Die Empfehlungen gehen daher darauf ein, wie zielgruppenspezifisch für die Angebote geworben werden könnte. Dies sollte alle Möglichkeiten von großflächiger Plakatwerbung, Informationsständen, der gezielten Verteilung von Prospekten, Flyern und Programmen sowie eine Eröffnungsveranstaltung und Multiplikatoren umfassen. Als besonders wichtig wird erachtet, neue technische Möglichkeiten – von Internet, Smartphone in Verbindung mit sozialen Medien und neu zu entwickelnden Gamification-Elementen – auszuloten, um größere Teile der akademisch gebildeten und jungen Zielgruppen zu erreichen.

3.) Ein Anteil von knapp 10 % versteht nach eigenen Angaben nicht gut genug Deutsch, um Angebote zu nutzen. Deutschkurse, für die sich 34 % der Zielgruppe mit anderem Geburtsland interessieren, oder die Ausweitung des interkulturellen Angebots, z. B. mehrsprachige Informationen und Medien und Veranstaltungen in anderen Sprachen, wären für diese Teilgruppe sinnvoll.

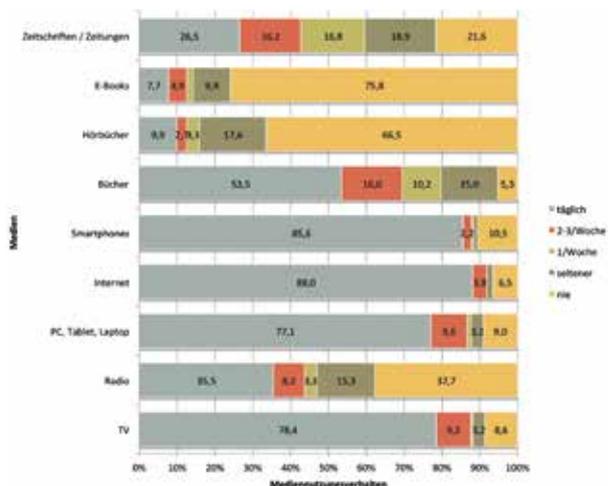


Abb. 2: Mediennutzungsverhalten der Haushalte im Untersuchungsgebiet Zuckerfabrikareal

Quelle: „Bedarfserhebung im Zuckerfabrikareal 2014“

4.) Die potenzielle Bereitschaft, Angebote der VHS bzw. Stadteilbücherei zu nutzen, ist nach eigenen Angaben vorhanden. Dies betrifft insbesondere die auch bisher bereits am häufigsten genutzten Fremdsprachenkurse sowie Gesundheit/Bewegung, aber auch Vorträge/Führungen sowie das gesamte Angebotsspektrum mit praktischer Ausrichtung (Kochen/Nähen) sowie Kultur/Kunst/Musik. Nach Aussagen der Befragten besteht auch eine hohe Nachfrage nach möglichen Angeboten einer Stadteilbücherei. Bei der Ausleihe sind neben Büchern auch DVDs interessant. Aber auch Musik, Hörbücher, Zeitschriften und in etwas geringerem Maße E-Books treffen den Bedarf. Fast ebenso hoch wie das Interesse an Büchern ist der bekundete Wunsch, Konzerte zu besuchen (70 %). Auch Ausstellungen oder Vorträge werden von fast der Hälfte der Befragten genannt. Lesungen und eine Stadterlebnistour würden etwa ein Drittel besuchen. Im Bereich Lernen und Weiterbildung gibt es ein Basisinteresse bei

WEITERE INFORMATIONEN

Am 7.7.2015 wurde das BIC BildungsCenter im Candis in der Kastenmaierstraße 2 in Regensburg eröffnet.

40 %, mit Schwerpunkten bei Berufswahl/Arbeitsplatzsuche oder Lebensunterhalt/Rente, aber auch EDV/Internetnutzung.

5.) Aus den Angaben der Eltern spricht ein hoher Bedarf an Bildungs- und Betreuungsangeboten für Kinder. Neben einem besonders hohen Wunsch nach einem Ferienprogramm (65 %) sowie an Hausaufgabenbetreuung (52 %) gibt es Wünsche nach Sprachkursen, Computerkursen, Lerntraining, aber auch Filmvorführungen und Vorlesen für Kinder.

6.) Die Möglichkeit, Räumlichkeiten als offenen Treffpunkt zu nutzen, würde seitens der Befragten sehr geschätzt. Dem Bedarf entspricht ein Aufenthaltsraum zum Lesen und Lernen (42 %), ein Computerzugang und ein Nachbarschaftstreffpunkt.

Literatur

Haug, S.: Bürgerbefragung zum Kulturentwicklungsplan Regensburg 2012. Forschungsbericht unter Mitarbeit von Ulrich, A., Reinhardt, J., Ebner, R., OTH Regensburg, 2012. <https://www.regensburg.de/kultur/kulturentwicklungsplan/kulturentwicklungsplan-erarbeitungsprozess/buergerbefragung>

Haug, S.: Bedarfserhebung für die neue Stadteilbibliothek und Volkshochschule auf dem ehemaligen Zuckerfabrikareal in Regensburg, OTH Regensburg, Abschlussbericht, 2015.

Haug, S., Vernim, M., Gelfert, V., Reindl, A.: Integrationsbericht und Integrationskonzept für Regensburg. Abschlussbericht, Stadt Regensburg/OTH Regensburg, 2014. <http://www.oth-regensburg.de/ibik>

Projektleitung

Prof. Dr. Sonja Haug +49 941 943-1092
Kompetenzzentrum Institut für Sozialforschung und Technikfolgenabschätzung (IST)
sonja.haug@oth-regensburg.de

Studentische Hilfskräfte

Nina Barska, Martina Bemmerl, Daniel Doll und Thomas Schiffert

Geldgeber

„Wissen und mehr“, Gemeinnütziger Förderverein der Volkshochschule (VHS)

Kooperationspartner

Stadt Regensburg: Dr. Hermann Hage (Referent für Bildung, Sport und Freizeit), Cornelia Wabra (Leiterin des Amtes für Weiterbildung)

Projektlaufzeit

7 Monate (Oktober 2014 bis April 2015)

Fördersumme

7.983 €

Projekthomepage

www.oth-regensburg.de

(♦ Fakultäten ♦ Angewandte Sozial- und Gesundheitswissenschaften ♦ Forschung & Projekte ♦ Projekte ♦ weitere Evaluationen und Befragungen)

SOZIALE ASPEKTE DER ENERGETISCHEN GEBÄUDESANIERUNG

Begleitstudie (Sozialstudie) zu RENARHIS

Sonja Haug, OTH Regensburg
 Karsten Weber, OTH Regensburg
 Matthias Vernim, OTH Regensburg

57

Der Beitrag basiert auf einer Fallstudie zur partizipativen Planung der energetischen Sanierung im genossenschaftlichen Wohnbau in einem historischen Stadtquartier in Regensburg. Herausforderungen der nachhaltigen Modernisierung liegen im Spannungsfeld der Ziele Energieeinsparung und regenerative Energiegewinnung (Ökologie), Finanzierbarkeit (Ökonomie), soziale Gerechtigkeit und Erhaltung historischer Bausubstanz (Soziales, Kultur). Eine Haushaltsbefragung zeigt die hohe Akzeptanz von energetischer Sanierung sowie Mieterhöhung bei Senkung der Energiekosten. Ziel- sowie Verteilungskonflikte zwischen Mieter und Vermieter bedingen eine sozial nachhaltige Gebäudesanierung unter teilweiser Preisgabe von Energieeffizienz und gebäudehistorischer Konservierung.

Der Projektverbund „Dezentrale regenerative Energieversorgung als Schwerpunkt einer nachhaltigen Restaurierung historisch bedeutender Stadtquartiere des frühen 20. Jahrhunderts“ (RENARHIS) dient der Entwicklung eines Modernisierungskonzeptes erhaltenswerter Bausubstanz historischer Stadtquartiere unter Verwendung einer dezentralen (autarken) regenerativen Energieversorgung (Steffens 2016). Exemplarisch wurden für das „Plato-Wild-Ensemble“ des Gemeinnützigen Bauvereins Regensburg e. V. Restaurierungskonzepte erarbeitet, die auf Lösungen möglicher Konflikte bei einer nachhaltigen Modernisierung abzielten. Ergänzend zur technischen und bauhistorischen Untersuchung sollten in einer sozialwissenschaftlichen Studie die Bedarfslage sowie die Akzeptanz von Baumaßnahmen untersucht werden, um Bewohnerinteressen in den Planungsprozess integrieren zu können (partizipative Planung). Soziale Nachhaltigkeit des Wohnens beinhaltet hierbei auch die Vermeidung sozialer Ungleichheit und Energiearmut.

Für die Sozialstudie wurden 73 von 158 Haushalten persönlich-mündlich befragt (46 %). Unabhängig von Haushaltsgröße, Mietdauer oder Migrationshintergrund besteht eine hohe Bekanntheit und positive Einschätzung der energetischen Gebäudemodernisierung (Abbildung 1). Ein hoher Bedarf äußert sich u. a. darin, dass 37 % der Haushalte über Schimmelbelastung in der Wohnung klagen, 36 % über undichte Fenster. Dementsprechend haben 74 % Interesse an neuen Fenstern. Bei einer automatischen Belüftung besteht hingegen Skepsis (78 % haben kein Interesse) und nur ein Viertel hat Interesse an einer Schulung zum Raumklima. Die Hälfte fän-

de es akzeptabel, für Baumaßnahmen die Wände der Wohnung freizuräumen und ein Drittel würde sich während der Sanierung woanders einquartieren lassen.

Die Schwierigkeit der energetischen Sanierung im historischen Baubestand besteht darin, energetische Optimierung mit einem konservatorischen Ansatz zu vereinbaren und hierbei die Kosten möglichst niedrig zu halten (Zielkonflikt zwischen ökologischer, ökonomischer und sozialer Nachhaltigkeit). Durch den hohen Anteil einkommensschwacher Personengruppen besteht die Herausforderung darin, Sanierungskosten auf die Mieter umzulegen, ohne die Haushalte zu stark zu belasten.

Für 75 % ist eine niedrige Miete sehr wichtig. Als größte Befürchtung wird in der Haushaltsbefragung ein Mietanstieg genannt. Aktuell sind die meisten mit der Miethöhe zufrieden, wogegen die Zufriedenheit mit Heiz- und Stromkosten gering ausgeprägt ist. Eine Mieterhöhung bei Verbesserung der Ausstattung ist zwar hoch akzeptiert, beispielsweise für neue Fenster, aber auch eine Solarstromanlage, neue Heizung, Außendämmung oder Balkon. Ein niedriger Mietpreis ist allerdings für 50 % wichtiger, nur 14 % finden die Ausstattung wichtiger und 36 % finden beides gleich wichtig. Ebenso finden 82 % Umweltschonung durch Energiesparen wichtig, aber 85 % schätzen es besonders, wenn das Wohnen dadurch günstiger wird (Haug/Vernim 2016). 65 % würden eine höhere Miete akzeptieren, wenn sie dafür preisgünstigen Strom aus einer Solarstromanlage des Vermieters beziehen könnten.

	Gesamt	Haushaltsgröße		Wohndauer		Geburtsland	
		1 Person	Mehrpersonen	unter 12 Jahre	12 Jahre oder länger	Deutschland	Ausland
davon gehört	86,3	87,1	85,7	86,1	86,5	76,5	89,3
mit Thema befasst	31,5	32,3	31	33,3	29,7	23,5	33,9
positive Meinung	75	70	78,6	80	70,3	76,5	74,5
Positive Meinung Solarstrom	67,6	70,7	67,6	77,1	58,3	68,8	67,3
Anzahl (N)	73	31	42	36	37	56	17

Abb.1: Wissen und Einstellung zu energetischer Gebäudesanierung (in Prozent)

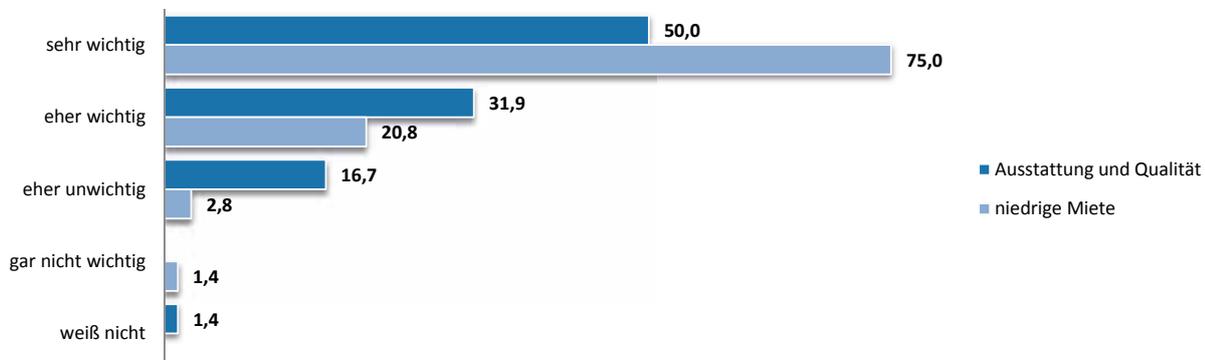


Abb. 2: Wichtigkeit Ausstattung und Miethöhe (in Prozent)

Durch die Nutzung neuer Technologien ist eine Erreichung ökologischer und kultureller Ziele möglich (vgl. Steffens 2016). In genossenschaftlichen Wohnformen bestehen beste Möglichkeiten, partizipative Elemente bei einer energetischen Sanierung einzusetzen und so soziale Aspekte bei der Gebäudesanierung zu berücksichtigen. Oftmals sind hierbei Kompromisse erforderlich, um verschiedene Aspekte der Nachhaltigkeit miteinander zu vereinbaren.

Um soziale Spannungen im Wohnviertel durch Verdrängung der alteingesessenen Bewohnerschaft zu vermeiden, sollte bei einer energetischen Gebäudesanierung darauf geachtet werden, dass diese nach Möglichkeit weiterhin im Gebäude verbleiben kann. Durch eine Bewohnerbefragung können Hoffnungen, Befürchtungen und Akzeptanz bezüglich einzelner Maßnahmen und auch der Zahlungsbereitschaft erhoben werden. Die häufig bereits vorhandene Akzeptanz der Bewohner für die energetische Gebäudesanierung und ein großes Interesse an einer nachhaltigen Verbesserung der Wohnung kann durch die Beteiligung an Entscheidungen erhöht werden.

Die Verbesserung des Raumklimas wird als wichtiges Element der Wohnqualität gewünscht. Neue Fenster und Fassaden-dämmung sollten daher primär im Fokus stehen. Bei baulichen Maßnahmen rund um das Gebäude sollten Nutzbarkeit und Verschönerung gleichermaßen beachtet werden. Angesichts der hohen Aufgeschlossenheit gegenüber nachhaltigen Formen der Energiegewinnung sollten sich Anstrengungen auf das Kosteneinsparpotenzial für Miethaushalte mit niedrigem Einkommen richten.

WEITERE INFORMATIONEN

Die Studie wurde als Begleitstudie zum Projekt RENARHIS (Projektleitung Prof. Dr. Oliver Steffens, Kompetenzzentrum Nachhaltiges Bauen der OTH Regensburg) erstellt.

Literatur

Haug, S., Vernim, M.: Sozialstudie. In: Steffens, O. (Hrsg.): RENARHIS: Nachhaltige energetische Modernisierung und Restaurierung historisch wertvoller Stadtquartiere. Zukunft Bauen, Forschung für die Praxis, Band 3. Bonn: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, 2016, S. 46–73.

Haug, S., Weber, K., Vernim, M.: Soziale Aspekte der energetischen Gebäudemodernisierung – Partizipative Planung, Zielkonflikte und Akzeptanz. In: Großmann, K., Schaffrin, A., Smigiel, C. (Hrsg.): Energie und soziale Ungleichheit: Zur gesellschaftlichen Dimension der Energiewende in Deutschland und Europa. Wiesbaden: Springer 2016, im Druck.

Projektleiter

Kompetenzzentrum Institut für Sozialforschung und Technikfolgenabschätzung (IST):

- Prof. Dr. Sonja Haug +49 943 942-1092
sonja.haug@oth-regensburg.de
- Prof. Dr. Karsten Weber +49 941 943-9222
karsten.weber@oth-regensburg.de

Wissenschaftlicher Mitarbeiter

Matthias Vernim, M. A.

Studentische Hilfskräfte

Irena Kreisel, Natascha Müller und Veronika Zeichinger

Geldgeber

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) und Technologie- und Wissenschaftsnetzwerk Oberpfalz (TWO)

Kooperationspartner

- Kompetenzzentrum Nachhaltiges Bauen (Prof. Dr. Oliver Steffens)
- Gemeinnütziger Bauverein Regensburg e. V.

Projektlaufzeit

8 Monate (Sozialstudie)

Fördersumme

12.207 €

Projekthomepage

www.oth-regensburg.de

(♦ Fakultäten ♦ Angewandte Sozial- und Gesundheitswissenschaften ♦ Forschung & Projekte ♦ Projekte ♦ Projekte im Bereich Mobilität und Energie ♦ Sozialstudie)

WAS BEDEUTET ES, UNTERNEHMENSGRÜNDER ZU SEIN? Von der konzeptuellen Metaphertheorie zur Rollentheorie

Sean Patrick Saßmannshausen, OTH Regensburg
Sebastian Books, Wuppertal

59

Die kognitive Linguistik und speziell die konzeptuelle Metaphertheorie erlauben es, sich dem Rollenselbstbild von Gründern und ihrem Tun phänomenologisch aus interdisziplinärer Perspektive zu nähern und so neue Anregungen für die Forschung zu gewinnen.

Bei der Verwendung von Analogien und Metaphern werden Begriffe und Zusammenhänge aus einem Gebiet (der Quell- oder Herkunftsdomäne) auf ein anderes Gebiet angewendet, um damit eine Bedeutung zu übertragen, und zwar im Sinne von „A ist wie B“ (Analogie) oder „A ist B“ (Metapher) (Mahlmann 2010). Als Sprachbild können sie so dazu genutzt werden, etwas, das einem Gesprächspartner unbekannt ist, nachvollziehbar zu vermitteln, indem im Rahmen einer Übertragung bereits bekannte Eigenschaften, Vorstellungen oder Zusammenhänge auf das Unbekannte projiziert werden (Krippendorff 1990). Metaphern und Analogien dienen insofern vor allem der Versinnfälligung (Lakoff & Johnson 1980). Die Analyse verwendeter Analogien und Metaphern lässt es daher zu, Rückschlüsse auf das mentale Modell des Sprechers vom Gegenstand zu ziehen (Lakoff & Johnson 1980, Schröder 2010). Die kognitive Linguistik und speziell die konzeptuelle Metaphertheorie (Weinrich 1963) macht sich dies zunutze.

Für die hier vorgestellte Forschungsarbeit haben die Autoren Analogien und Metaphern gesammelt, die Unternehmensgründer und -gründerinnen in Interviews verwendeten, wenn sie von ihren Tätigkeiten berichteten. Es wurden über 210 Metaphern identifiziert, die im Wesentlichen zehn Quelldomänen zugeordnet werden können. Dazu zählen vor allem die Quelldomänen Fortbewegung, Handwerk, Natur, Familie, Krieg und Sport sowie Seefahrt. Das durch die verwendeten Metaphern ausgedrückte Verständnis von Gründung lässt es nicht nur zu, das mentale Modell des Sprechers vom Gegenstand besser zu erfassen, es wird auch möglich, Forschungslücken aufzudecken, indem man nur sublim metaphorisch zur Sprache gebrachte Aspekte des Phänomens besser erkennen und verstehen kann. Dies soll im Folgenden exemplarisch für die zwei meistverwendeten Quelldomänen demonstriert werden:

Am häufigsten beziehen sich Analogien und Metaphern auf Sprachbilder zur Fortbewegung. So wird vom „Schritt“ oder sogar vom „Sprung in die Selbstständigkeit“ und vom „Schritt

zum normalen Unternehmen“ gesprochen. Es werden der „Weg“, der zurückgelegt werden muss, oder eben die „Schritte“, die man „auf dem Weg“ zu einem neuen Unternehmen „gehen“ muss, betont. Man muss zur Unternehmensgründung „etwas in die Wege leiten“, „den eingeschlagenen Weg weitergehen“ bzw. „verlassen“, „neue Wege gehen“ und „einen Schritt nach dem anderen machen“.

Gleichwohl existieren nicht nur positive Assoziationen zwischen Fortbewegung und Entrepreneurship, wenn diese auch deutlich überwiegen. Man darf bei der Gründung beispielsweise nicht „hinterherhinken“ oder gar „in die falsche Richtung laufen“, „Fehlritte“ sind zu vermeiden. Die Fortbewegungsmetaphern zeigen inhaltlich wie auch durch ihre Häufigkeit ein Verständnis von Gründung als Prozess und demonstrieren die Dynamik, die ihm zugeschrieben wird, wie auch den Umstand, dass dieser Prozess mit Herausforderungen verbunden ist. In der Entrepreneurship-Forschung untersuchen jedoch nur wenige empirische Studien den Prozess der Gründung in holistischer Weise (vgl. Liao und Welsch 2008). Diese Forschungslücke wird auf Basis der Analyse der Metaphern erkennbar.

Handwerks-Analogien und Metaphern folgen in der Häufigkeit der Verwendung. Dies mag der besonderen – und oft sprichwörtlich gewordenen – kulturellen Bedeutung des Handwerks in Deutschland geschuldet sein, das seit dem Mittelalter in Zünften und später in Kammern und Innungen eine eigene Entwicklung genommen hat, die sich organisatorisch und traditionell von vielen anderen Ländern zumindest in gewisser Weise abhebt.

So ist die Verwendung von Handwerksmetaphern zugleich einer der wesentlichen Unterschiede zur Nutzung von Metaphern durch Entrepreneure im englischen Sprachraum (vgl. De Koning & Drakopoulou Dodd 2008). Zugleich lässt sich die Durchführung einer Unternehmensgründung selbst metaphorisch als ein Handwerk begreifen, das es zu erlernen und zu beherrschen gilt. Auffällig ist zudem, dass sich viele der verwendeten Sprachbilder auf Veränderungen beziehen, die es zu bewirken gilt. So zum Beispiel, wenn Unternehmen

oder Märkte „umgekrempt“ werden. Typisch sind Sprachbilder mit einem Bezug zum Bauhandwerk, etwa wenn eine Firma „aus dem Boden gestampft“ und „der Weg geebnet“ wird, aber auch wenn „Ergebnisse untermauert“, „Grundsteine gelegt“, „Durchbrüche geschafft“, „Lücken gefüllt“ und „zentrale Bausteine“ eingefügt werden. Die besondere Kultur des Handwerks in Deutschland mit tradierten Qualitätsansprüchen findet seitens der Gründer Verwendung, wenn sprichwörtlich gewordene handwerkliche Akkuratessensinnbildlich auf Gründungen übertragen wird, etwa wenn an „Ideen gefeilt“ oder das „Profil geschärft“ wird.

Metaphern und Analogien aus dem Handwerk stellen das Tun in den Vordergrund, zeigen also einen Bezug aufs aktive Handeln des Gründers und erlauben es, den Gründer als Macher darzustellen, der „Nägel mit Köpfen macht“.

In Bezug auf die zum Ausdruck gebrachte Handlungsorientierung, das Anpacken und Tun, finden sich in der wissenschaftlichen Entrepreneurship-Literatur nicht genügend Studi-

en im Sinne Mintzbergscher Managementstudien mit Tätigkeits- und Zeiterfassung (1968), die sich empirisch damit auseinandersetzen, was Entrepreneurere tatsächlich machen, in welchem zeitlichen Verhältnis die verschiedenen Tätigkeiten zueinander stehen, wie sich Tätigkeitsprofile im Gründungsprozess verändern und wie Gründer damit umgehen sowie welche Erfolgseinflüsse sich feststellen lassen (vgl. Edelman, Manolova und Brush 2008, zu den sogenannten „gestation activities“ (typische Tätigkeiten im Gründungsprozess) z. B. Davidsson und Honig 2003, Volery, Müller und von Siemens 2009).

Phasenspezifische, typische Gründungstätigkeiten liegen dem zuvor besprochenen Prozessverständnis von Entrepreneurship als elementare Handlungen zugrunde und könnten insofern eine handlungsorientierte Mikrofundierung zu den im vorherigen Abschnitt genannten Prozessstudien bieten.

ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Neben der Identifizierung von Forschungslücken, etwa eine noch nicht ausreichend fundierte holistische Prozess- theorie und deren Mikrofundierung durch dynamische Tätigkeitserfassung, lässt sich aus der Analyse von Analogien und Metaphern ein Rollenselbstbild der Gründer und Gründerinnen ableiten. In dessen Mittelpunkt steht ein Verständnis von Unternehmertum als Prozess, nicht als Zustand oder Status, in welchem der Gründer oder die Gründerin die Rolle des akkuraten und zupackenden Machers ausübt.

In einem ausführlicheren Forschungsaufsatz (angenommen zur Publikation durch die ZfKE – Zeitschrift für KMU und Entrepreneurship) wurden diese und viele weitere, unerwähnt gebliebenen Bestandteile und Zusammenhänge einer hier nur angedeuteten phänomenologischen Rollentheorie ausführlicher dargelegt, die sich der Methoden der kognitiven Linguistik und speziell der konzeptuellen Metapherntheorie bedient. Ein Ziel ist es dabei auch, das interdisziplinäre Verständnis von Unternehmensgründung und Unternehmertum an der Grenze zwischen der Betriebswirtschaftslehre und der Linguistik zu stärken.

Literatur

Davidsson, P. und Honig, B. (2003): The Role of Social and Human Capital among Nascent Entrepreneurs. In: *Journal of Business Venturing*, 18(3), 301–331.

De Koning, A. und Drakopoulou Dodd, S. (2008): Metaphors of Entrepreneurship across Cultures, in: *Journal of Asia Entrepreneurship and Sustainability*, 4(2), 87–101.

Edelman, L. F., Manolova, T. S. und Brush, C. G. (2008): Entrepreneurship Education: Correspondence between Practices of Nascent Entrepreneurs and Textbook Prescriptions for Success. In: *Academy of Management Learning & Education*, 7(1), 56–70.

Krippendorff, K. (1990): *Der verschwundene Bote: Metaphern und Modelle der Kommunikation*. Departmental Papers, Annenberg School for Communication, University of Pennsylvania.

Lakoff, G. und Johnson, M. (1980): *Metaphors We Live By*. Chicago University Press.

Liao, J. J. und Welsch, H. (2008): Patterns of Venture Gestation Process: Exploring the Differences between Tech and Non-tech Nascent Entrepreneurs. In: *The Journal of High Technology Management Research*, 19(2), 103–113.

Mahlmann, R. (2010): *Sprachbilder, Metaphern & Co*. Weinheim: Beltz Verlag.

Schröder, U. (2010): Der Einfluss kultureller und kontextueller Faktoren bei der Konstruktion integrierter Netzwerke in metaphorischen blends. In: *Zeitschrift für angewandte Linguistik*, 52, 81–102.

Volery, T., Müller, S. und Siemens, B. v. (2009): *The Entrepreneur's Job*. Studie des Schweizer Instituts für Klein- und Mittelunternehmen, Universität St. Gallen.

Weinrich, Harald (1963): Semantik der kühnen Metapher. In: *DVjs*, Jg. 37, S. 325–344.

Projektleitung

Prof. Dr. Sean Patrick Saßmannshausen +49 941 943-1099
start-up center, Fakultät BW, OTH Regensburg
sean.sassmannshausen@oth-regensburg.de

EFFIZIENZHAUS PLUS MODELLPROJEKT

Wissenschaftliche Begleitforschung

Nikolaus Neuleitner, OTH Regensburg
 Christian Rechenauer, OTH Regensburg
 Oliver Steffens, OTH Regensburg

61

Innerhalb des „Effizienzhaus Plus“-Förderprogramm des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) befasst sich die OTH Regensburg mit der Begleitforschung für ein Modellprojekthaus der Karl Bachl GmbH & Co. KG in Deggendorf-Natternberg. Ziel des Gebäudekonzepts ist eine möglichst autarke Wärme- und Stromversorgung durch die Nutzung solarer Strahlung, um eine positive Jahresenergiebilanz zu erzielen. Das Haus gewinnt also mehr Energie aus der Umwelt als es verbraucht. Dies wird in Form eines umfangreichen Messprogramms („Monitoring“) über mehrere Jahre analysiert und optimiert. Wir stellen Gebäude und Energiekonzept vor und berichten über die Ergebnisse und Erkenntnisse des ersten abgeschlossenen Betriebsjahres.

Mit der Forschungsinitiative „Zukunft Bau“ fördert das Bundesministerium für Umwelt und Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) die Erforschung von Effizienzhaus-Plus-Modellhäusern. Diese zeichnen sich durch einen negativen Jahresbedarf an Primärenergie und Endenergie aus.¹ Erstere ergibt sich rechnerisch aus den Primärenergieträgern (z. B. Öl, Kernenergie, Wasserkraft, Wind, Umweltwärme etc.) unter Berücksichtigung der für Wandlung und Transport anfallenden Verluste und den insgesamt verursachten CO₂-Emissionen. Die Endenergie stellt die dem Gebäude von außen zur Verfügung gestellte Energie dar, die für Raumheizung und technischen Betrieb benötigt wird.

Einen niedrigen Primärenergiebedarf erreicht man zunächst durch einen kleinen Endenergiebedarf. Dazu muss das Gebäude gut gegen Wärmeverluste gedämmt werden und ein großer Teil der Energie direkt am Gebäude gewonnen werden. Der Primärenergiebedarf verringert sich aber auch durch „CO₂-neutrale“ Energieträger („Erneuerbare Energieträger“, z. B. Holzheizung, Umweltwärme/Wärmepumpe, Solarthermie).

Das Effizienzhaus Plus produziert mehr Energie als es verbraucht. Dies wird in den meisten Modellprojekten mithilfe einer bilanziellen Aufrechnung des am Objekt erzeugten und ins Netz eingespeisten Stroms durch Photovoltaik (PV) erzielt.^{2, 3}

Eine Alternative stellt das von der OTH Regensburg und der Firma Karl Bachl entwickelte Hybrid-Sonnenhauskonzept dar.⁴ Dabei wird mittels Solarkollektoren Sonnenwärme in einen Pufferspeicher eingespeist (Solarthermie). Dadurch soll eine möglichst hohe Wärme-Selbstversorgung erreicht werden. Der Eigennutzungsanteil des erzeugten PV-Stroms wird mithilfe eines Stromspeichers (Batterie) gesteigert. Überschüssiger Strom wird ins Netz eingespeist.

Die Begleitforschung soll analysieren, ob die geplante Plus-Energie-Bilanz im realen Betrieb erreicht wird. Zudem sollen durch detaillierte Analysen im Rahmen eines „Monitorings“ von Strom- und Wärmeflüssen, Temperaturen, Luftfeuchte und Luftqualität Schwachstellen aufgedeckt und Optimierungspotenziale gefunden und genutzt werden.

Auf ca. 150 m² beheizter Fläche befinden sich im Erdgeschoss der Wohn- und Essbereich mit offenem Übergang zur Küche, ein Arbeitszimmer sowie ein kleiner Abstellraum. Schlafzimmer und Bad liegen im Obergeschoss. Ans Haus fügt sich der Technikraum mit Pufferspeicher an und ein Carport (Abbildung 1).



Foto: Bachl GmbH & Co. KG

Abb. 1: Südausicht des Effizienzhaus Plus

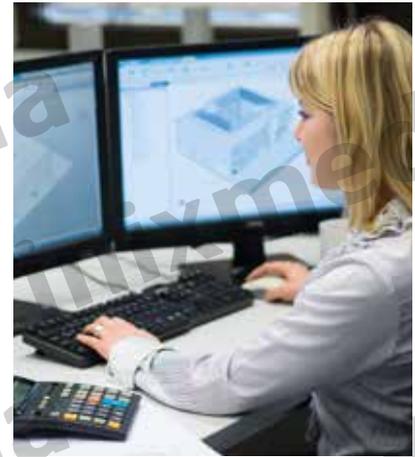
Die Südausrichtung des zweistöckigen Gebäudes ermöglicht die direkte Nutzung der Sonneneinstrahlung mittels großer Fensteröffnungen sowie durch Solarkollektoren und PV-Module auf dem Dach, an der Fassade und neben dem Carport. Das Süddach (33° Neigung) trägt 24 monokristalline PV-Module (39 m²) mit einer Gesamtleistung von 7,84 kWp. Die Ertragsprognose liegt bei 8.700 kWh im Jahr. Der selbstgenutzte Stromanteil wird durch eine Lithium-Eisenphosphat-Batterie mit 8 kWh Kapazität erhöht.

Drei Solarkollektorfelder mit 49 m² Fläche am Dach, neben dem Carport und an der Südfassade liefern Wärme für Heizung und Warmwasser. Die Erträge fließen in den 9.200 l großen Pufferspeicher. Über eine Fußbodenheizung wird die Wärme abgegeben. Der Pufferspeicher kann im oberen Bereich durch elektrische Heizstäbe nachgeheizt werden.

Die Belüftung erfolgt durch eine zentrale Anlage mit Wärmerückgewinnung. Besonderheit: Die Zuluft wird im Winter über den Pufferspeicherraum geleitet und vorgewärmt. Dadurch reduzieren sich die Lüftungswärmeverluste weiter. Im Sommer wird die Außenluft direkt über einen Bypass angesaugt.

www.klebl.de

DER BAUPARTNER IN DEUTSCHLAND



Zur Verstärkung unseres Teams suchen wir

- Bauingenieure (m/w) – Bachelor (m/w)
- Nachwuchs- oder Jungbauleiter (m/w)
- Praktikanten (m/w) – Werkstudenten (m/w)



Klebl GmbH · Gößweinstraße 2 · 92318 Neumarkt i.d.Opf. · Telefon (09181) 900-0 · klebl@klebl.de



ENERGIEEFFIZIENZHAUS PLUS - Deggendorf



Endenergiebilanz
PLUS von 2.851 kWh
im Jahr



DAS HAUS, DAS MEHR GIBT, ALS ES NIMMT

So baut man heute:

- kernaktivierte Betonfertigteile
- hochwertige Dämmung und Bauelemente
- Nutzung regenerativer Energien und intelligenter Haustechnik

Mehr unter www.bachlplushaus.de

BACHL - KOMPLETTLÖSUNGEN

Karl Bachl Hoch- und Tiefbau GmbH & Co. KG
Deching 3 | D-94133 Röhrnbach
Tel.: +49 (0)8582/18-2303 | erwin.seidl@bachl.de



Gemeinsam Werte schaffen.

www.bachl.de

U.T.E.

Ingenieur GmbH
Umwelt · Tiefbau · Energie

Dr.-Leo-Ritter-Straße 7 | 93049 Regensburg
Tel.: 0941 4644874-0 | Fax: 0941 4644874-4
info@utegmbh.de | www.utegmbh.de

Beratung · Planung · Überwachung

- Kanalisation
- Kläranlagen mit Klärschlammbehandlung
- Regenwasserbehandlung
- Hochwasserschutz und Gewässerausbau
- Wasserversorgung
- Straßenbau und Erschließung
- Satzungswesen
- Baufreitplanung und Umweltverträglichkeitsprüfung

Wir planen das.

OTH

OSTBAYERISCHE
TECHNISCHE HOCHSCHULE
REGENSBURG

ANGEWANDT FORSCHEN AN DER OTH REGENSBURG

Institut für Angewandte Forschung
und Wirtschaftskooperationen (IAFW)

www.oth-regensburg.de

Die intelligente KNX-Steuerung mit Präsenzmeldern und Tageslichtsensoren optimiert die LED-Beleuchtungstechnik und die Funktion der Jalousien als Schutz vor sommerlicher Überhitzung des hochgedämmten Gebäudes.

Foto: Stierstorfer



Abb. 2: Datenlogger-Einheit zur Sammlung der Sensordaten

Für das Monitoring mussten eine zuverlässige Datenerfassung von ca. 70 Sensoren (Abbildung 2) und die Übermittlung via Internet sichergestellt werden und Lösungen für die automatisierte Auswertung der enormen Datenmengen und das Erkennen von Fehlfunktionen entwickelt werden.

Seit Oktober 2014 liefert das Monitoring valide Daten und Hinweise auf Optimierungspotenziale. Begleitend wurden Simulationsrechnungen angestellt.⁵

Die gebäudeübergreifende Regel- und Steuerungstechnik ist entscheidend: Die Steuerung über einen Tablet-Computer bewirkte z. B., dass die Fußbodenheizung nicht mehr über die installierten Raumthermostaten geregelt wurde. Eine fehlerhafte Abstimmung führte zu erhöhten Temperaturen, was im Herbst 2014 den Pufferspeicher merkbar belastete. Die Jalousienregelung aktivierte die Verschattung zunächst auch im Winter, sodass keine Wärmegewinne durch die Fenster möglich waren. Einsparungen ließen sich auch durch eine Optimierung des Zirkulationspumpenbetriebs erzielen. Viele Probleme waren auf eine fehlerhafte Bedienung bzw. Betriebseinstellung zurückzuführen und konnten behoben werden. Sie zeigen jedoch auch, wie kritisch das Nutzerverhalten ist.

Die erste Messperiode (11/2014 bis 10/2015) belegt, dass der Effizienzhaus-Plus-Standard erreicht wird.⁶ Die Primärenergiebilanz lieferte ein Plus von 6.842 kWh (45,2 kWh/m²) und ein Endenergiebilanzplus von 2.851 kWh (18,8 kWh/m²). Insgesamt wurde 9.199 kWh elektrische Energie eingespeist.

Solarthermie und PV-Module deckten 63 % des Wärmebedarfs (Rest durch elektrische Nachheizung) und 39 % des Strombedarfs.

Kritisch sind die thermischen Verluste des Pufferspeichers, dessen Dämmung entscheidend ist. Eine optimale Wirkung und höhere Wirtschaftlichkeit ist zudem mit einem kleineren Speicher zu erzielen.⁵

NÄHERE INFOS UND LIVE-MONITORING-DATEN:

www.effizienzhausplus-deggendorf.de

Literatur

- 1 Richtlinie des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung über die Vergabe von Zuwendungen für Modellprojekte im Effizienzhaus-Plus-Standard im Jahre 2012.
- 2 Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung: Wege zum Effizienzhaus-Plus. Berlin, 2011.
- 3 Erhorn, H., Hegner, H.-D.: Technikkonzepte und -erfahrungen im Netzwerk „Effizienzhaus Plus“. In: Pöschk, J. (Hrsg.): Energieeffizienz in Gebäuden – Jahrbuch 2014. Neue Ausg. Berlin: vme Verlag und Medienservice Energie, 2014, S. 93–101.
- 4 Ein Haus, das mehr gibt, als es nimmt. Gartenschau Deggendorf: Energieeffizienzhaus Plus in Natterberg. Beton Heft 2, 2014, S. 4.
- 5 Rechenauer, Ch., Neuleitner, N., Steffens, O., Tretter, S., Laumer, J.: Empirische Untersuchung und Optimierung der Performance eines Modellprojekts für ein Effizienzhaus Plus mit solarthermischem Energiekonzept. Fachforum Effizienzhaus Plus. OTTI. Hamburg, 14.07.2015.
- 6 Steffens, O., Stierstorfer, J., Neuleitner, N., Rechenauer, Ch.: Zwischenbericht Effizienzhaus Plus Deggendorf-Natterberg. OTH Regensburg, 2016.

Projektleitung

Prof. Dr. Oliver Steffens +49 941 943-9775
Kompetenzzentrum Nachhaltiges Bauen
oliver.steffens@oth-regensburg.de

Projektmitarbeiter

Prof. Dipl.-Ing. Nikolaus Neuleitner
Prof. Dr. Christian Rechenauer
Johannes Stierstorfer, B. Eng.
Siegfried Schrammel, M. Eng.

Geldgeber

Bundesministerium für Umwelt und Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) / Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR): „Zukunft Bau – Effizienzhaus Plus Netzwerk“

Kooperationspartner

Karl Bachl GmbH & Co. KG, Röhrenbach

Projektlaufzeit

36 Monate

Fördersumme

47.000 €

Projekthomepage

www.effizienzhausplus-deggendorf.de

BETONFEUCHTEMODELL FÜR TUNNELINNENSCHALEN IN ÖSTERREICH (TUNNELFEUCHTE)

Die Feuchtigkeit in oberflächennahen Schichten der Tunnelinnenschalen ist neben der Temperaturentwicklung und Dehnungsbehinderung maßgebend für das Abplatzverhalten der Schale im Brandfall. Die Feuchte ändert sich mit den Umgebungsbedingungen. Die Feuchteverteilungen und Änderungen über den Jahreszyklus sind derzeit weitgehend unbekannt. Um ein Modell zu entwickeln, ist es notwendig, anhand zuverlässiger Messdaten einen Überblick über die Feuchteverteilung in Abhängigkeit des Tunnelklimas zu bekommen. Die Messung in verschiedenen Tiefenstufen im Tunnel und in der Klimakammer erfolgt mit spezifischen Sensoren und Datenerfassungseinheiten. Die Sensoren müssen für den Einsatz im Beton richtig ausgewählt und geschützt werden. Aufbauend auf diesen realen Messdaten soll dann ein bauphysikalisches Modell entwickelt werden.



Abb. 1: Die Verteilung der Feuchte in den Innenschalen von Verkehrstunnels ist noch weitgehend unbekannt.

Tunnelbrände sind oft durch einen sehr raschen Temperaturanstieg und Brandtemperaturen über 1200 °C gekennzeichnet. Die Innenschale ist dabei weitgehend dehnungsbehindert. Freie und chemisch gebundene Feuchte im Beton kann nicht schnell genug entweichen und führt zum Aufbau eines Drucks, der zu fortschreitendem explosiven Abplatzen von oberflächlichen Teilen und Schichten führen kann. Daher ist zur Beurteilung der gefährlichen Querschnittsschwächung der Feuchtegehalt im Beton ein wichtiges Entscheidungskriterium für den Einsatz von kostenintensiven Schutzmaßnahmen.

Die Feuchte im Beton ist nach längerem Bauwerksbestand hauptsächlich von den Umgebungsbedingungen, d. h. relativer Luftfeuchte, Temperatur, Luftgeschwindigkeit und Spritz-

bzw. Schadwasserzutritt abhängig (Abbildung 1). Äußere Schichten folgen den jahreszeitlichen Schwankungen der Feuchte, Kernbereiche bleiben relativ konstant. Es ist wichtig, die Feuchteverteilung über den Querschnitt zu ermitteln, um später Versuchskörper, z. B. nach ÖBV-Richtlinie „Erhöhter baulicher Brandschutz mit Beton für unterirdische Verkehrsbawerke“, dahingehend im Brandversuch untersuchen zu können (Abbildung 2).

Um das geforderte Modell zu entwickeln, ist es notwendig, anhand zuverlässiger Messdaten einen Überblick über die Feuchteverteilung in Abhängigkeit des Tunnelklimas zu bekommen. Die Messung in verschiedenen Tiefenstufen im Tunnel und in der Klimakammer erfolgt mit spezifischen Sen-



Abb. 2: Stahlbetonversuchsplatte nach Brandversuch mit tiefen Betonabplatzungen

soren und Datenerfassungseinheiten. Die Sensoren müssen für den Einsatz im Beton richtig ausgewählt und geschützt werden. Aufbauend auf diesen realen Messdaten soll ein bauphysikalisches Modell entwickelt werden.

Eine direkte Feuchtemessung im Betongefüge ist unter den geforderten Randbedingungen im Tunnel nach derzeitigem Kenntnisstand nicht zufriedenstellend möglich, da die meisten Sensoren empfindlich auf flüssiges Wasser bzw. stark alkalische Wässer reagieren. In dem Vorhaben werden die lokalen Klimadaten in kleinen Bohrlöchern bestimmt und daraus der Feuchtegehalt in Massen-% abgeleitet.

Sensorsysteme mit kompakten Auswerte- und Speichereinheiten sollen in verschiedenen Tunnelsituationen und in Vergleichskörpern in Klimakammern montiert werden (Abbildung 3). Dadurch ist es möglich, ein Bild über die Feuchteverteilung im Jahreszyklus in unterschiedlichen Tiefen zu bekommen. Außerdem kann der Einfluss der Betonrezeptur abgeschätzt werden. Mit den Daten kann eine Feuchteprognose mit einem bauphysikalischen Modell für Innenschalen mit Regenschirmabdichtung erstellt werden.

Literatur

- 1 Kusterle, W. et al.: Brandbeständigkeit von Faser-, Stahl- und Spannbeton. Straßenforschung Heft 544, Wien, 2004.
- 2 Kusterle, W., Lindlbauer, W., Zeiml, M., Muchsel, H.: Fire Resistance of Concrete Tunnel Linings – Conclusions from Large-Scale Tests. Proceedings ConMat 05, Vancouver 22-24. August, 2005.
- 3 ÖBV-Richtlinie „Erhöhter baulicher Brandschutz mit Bauen für unterirdische Verkehrsbauwerke“, Wien, April 2015.

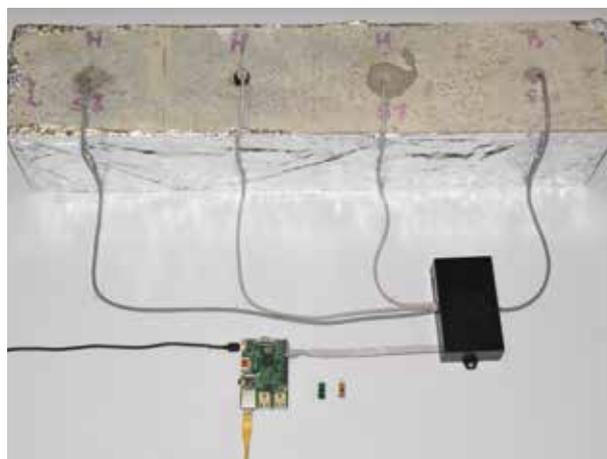


Abb. 3: Demonstrator mit Sensorsystem und Messdatenerfassung

- 4 EN 1991-1-2: Eurocode 1 – Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-2: Allgemeine Einwirkungen – Brandeinwirkung auf Tragwerke (konsolidierte Fassung), 2013 01 15.
- 5 Gruber, R., Oberhofer, M.: Feuchte in Tunnelinnenschalen. Bachelorarbeit, OTH Regensburg, 11/2015.
- 6 Brameshuber, W., Raupach, M., Spörel, F., Schröder, P., Rahimi, A., Dauberschmidt, C., Warkus, J., Reichling, K.: Beanspruchung von Bauwerksbeton in der Expositions-kategorie XF2. Bremerhaven, Wirtschaftsverlag NW, 2013.

Projektleitung

Fakultät Bauingenieurwesen, Labor für Betontechnologie, EnResBau

Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. habil. Wolfgang Kusterle
Ivan Paric, M. Eng.

Fakultät Elektro- und Informationstechnik, Labor für Sensorik
Prof. Dr. rer. nat., Dipl.-Phys. Mikhail Chamonine

Fakultät Elektro- und Informationstechnik, Mechatronic Research Unit

Prof. Dr. Gareth Monkman, PhD, M. Sc.
Dirk Sindersberger, Dipl.-Phys. (Univ.)

Fakultät Allgemeinwissenschaften & Mikrosystemtechnik
Prof. Dr. rer. nat. Dipl.-Phys. Oliver Steffens

Projektlaufzeit

24 Monate
Projektbeginn: Sommer 2015

Geldgeber

- FFG
- ASFINAG Bau Management GmbH
- ÖBB Infrastruktur AG

Fördersumme

197.000 €

UNTERSUCHUNG DES EXPANSIONSVERHALTENS VON TRAGGLIEDERN AUS PUR-EXPANSIONSHARZ

66

 Roland Gömmel, OTH Regensburg
 Thomas Neidhart, OTH Regensburg

Klimatische Veränderungen haben in den letzten Jahren zu einem starken Anstieg an Gebäudeschäden geführt, die häufig auf Setzung des Bodens infolge von Austrocknung zurückzuführen sind. Durch die Expansion säulenartiger PUR-Tragelemente unter den Fundamenten können derartige Setzungsschäden behoben werden. Im Rahmen eines Forschungsauftrags im Labor für Geotechnik der OTH Regensburg wurde durch Herstellung von PUR-Gründungselementen unter Laborbedingungen das Expansionsverhalten eines Zweikomponenten-PUR-Schaumes in Abhängigkeit verschiedener isotroper Druckverhältnisse untersucht. Zur Optimierung dieses Bauverfahrens wurden die Materialeigenschaften der expandierten Proben durch labortechnische Untersuchungen ermittelt und einfache Korrelationen zwischen Expansionswiderständen und Materialeigenschaften erstellt.

HERSTELLUNG UND VORTEILE VON PUR-TRAGELEMENTEN

Ein Tragelement besteht im Wesentlichen aus einer dünnen Injektionslanze, das mit einem Kevlarsack umwickelt ist. Zur Herstellung des Tragelementes wird die Lanze mit dem Kevlarsack in den Boden eingebracht. Mittels Kernbohrungen durch die Fundamente können die Tragglieder positionsgenau unter den lastabtragenden Gebäudeteilen angeordnet werden.

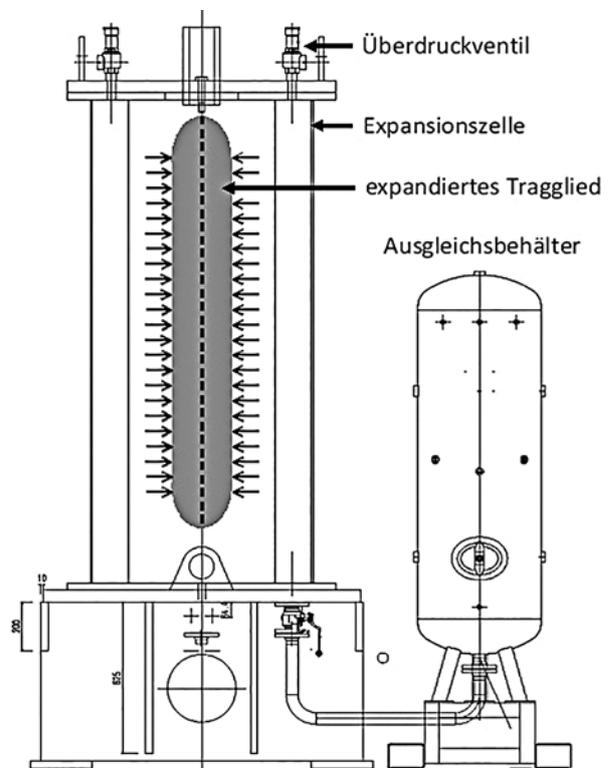
Durch die Injektionslanze wird unter hohem Druck ein Zweikomponenten-Expansionsharz in den Kevlarsack gepresst. Durch die sofortige Reaktion expandiert das Harz im Kevlarsack und füllt diesen mehr oder weniger gleichmäßig von unten nach oben. Die Reaktion ist innerhalb weniger Minuten abgeschlossen, womit das Tragglied gleichzeitig seine lastabtragende Funktion übernehmen kann.

Im Gegensatz zu herkömmlichen Unterfangungsverfahren mit hydraulischen Bindemitteln kann aufgrund der schnellen PUR-Reaktion wesentlich zeitsparender und effizienter gearbeitet werden.

MATERIALVERHALTEN

Die Beanspruchbarkeit des Harzes und somit des gesamten Traggliebes hängt wesentlich von der Dichte des vollständig expandierten Harzes ab. Wird während der Herstellung sehr viel Harz eingepresst oder wird bei der Expansion ein hoher seitlicher Widerstand durch den Boden aktiviert, resultiert dies in einem sehr dichten Harz mit völlig anderen Materialeigenschaften hinsichtlich Steifigkeit, Druck- und Scherfestigkeit verglichen mit einem Harz, das annähernd frei expandieren kann.

Ziel war es daher, durch erste tastende Untersuchungen die Materialeigenschaften von Harzen zu ermitteln, welche unter definierten Laborbedingungen erstellt wurden und auf Basis dieser Versuchsergebnisse einfache Korrelationen zum Expansionswiderstand aufzustellen.



Grafik: Autoren

Abb. 1: Prinzipskizze der Großdruckzelle

HERSTELLUNG VON TRAGGLIEDERN UNTER LABORBEDINGUNGEN

Die bei der Verdrängung des Bodens entstehenden Widerstände sind sehr unterschiedlich. Im Wesentlichen werden diese durch die Bodenarten und deren Lagerungsdichten beeinflusst. Um repräsentative Proben zu erhalten, wurden die Proben nicht im Boden, sondern unter jeweils unterschiedlich hohen, konstant-isotropen Druckverhältnissen expandiert. Zu diesem Zweck wurde eigens eine Großdruckzelle aus Stahl mit einem Ausgleichsgefäß entwickelt (Abbildung 1), in welcher Tragelemente im Maßstab 1:1 unter definierten

Drücken hergestellt werden konnten. Die Druckzelle war während des Versuchs vollständig mit Wasser gefüllt, welches während des Expansionsvorgangs teilweise in ein schmales Ausgleichsgefäß verdrängt wurde. Der zeitliche Anstieg der Wassersäule im Ausgleichsgefäß wurde über sensible Differenzdruckgeber aufgezeichnet, sodass Rückschlüsse über die Expansionsgeschwindigkeiten des Harzes in Abhängigkeit der Druckverhältnisse gezogen werden konnten. Eine aufwändige technische Ausstattung innerhalb der Druckzelle ermöglichte es zudem, die Expansionsvorgänge aus mehreren Perspektiven zu filmen.

UNTERSUCHUNGSPROGRAMM

Nach Abschluss der Expansion wurden die Proben entnommen und zylinderförmige Proben zur labortechnischen Untersuchung herausgearbeitet (Abbildung 2). Die Bestimmung der Druckfestigkeit des Harzes wurde durch einaxiale Druckversuche ermittelt. Zur Bestimmung der Druckfestigkeiten unter realen Spannungsbedingungen wurden ergänzend Triaxialversuche durchgeführt. Wie bei einaxialen Druckversuchen werden die Proben axial mit konstanter Geschwindigkeit bis zum Versagen belastet, wobei zusätzlich ein seitlicher Stützdruck aufgebracht wird.

Beide Versuche liefern Spannungs-Verformungskurven, aus welchen Steifigkeiten zur Prognose des Last-Verformungsverhaltens abgeleitet werden können. Um Hinweise zum Langzeit-Verformungsverhalten des Harzes zu erhalten, wurden zusätzlich Kriechversuche durchgeführt.



Abb. 2: Tragelement zur Herstellung von Proben für Elementversuche

ERKENNTNISSE AUS DEN LABORUNTERSUCHUNGEN

Die Dichten der Proben weisen einen annähernd linearen Zusammenhang zum Spannungszustand während der Expansion auf. Schon die optische Erscheinung der Struktur der

verschiedenen zersägten Tragglieder lässt deutliche Unterschiede im Materialverhalten vermuten. Die Struktur kann dabei – je nach Expansionsdruck – von schaumig bis glasartig beschrieben werden. Die an den Proben ermittelten Materialparameter korrelieren gut mit dem Expansionswiderstand.

ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Auf Basis der vorliegenden Ergebnisse wurden erste Korrelationen erstellt, um derartige Tragelemente optimiert herstellen zu können. Die in der Realität bei der seitlichen Verdrängung des Bodens entstehenden Bettungsspannungen wurden durch numerische und analytische Berechnungen näher abgeschätzt. Die Ergebnisse dieses Projekts sind vielversprechend. Aus diesem Grund soll gemeinsam mit dem Auftraggeber ein gemeinsamer Forschungsantrag ausgearbeitet werden. Aufgrund des komplexen Materialverhaltens ist das Last-Verformungsverhalten der im Boden hergestellten Tragelemente ebenfalls sehr komplex. Im Rahmen des Nachfolgeprojekts soll daher neben eingehenderen Untersuchungen zum Expansionsverhalten auch die komplexe Interaktion zwischen Traggliedern und Boden näher untersucht werden.

Literatur

Yu, H.-S.: Cavity Expansion Theory and its Application to the Analysis of Pressuremeters. Doctoral Thesis, University of Oxford, St. Anne's College, Trinity Term, 1990.

Forschungscluster

Energieeffiziente und Ressourcenschonende Baustoffe und Bauverfahren (EBB)

Projektleitung

Prof. Dr.-Ing. Thomas Neidhart

+49 941 943-1366

thomas.neidhart@oth-regensburg.de

Projektmitarbeiter

Roland Gömmel, M. Eng.

Martin Dick, M. Eng.

Martin Reindl, M. Eng.

Kooperationspartner

URETEK Deutschland GmbH

Projektlaufzeit

6 Monate

Projekthomepage

www.oth-regensburg.de/erb

OPTIMIERTE BAUKLIMATIK IM HISTORISCHEN BESTAND

Energieeffizienz und Nachhaltigkeit am Beispiel der Klosterkirche St. Georg zu Weltenburg

Felix Wellnitz, OTH Regensburg
 Oliver Steffens, OTH Regensburg
 Johannes Stierstorfer, OTH Regensburg

68

Welche Maßnahmen dürfen, mit dem Ziel der Bewahrung vorhandener Bausubstanz, ergriffen werden, um eine nachhaltige und effiziente Nutzung historischer Bauwerke in der heutigen Zeit zu ermöglichen?

Im Rahmen des Forschungsvorhabens sollen Lösungsstrategien für diese zentrale Problematik im Bereich der Instandsetzung historischer Bauten entwickelt werden. Konkrete Untersuchungen finden dabei in der Klosterkirche St. Georg zu Weltenburg statt. Aufgrund der exponierten Lage in der Weltenburger Enge war das Bauwerk seit seiner Entstehung (1716-1718) extremer Feuchteinwirkung ausgesetzt. Inwiefern die über mehrere Jahre hinweg durchgeführten Instandsetzungsmaßnahmen der hygrischen Problematik entgegenwirken konnten, soll mittels bauwerksdiagnostischer Maßnahmen und eines detaillierten Monitorings untersucht werden.

„Ziel einer jeden Konservierung und Instandsetzung im Denkmalsbereich ist es, nur solche Maßnahmen zur Ausführung kommen zu lassen, die bei möglichst geringem Eingriff in die historische Bausubstanz der Schadensursache sicher und dauerhaft entgegentreten und mit denen die geschädigten Bauwerksbereiche wieder in einen für die Erhaltung, Unterhaltung und Nutzung geeigneten Zustand geführt werden können.“ (Garrecht, 2015, S. 9)

Garrecht beschreibt mit obigem Zitat treffend die zentrale Problematik im Bereich der Instandsetzung historischer Bauten: Welche Maßnahmen dürfen, mit dem Ziel der Bewahrung vorhandener Bausubstanz, ergriffen werden, um eine nachhaltige und effiziente Nutzung historischer Bauwerke in der heutigen Zeit zu ermöglichen?

Im Bereich von Kirchen sind es häufig die klimatischen Randbedingungen, die vor diesem Hintergrund besonders kritisch zu betrachten sind. Wenngleich für museale Bauten bereits effiziente Lösungen zur Schaffung eines optimierten Raumklimas entwickelt wurden, ist deren Einsatz in Kirchenräumen mit empfindlich reagierender Ausstattung nur begrenzt möglich. Diesen Grundsatz missachtend wurden in der Vergangenheit *„Flächenheizsysteme, Bankheizungen, vektive Heizsysteme oder auch Bauteil-Temperiersysteme eingebaut, deren prototypische Bewährungsprobe[n] nur bedingt abgeschlossen [waren]“ (Pursche, 2015, S. 110)*, ohne die zweckdienliche Funktion dieser Maßnahmen durch prognostische Messungen im Vorfeld zu eruieren.

Um der obigen Fragestellung letztendlich nachhaltig begegnen zu können, ist der Einsatz von Messtechnik zur detaillierten Analyse der klimatischen Situation unabdingbar. Erst mit Kenntnis der Raumklimasituation können die Beanspruchung der Bausubstanz, die Gefährdung der wertvollen Ausstattung und nicht zuletzt auch die Folgen einer Nutzung sicher beurteilt werden. Als Teil der Bauforschung trägt dieses Vorgehen wesentlich zur Entwicklung denkmalgerechter Instandsetzungsmaßnahmen bei.

Konkrete Untersuchungen im Rahmen des Forschungsprojektes finden in der Abteikirche St. Georg zu Weltenburg statt (Abbildung 1). Die topografisch, geologisch und klimatisch

exponierte Lage des Klosters am Fuß des Frauenbergs in der Weltenburger Enge, unmittelbar am Donaudurchbruch, führte bereits in der Bauphase zu erheblichen Komplikationen. Im Besonderen nimmt die Gründung des Gebäudekomplexes auf der kiesigen Uferfläche bis heute schädigenden Einfluss auf die Gebäudesubstanz. Der daraus resultierende Feuchteintrag in das Bauwerk führte in der Vergangenheit zu schweren Schädigungen.



Abb. 1: Innenraum der Klosterkirche St. Georg, Weltenburg

Foto: Autoren

Im Zuge der Generalinstandsetzung 1999-2008 wurde Anlagentechnik zur Be- und Entlüftung des Sakralbaus implementiert (Schema siehe Abbildung 2). Die vorbehandelte Zuluft wird von oben (Auslässe im Bereich des Tambours) eingeblasen, wobei die Ablufführung durch perforierte Bodenplatten erfolgt. Dies hat – im Gegensatz zur Klimatisierung mittels einer Fußbodenheizung, wie sie in den vergangenen Jahren vermehrt eingebaut wurde – den entscheidenden

den Vorteil, dass der Transport von feinsten Schmutz- und Staubpartikeln und damit deren Ablagerung an Wand- und Deckenoberflächen auf ein Minimum reduziert wird.

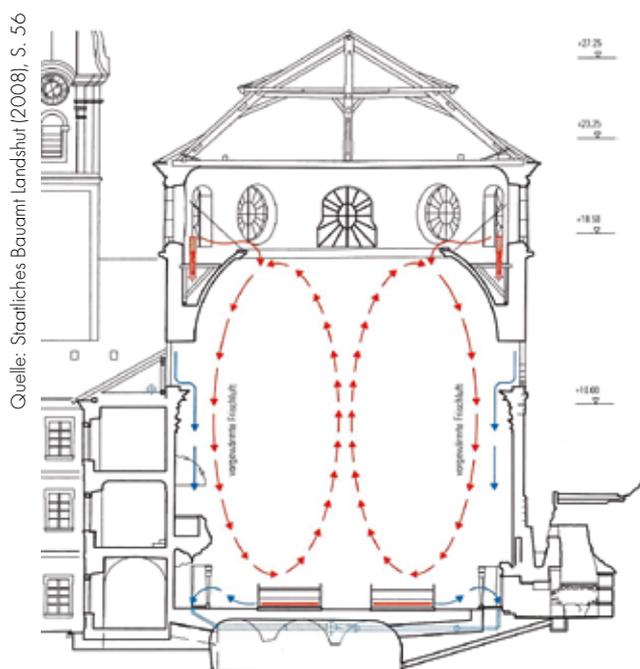


Abb. 2: Benediktiner-Klosterkirche St. Georg, Weltenburg, Darstellung des Lüftungskonzeptes im Kirchenquerschnitt

Im primären Fokus der Analysen stehen das Raumklima des Sakralbaus sowie der Energieverbrauch der darin verbauten Anlagentechnik. Die Durchführung eines detaillierten Energie- und Klimamonitorings, ergänzt durch prognostische Simulationen, ermöglicht zunächst die Überprüfung der konservatorischen Anforderungen – und damit die Verifizierung der bereits durchgeführten Maßnahmen. Zudem lassen sich weiterführende Schritte zur Stabilisierung des Raumklimas und zur Optimierung des Energieverbrauchs ableiten.

Als weiteres Ziel wurde die Validierung des verwendeten CFD-Simulationswerkzeugs (BIM HVACTool) definiert. Durch die im Kirchenraum implementierte Sensorik kann die Qualität der Software unter Standardbedingungen überprüft werden. Zusätzliche Funk-Messstellen für Oberflächentemperaturen sowie Raumluftfeuchten und -temperaturen ermöglichen eine flexible Vorgehensweise bei der Verifizierung der Software in variablen Positionen.

Um eine sichere Planung und Bewertung der haustechnischen Anlagen gewährleisten zu können, die zur Temperierung und Beheizung dieser zumeist sehr großvolumigen Räume

nötig sind, ist ein grundlegendes Verständnis der raumklimatischen Situationen essenziell. Dennoch sind „*aussagekräftige Kenndaten, mit denen die Raumcharakteristik beschrieben werden kann, und Programme, mit denen sich denkmalgerechte Konzepte erarbeiten lassen, [...] kaum verfügbar und vielfach wenig erprobt*“ (Garrecht, 2015, S. 9). Auf diese Problematik zielt das vorliegende Forschungsprojekt ab. Schlussendlich soll non-invasiv – d. h. ohne Eingriff in die Bausubstanz – eine Strategie entwickelt werden, die nutzerkonform die in der Weltenburger Klosterkirche vorherrschende hygrische Problematik beseitigt und zudem den Energiebedarf optimiert. Parallel dazu soll eine Methodik entwickelt werden, die, gestützt auf Simulationen, eine realitätsnahe Beurteilung von potenziellen raumklimatischen Optimierungsmaßnahmen im historischen Baubestand ermöglicht.

Literatur

Garrecht, H. (2015): Raumklimatische Untersuchungen und bauphysikalische Konzepte. Forschungsergebnisse zur Klimaproblematik im Kloster Maulbronn und im Dom zu Speyer. ICOMOS-Hefte des Deutschen Nationalkomitees No. 42, S. 9–18.

Pursche, J. (2015): Der fleckige Himmel. Konservierung und Prävention am Beispiel der Deckenbilder in der Wieskirche. ICOMOS-Hefte des Deutschen Nationalkomitees No. 45, S. 110–117.

Staatliches Bauamt Landshut (2008): Gesamtinstandsetzung Klosterkirche Weltenburg, Schwarzbach Graphic Relations GmbH, München.

Projektleitung

Prof. Dr. Felix Wellnitz +49 941 943-1185
felix.wellnitz@oth-regensburg.de

Projektmitarbeiter

- Prof. Dr. Oliver Steffens +49 941 943-9775
oliver.steffens@oth-regensburg.de
- Prof. Dipl.-Ing. Wolfgang Stockbauer +49 941 943-1313
wolfgang.stockbauer@oth-regensburg.de
- Claus Plank, Dipl.-Ing. (FH), +49 941 943-1222
Dipl.-Inf. (FH) claus.plank@oth-regensburg.de
- Johannes Stierstorfer, B. Eng. +49 941 943-9288
johannes.stierstorfer@oth-regensburg.de

Geldgeber

- RCER-Förderung aus TWO-Mitteln
- Kath. Kirchenstiftung St. Georg Weltenburg
- Staatliches Bauamt Landshut

Kooperationspartner

- Kloster Weltenburg
- Staatliches Bauamt Landshut

Projektlaufzeit

22 Monate

Fördersumme

34.889 €

AUTOMATISIERTES MESSSYSTEM ZUR BESTIMMUNG DER GRENZFLÄCHENRHEOLOGIE VON FLÜSSIGKEITEN

Dominik Stadler, OTH Regensburg
 Matthias J. Hofmann, Universität Regensburg
 Hubert Motschmann, Universität Regensburg
 Mikhail Chamonine, OTH Regensburg

70

Die Grenzflächenrheologie wässriger Tensidsysteme beschreibt die Fähigkeit des Systems, auf ein Nichtgleichgewicht an Tensidmolekülen in der Grenzschicht durch Austauschprozesse zu reagieren. Tenside reduzieren die Oberflächenspannung von Flüssigkeiten und spielen daher eine wichtige Rolle im Bereich von Schäumen und Emulsionen, in Lackierprozessen sowie für den Sauerstoffaustausch in der Lunge. Die hier untersuchte Luft-Tensidlösung-Grenzfläche wird anhand des Grenzflächendilatationsmoduls E charakterisiert, welches mittels der Methode der oszillierenden Blase messtechnisch erfasst wird. Die vorgestellte Messapparatur ist eine verbesserte Variante der bisher verfügbaren Messsysteme auf Basis oszillierender Blasen und ermöglicht die automatisierte Messung der dynamischen Grenzflächeneigenschaften in einem erweiterten Frequenzbereich von 1 bis 1000 Hz. Um präzise und reproduzierbare Messergebnisse zu erzielen, wird eine Kombination moderner Methoden der digitalen Bild- und Signalverarbeitung eingesetzt. Diese umfassen u. a. die Anregung der Blase zu harmonischen Schwingungen, die phasensensitive Auswertung der Druckantwort, eine automatische Stabilisierung der Blase sowie die Konturerkennung der Blase im Videobild. Die Apparatur hat das Potenzial, sich zu einer Standardmethode in der Kolloid- und Grenzflächenforschung zu entwickeln.

EINFÜHRUNG

Tensidmoleküle sind durch eine hydrophile Kopfgruppe und einen hydrophoben Rest gekennzeichnet. Aufgrund dieser molekularen Asymmetrie können sie sich in wässrigen Lösungen spontan an der Luft-Wasser-Grenzfläche anlagern, was zur Abnahme der Grenzflächenspannung und einer Veränderung der grenzflächenrheologischen Eigenschaften führt.^{1,2} Dieser Effekt wird in vielen technologischen Prozessen, z. B. bei der Schaumbildung, Lackierung und in der Reinigungstechnik, genutzt.³ Durch Expansion oder Kompression der Grenzfläche entsteht ein Nichtgleichgewichtszustand, da die Konzentration der Tensidmoleküle an der Grenzschicht dann vom Gleichgewichtswert abweicht.⁴ Die Fähigkeit, dieses Nichtgleichgewicht durch Relaxationsprozesse zwischen Volumenphase und Grenzschicht auszugleichen, wird durch das Grenzflächendilatationsmodul E beschrieben. Dieses wird aus der relativen Änderung der Oberfläche $\Delta A/A$ und der resultierenden Änderung der Grenzflächenspannung $\Delta\gamma$ ermittelt.¹

$$E = -\Delta\gamma \cdot \frac{A}{\Delta A}$$

Wesentliches Ziel des Projekts ist die Realisierung eines Messsystems zur automatisierten Bestimmung der Grenzflächeneigenschaften im Frequenzbereich über 100 Hz. Dieser messtechnische Fortschritt stellt einen wichtigen Beitrag für die Kolloid- und Grenzflächenforschung dar.⁵

DAS MESSSYSTEM

Zur messtechnischen Bestimmung des E -Moduls im Frequenzbereich von 1 bis 1000 Hz wird die Methode der oszillierenden Blase eingesetzt (siehe Abbildung 1). Dabei wird an der Spitze einer dünnen Kapillare innerhalb einer mit Tensidlösung gefüllten Messkammer eine halbkugelförmige Luftblase ausgebildet. Die Messkammer aus Edelstahl kann ein

Volumen von ca. 4 ml aufnehmen. Um die Blase zu harmonischen Schwingungen anzuregen, wird ein piezoelektrischer Aktuator (Treiber-Piezo) eingesetzt, der in die Messkammer integriert ist und dessen Kolbenbewegung direkt auf die Blase übertragen wird. Das sinusförmige Anregesignal wird hierbei von einer Echtzeit-Datenerfassungskarte mit einem programmierbaren digitalen Signalprozessor erzeugt.

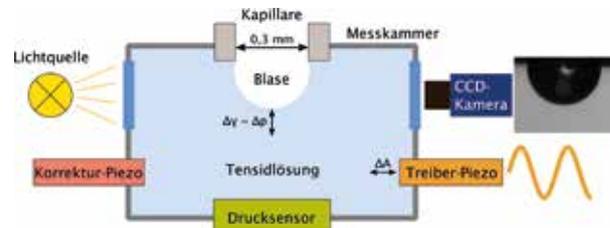


Abb. 1: Schematischer Querschnitt der Messapparatur der oszillierenden Blase

Die hervorgerufenen Änderungen der Oberfläche werden mit einer CCD-Kamera in Verbindung mit einem Mikroskop erfasst. Die Kamera zeichnet, gesteuert von einem Triggersignal, in stroboskopischer Art und Weise Bilder der Blase auf. Mit dem Quarzkristall-Drucksensor werden die dynamischen Druckänderungen innerhalb der Messkammer registriert. Die Auswertung der Druckantwort wird innerhalb der Messkarte durchgeführt.

Zur Kompensation von thermischen Einflüssen, die zu Abweichungen der Blasengröße von der angestrebten Halbkugelform führen, wird ein PID-Regler eingesetzt. Über diesen wird der Wert zur Aussteuerung eines zweiten Piezo-Aktuators (Korrektur-Piezo) ermittelt, dessen Kolbenauslenkung die Blasengröße bestimmt. Der Soll- und der aktuelle Wert der Blasengröße werden mittels Bildverarbeitungsalgorithmen aus den aufgezeichneten Bildern der CCD-Kamera ermittelt. Die Steuerung des Messsystems erfolgt über eine mit MAT-

LAB[®] programmierte grafische Benutzeroberfläche. Diese ermöglicht das Einstellen verschiedener Messparameter, stellt ein Live-Bild der Blase dar und visualisiert die Messergebnisse der aktuellen Messung.

BILD- UND SIGNALVERARBEITUNG

Zur Auswertung der Bilder der CCD-Kamera werden mehrere Standardmethoden der digitalen Bilderverarbeitung kombiniert. Zunächst werden mit den morphologischen Operationen Dilatation und Erosion Störungen im Bild eliminiert, bevor mithilfe des Canny-Algorithmus die Kanten der Blase und der Kapillare detektiert werden. Anschließend wird die Hough-Transformation zur Extraktion der Konturen von Kapillare und Blase eingesetzt. Aus diesen Parametern kann der aktuelle Radius der Blase errechnet werden. Als Software werden MATLAB[®]- und OpenCV-Funktionen sowie, zur Steigerung der Präzision, selbst erstellte Algorithmen in C++ genutzt.

Das digitalisierte Drucksignal wird mit der Diskreten Fourier-Transformation ausgewertet. Dabei werden die Phasenverschiebung zwischen Blasenanzug und Druckantwort sowie dessen Spitze-Spitze-Wert ermittelt.

Zur Bestimmung der Oberflächenänderung müssen abwechselnd Bilder der Blase beim Maximum und Minimum der sinusförmigen Anregung aufgenommen werden. Da die Bildrate der Kamera begrenzt ist, können bei hohen Frequenzen der Blasenanzug nicht bei jedem Extremwert Bilder aufgezeichnet werden. Das Triggersignal für die CCD-Kamera wird daher aus dem Anregesignal der Blasenoszillation generiert, indem für jede Frequenz eine bestimmte Anzahl an Maxima und Minima des Sinussignals übersprungen werden, bevor eine aktive Triggerflanke ausgegeben wird. Somit wird gleichzeitig die maximale Bildrate der Kamera möglichst umfassend ausgenutzt.

MESSERGEBNISSE

Die Grenzflächeneigenschaften des kationischen Tensids CTAB in wässriger Lösung wurden mit der Messapparatur durch Bestimmung des Grenzflächendilatationsmoduls E charakterisiert. Hierbei zeigt sich mit Zunahme der Tensidkonzentration der Übergang vom elastischen zum viskoelastischen Grenzflächenverhalten (siehe Abbildung 2).

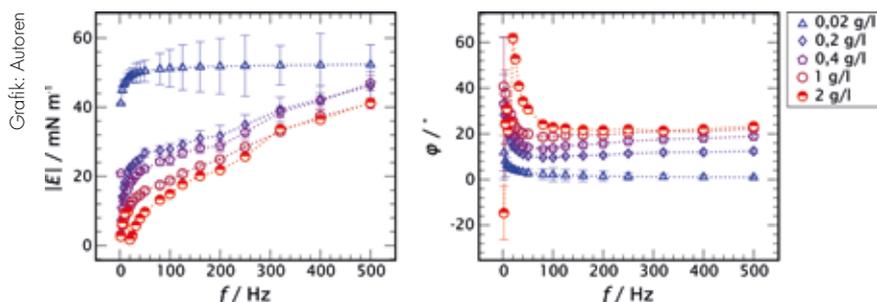


Abb. 2: Messergebnisse des Grenzflächendilatationsmoduls nach Betrag und Phase bei verschiedenen Konzentrationen von CTAB

ZUSAMMENFASSUNG

Die Messapparatur zeichnet sich insbesondere durch eine ganzheitliche Bestimmung der relevanten Parameter und die automatische Stabilisierung der Blasengröße aus. Durch die Anwendung von Methoden der digitalen Bild- und Signalverarbeitung sowie durch die Erstellung einer grafischen Benutzeroberfläche konnten die Präzision der Messungen, die Benutzerfreundlichkeit und die Geschwindigkeit gesteigert werden.

Projektleitung

Prof. Dr. Mikhail Chamonine +49 941 943-1105
East Bavarian Centre for Intelligent Materials (EBACIM)
mikhail.chamonine@oth-regensburg.de

Prof. Dr. Hubert Motschmann +49 941 943-4043
Institut für Theoretische und Physikalische Chemie
hubert.motschmann@chemie.uni-regensburg.de

Projektmitarbeiter

Dominik Stadler, B. Eng.
Matthias J. Hofmann, M. Sc.

Literatur

- 1 Weikl, R.: Dynamische Grenzflächeneigenschaften wässriger Tensidlösungen. Dissertation, Universität Regensburg, 2013.
- 2 Koelsch, P., Motschmann, H.: Relating Foam Lamella Stability and Surface Dilational Rheology. In: Langmuir: The ACS Journal of Surfaces and Colloids, vol. 21, no. 14, 2005, S. 6265–6269.
- 3 Möbius, D., Miller, R. (Hrsg.): Novel Methods to Study Interfacial Layers. Max-Planck-Institut für Kolloid- und Grenzflächenforschung, Universität Potsdam, 2011.
- 4 Hofmann, M. J., Weikl, R., Motschmann, H., Koper, G. J. M.: Impact of the Imaginary Part of the Surface Dilational Modulus on the Splashing Behavior of Drops. In: Langmuir: The ACS Journal of Surfaces and Colloids, 31 (6), S. 1874–1878, 2015.
- 5 Noskov, B. A., Bykov, A. G.: Dilational Surface Rheology of Polymer Solutions. In: Russ. Chem. Rev., 84 (6), S. 634–652, 2015.

ENTWICKLUNG EINES SICHERHEITSKONZEPTEES UND MESSSYSTEMS MIT MESSDATENERHEBUNG FÜR EINE NEUARTIGE SENSORPLATTFORM ZUR NON-INVASIVEN MESSUNG ALLER ELEKTRISCHEN VERBRAUCHER VON GEBÄUDEN

72

Rund 40 % der energiebedingten CO₂-Emissionen in Deutschland werden durch die Stromerzeugung verursacht, so das Umweltbundesamt.¹ Diese Emissionen können durch den Einsatz erneuerbarer Energien, aber auch durch eine rationelle und effiziente Stromnutzung gesenkt werden. Um eine rationelle und effiziente Stromnutzung zu unterstützen, soll im Projekt „NoFaRe – Noninvasives Facility- und Ressourcenmonitoring“ eine zentrale Sensorplattform entwickelt werden, die es ermöglicht, kostenneutral und vor allem ohne invasive Eingriffe in die Struktur eines Gebäudes Daten wie den aktuellen Stand eingeschalteter Geräte und deren Leistung, aber auch Leistungsverläufe über bestimmte Zeiträume, zu ermitteln. Diese Plattform ersetzt somit eine Vielzahl einzelner, über das Gebäude verteilter Messgeräte und ist beispielsweise im Gebäudemanagement genauso einsetzbar wie in der Überwachung von Produktionsanlagen. Zur Erkennung der Geräte werden während des Projektes geeignete Algorithmen weiterentwickelt und implementiert, die anhand der gemessenen Parameter einzelne Geräte, deren individuelle Informationen der Sensorplattform bekannt sind, mit einer sehr hohen Genauigkeit identifizieren können. Um diese Algorithmen zu entwickeln, anschließend zu testen und zu trainieren, entwickelt die OTH Regensburg ein Messsystem, das Verläufe mit den gewählten elektrischen Parametern von Geräten aus dem Haushalt, dem Gewerbe bis hin zur Industrie aufnimmt. Zusätzlich werden mit diesem Messsystem Lastgänge verschiedener Geräte in einer Datenbank hinterlegt, die die Plattform dadurch standardmäßig erkennen kann. Außerdem bildet dieses innovative Messsystem die Grundlage für die spätere Entwicklung der Sensorplattform. Seitens der OTH soll zudem ein Sicherheitskonzept für den Einsatz des Systems entwickelt werden.

Im Rahmen des Forschungsprojektes „NoFaRe – Noninvasives Facility- und Ressourcenmonitoring“ wird ein Messsystem entwickelt und an der OTH Regensburg aufgebaut, das Verläufe mit den gewählten elektrischen Parametern von Geräten mit einer hohen Präzision misst und die Grundlage für die Entwicklung der späteren Sensorplattform bildet. Außerdem soll im Messaufbau eine Schaltung integriert sein, die verschiedenste Verbraucher, wie z. B. Motoren, Lampen usw., zu bestimmten Zeiten ein- und ausschaltet, um ein Profil für die Messdatenerhebung generieren zu können.

Als Parameter für die Messungen wurden der Strom und die Spannung gewählt. Mithilfe von Kompensationsstromsensoren, basierend auf dem Hall-Effekt, können in allen drei Phasen die Ströme mit einer Genauigkeit von $\pm 0,5\%$ ermittelt werden. Die Funktionsweise des gewählten Stromsensors beruht darauf, dass der durch den Primärleiter fließende Strom im Kern ein Magnetfeld induziert, das vom Hall-Sensor erfasst wird. Die zugehörige Elektronik erzeugt einen Strom sekundärseitig, der dieses Magnetfeld kompensiert. Im eingeregelteten Zustand ist der Sekundärstrom proportional zum zu messenden Strom.

Zur Spannungsmessung werden im Messaufbau Differential-tastköpfe verwendet. Der Vorteil dieser Tastköpfe besteht darin, dass sich keine Störeinflüsse, wie z. B. die Anhebung des Bezugspotenzials oder Gleichtaktstörungen, auf die Messung auswirken, da die Differenz der anliegenden Spannung der einzelnen Phasen und nicht gegen das Erdpotential gemessen wird.

Die Messungen der Ströme und Spannungen aller drei Phasen werden mithilfe eines Messdatenerfassungsmoduls mit einer Auflösung von 16 Bit und einer Abtastrate von 50 kHz erfasst und mit einem entwickelten Labview-Programm aufgenommen. Außerdem wird mithilfe dieses Programms eine Relaiskarte angesteuert, die ausgewählte Verbraucher zu bestimmten Zeitpunkten ein- und ausschaltet. Somit können Strom- und Spannungsprofile einzelner Verbraucher, aber auch Kombinationen von mehreren Verbrauchern erstellt werden. Durch diese generierten Profile werden Algorithmen weiterentwickelt, die anhand eines gesamten Strom- und Spannungsverlaufes einzelne Geräte erkennen.

Neben diesen beschriebenen Entwicklungen zur Messdatenerhebung kristallisiert sich im Hinblick auf die Informationssicherheit der Wunsch nach einem flexiblen Verfahren zur Autorisierung und Authentifizierung der Benutzer heraus. Dies beruht zum einen auf der Tatsache, dass die einzelnen Webdienste bei unterschiedlichen Projektpartnern betrieben werden. Zum anderen sollen mobile Anwendungen Zugriff auf die Daten erhalten. Um das System dahingehend zu designen, wurde eine RESTful API als Schnittstelle der Systeme definiert. Um den einzelnen Diensten bzw. Anwendungen die nötigen Zugriffsrechte zuzugestehen und den Benutzer eindeutig identifizieren zu können, kommt das interoperable Authentifizierungsprotokoll OpenID Connect, das auf dem Autorisierungsprotokoll OAuth 2.0 basiert, zum Einsatz. Damit ist es möglich, verschiedensten Clients eine Anlaufstelle zur Authentifizierung und Autorisierung zur Verfügung zu stellen, was wiederum den Kern eines übergreifenden Systems ausmacht.

Einfach gesagt, ähnelt die Anmeldung am NoFaRe-System den Verfahren, welche von Anwendungen wie zum Beispiel Facebook, Google und Co. bei deren Anmeldung eingesetzt werden.

Der detaillierte Ablauf wird in Abbildung 1 dargestellt. Konkret wird der Autorisierungs- und Authentifizierungsmechanismus durch den User angestoßen, der eine entsprechende Client-Anwendung aufruft (A). Hier wählt der Benutzer die Anmeldeoption über das NoFaRe-System (B). Der Client beantragt nun Zugriff auf die geschützten Ressourcen des Resource Server beim OAuth Service Provider (1). Dabei teilt er mit, dass die Identität des Users per OpenID geprüft werden soll. Der Client erhält einen Autorisierungscode (2), anschließend wird der User auf eine Login-Seite umgeleitet (3), bei der er sich mit Benutzername und Passwort anmeldet (C). Da das Passwort nur im Besitz des Resource Owners sein sollte, wird damit bestätigt, dass User und Resource Owner übereinstimmen. Anschließend wird geprüft, ob der User den Zugriff auf die Daten an den Client delegieren will (4). Der Authorization Endpoint des OAuth Providers sendet bei Bestätigung (D) einen Authorization Code an den Client (5). Mit diesem temporären Token kann der Client nun einen Access Token beim Token Endpoint beantragen (6). Dazu übermittelt er ClientID und ClientSecret zusammen mit dem Authorization Code an den OAuth Service Provider. Der Token Endpoint prüft die Daten und sendet Access Token, Refresh Token und ID Token an den Client (7). Damit ist der Client nun in der Lage, beim Resource Server unter Angabe des Access Tokens Daten anzufragen (8/9).

Literatur

Umweltbundesamt, <http://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/energieversorgung/stromversorgung>

Projektleitung
 Prof. Dr. Mikhail Chamonine
 Telefon +49 941 943-1105
 OTH Regensburg, Fakultät Elektro- und Informationstechnik
 mikhail.chamonine@oth-regensburg.de

Prof. Dr. Rudolf Hackenberg
 Telefon +49 941 943-1307
 OTH Regensburg, Fakultät Informatik und Mathematik
 rudolf.hackenberg@oth-regensburg.de

Prof. Dr. Anton Horn
 Telefon +49 941 943-1111
 OTH Regensburg, Fakultät Elektro- und Informationstechnik
 anton.horn@oth-regensburg.de

Projektmitarbeiter

- Veronika Bleicher, M. Sc., OTH Regensburg
 veronika.bleicher@oth-regensburg.de
- Sebastian Fischer, M. Sc., OTH Regensburg
 sebastian3.fischer@oth-regensburg.de
- Raphael Kawasch, B. Eng., OTH Regensburg
 raphael1.kawasch@oth-regensburg.de

- Michael Petzenhauser, B. Eng., OTH Regensburg
 michael1.petzenhauser@oth-regensburg.de
- Tobias Probst, OTH Regensburg
 tobias.probst@oth-regensburg.de
- Anton Udalzow, B. Eng., OTH Regensburg
 anton.udalzow@oth-regensburg.de

Geldgeber
 ZIM – Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand

Kooperationspartner

- Technische Universität München, Lehrstuhl für Anwendungs- und Middlewaresysteme
- MergSystem GmbH & Co. KG
- EBSnet | eEnergy Software GmbH
- rBITech UG
- Sonixc GmbH

Projektlaufzeit
 36 Monate

Fördersumme
 340.000 €

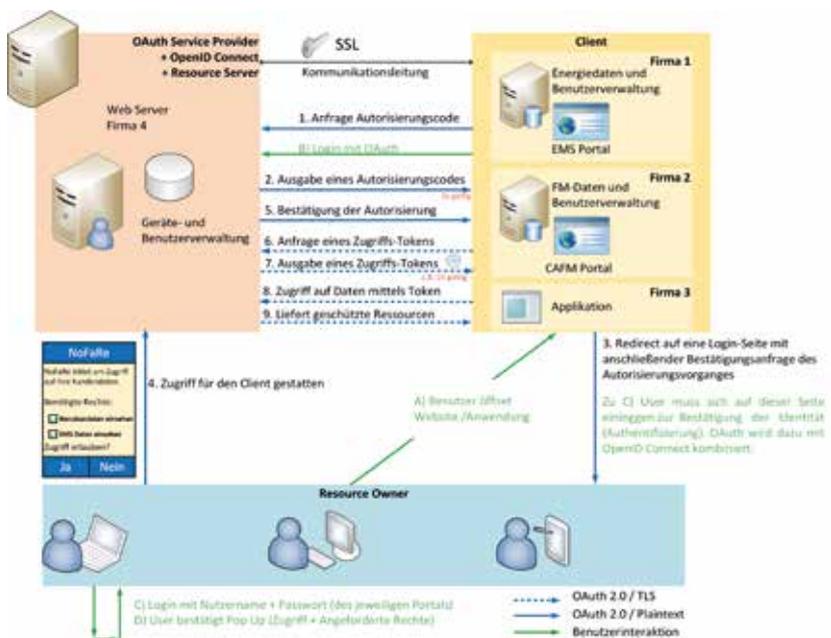


Abb. 1: Erklärung des OAuth als Sicherheitskonzept

Grafik: Autoren

SENSORCHIP ZUR MESSUNG DER THERMISCHEN LEITFÄHIGKEIT VON GASEN UND GASGEMISCHEN

Rupert Schreiner, OTH Regensburg
 Florian Dams, OTH Regensburg
 Christoph Langer, OTH Regensburg
 Christian Prommesberger, OTH Regensburg
 Robert Ławrowski, OTH Regensburg

74

Ein Siliziumchip zur Messung der Wärmeleitfähigkeit von Gasen wurde in drei verschiedenen Bauformen sowie in Varianten mit und ohne Deckel realisiert und für die Anwendung als Vakuumsensor charakterisiert. Die untere Messbereichsgrenze liegt im Bereich von 10 bis 5 mbar bei einer Datenrate von 4 Hz. Die Leistungsaufnahme beträgt etwa 50 μW im Hochvakuum (Messbereichsgrenze) und 2,5 mW bei Atmosphärendruck. Dieser Sensorchip eignet sich aufgrund der Gasartabhängigkeit des thermischen Messprinzips auch als Gassensor zur Unterscheidung verschiedener Gase bzw. Gasgemische.

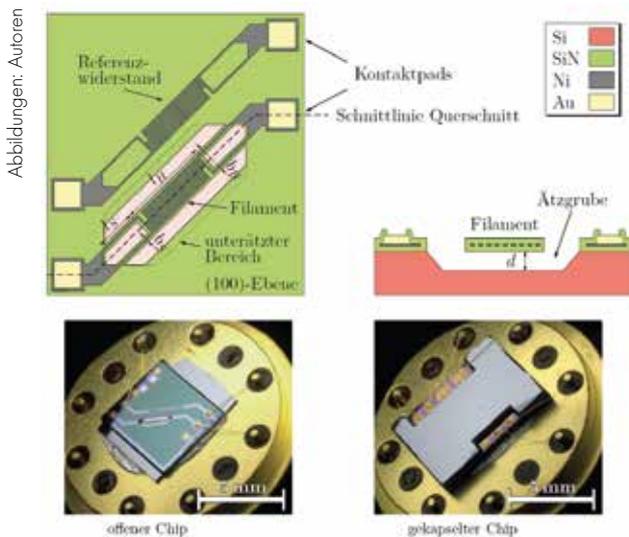


Abb. 1: Schematische Darstellung eines Sensorchips zur Messung der thermischen Kenngrößen von Gasen (oben links: Draufsicht, oben rechts: Schnittdarstellung) und im TO-Gehäuse aufgebaute Sensorchips (unten links: offene Ausführung, unten rechts: gekapselte Ausführung)

Zur Bestimmung der thermischen Eigenschaften eines Gases, wie z. B. der Wärmeleitfähigkeit, werden in der Regel beheizte Strukturen verwendet, die einen zeitlich konstanten oder zeitabhängigen Temperaturgradienten im Gasvolumen hervorrufen. Dadurch wird Wärmeenergie von der beheizten Oberfläche durch Wärmeleitung, Konvektion und Wärmestrahlung hin zu den unbeheizten Bereichen transportiert. Durch Auswertung der Temperatur des Filaments in Abhängigkeit der eingebrachten Heizleistung können verschiedene Informationen über die thermischen Eigenschaften eines Gases gewonnen werden. So kann z. B. der thermische Leitwert G_{th} aus dem Verhältnis einer eingebrachten zeitlich konstanten Heizleistung P und der daraus resultierenden zeitlich konstanten Temperaturüberhöhung T über der Umgebungstemperatur bestimmt werden.¹⁻³ Diese Größe ist sowohl vom Umgebungsdruck als auch von der Art des Gases bzw. der Gaszusammensetzung abhängig (Abbildung 2).

Neben der Wärmeleitfähigkeit können durch verschiedene Ansteuerungsmethoden auch weitere Eigenschaften des Gases ermittelt werden. Beim dynamischen Betriebsmodus werden die Ansteuersignale gepulst bzw. periodisch variiert. Der Wärmetransport im Gas wird dabei nicht nur durch die Wärmeleitfähigkeit, sondern auch durch die Dichte und die spezifische Wärmekapazität bestimmt, die zur thermischen Diffusionskonstante D_{th} zusammengefasst werden können. Im gepulsten Betrieb wird das Heizelement mit einem Strom- bzw. Spannungspuls auf eine bestimmte Zieltemperatur aufgeheizt. Die Dauer des Aufheizvorgangs ist abhängig von der Wärmeabfuhr ins Gas und damit von D_{th} . Für diesen Betriebsmodus ist keine Analog-Digital-Wandlung erforderlich, sondern lediglich eine Zeitmessung. Die verschiedenen Ansteuermöglichkeiten und Auswertalgorithmen ermöglichen eine Reihe von interessanten technischen Anwendungsmöglichkeiten in der Messtechnik und in der Sensorik.

Ziel unserer Arbeiten war es, einen siliziumbasierten Sensorchip zu realisieren, mithilfe dessen die oben beschriebenen gasartabhängigen Größen bestimmt werden können. Als erstes Anwendungsgebiet wurde dabei zunächst die Vakuummesstechnik ausgewählt, da sich die Wärmeabgabe in das umgebende Gas sehr gut als Maß für den Druck des Restgases eignet. Dieses Prinzip wird in der Vakuumtechnik bereits seit vielen Jahren in sogenannten „Pirani-Messröhren“ angewendet. Durch Herstellverfahren der Mikrosystemtechnik wurden im Reinraumlabor der OTH Regensburg Sensorchips mit drei verschiedenen Filamentflächen (Typ A1: 0,3 mm², Typ A7: 0,5 mm² und Typ A10: 0,8 mm²) sowie verschiedene Varianten mit und ohne Deckel realisiert und untersucht (Abbildung 1).^{1,2} Die geringen Abmessungen unseres miniaturisierten Sensorchips im Vergleich zu konventionellen makroskopischen Aufbauten ermöglichen neben der kompakten Bauweise noch weitere Vorteile, wie z. B. kürzere Zeitkonstanten, höhere Empfindlichkeiten und geringe Leistungsaufnahmen. So ist für eine konstante Übertemperatur von 30 K nur eine maximale Leistungsaufnahme von 2,5 mW bei Atmosphärendruck bzw. 50 μW im Hochvakuum erforderlich. Der Messbereich reicht vom Atmosphärendruck bis ins Hochvakuum. Die untere Messbereichsgrenze liegt im Bereich von

10 bis 5 mbar bei einer Datenrate von 4 Hz und der Verwendung rauscharmer Bauteile (Abbildung 2, oben links).³ Die Temperaturabhängigkeit des Sensorsignals wird durch eine Brückenschaltung kompensiert.

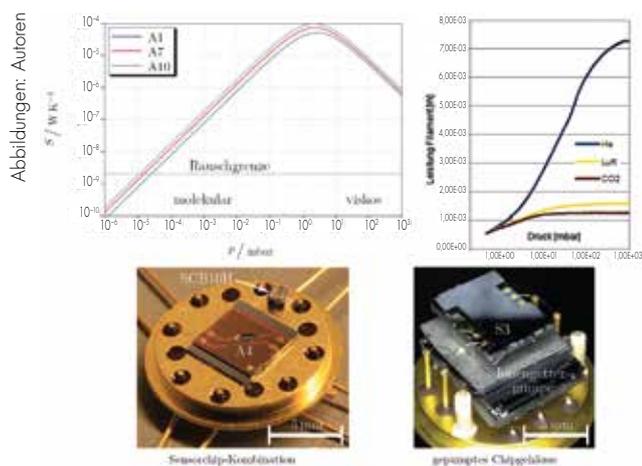


Abb. 2: Empfindlichkeit S als Funktion des Drucks für drei Sensorchips mit unterschiedlichen Filamentflächen bei einer konstanten Betriebstemperatur von 30 K über Raumtemperatur (oben links). Gasartabhängigkeit des Sensorsignals für drei verschiedene Gase (Helium, Kohlendioxid und Luft: oben rechts). Sensorchipkombination mit einem kapazitiven Membransensor (unten links). Kombination eines Sensorchips zusammen mit einer miniaturisierten Vakuumpumpe in einem gemeinsamen Chipgehäuse (unten rechts).

Die Wärmeleitfähigkeit des Gases und damit das Messsignal hängen stark von der Art des Gases bzw. von der Zusammensetzung des Gasgemisches ab (Abbildung 2, oben rechts). Dies ermöglicht eine Anwendung als Gassensor. Im statischen Betrieb (konstante Temperaturüberhöhung) weist die Kennlinie bei Atmosphärendruck eine geringe Druckabhängigkeit auf. Dieses Messverfahren ist insbesondere für die Messung und Unterscheidung von Gasen geeignet, die eine deutlich höhere (z. B. Wasserstoff, Helium) oder geringere (z. B. Kohlendioxid, Argon) Wärmeleitfähigkeit als Luft aufweisen. Für die Druckmessung im Vakuumbereich ist diese Gasartabhängigkeit jedoch unerwünscht, da das Messsignal dadurch verfälscht werden kann. Deshalb wurde ein Sensorsystem mit einem zusätzlichen gasartunabhängigen Membransensorchip realisiert (SCB10H in Abbildung 2, unten links). Der Messbereich des gasartunabhängigen Membransensors ist bauartbedingt auf Drücke oberhalb von etwa 1 mbar beschränkt, ermöglicht aber im Überlappbereich

der beiden Sensoren eine Kalibrierung unseres Sensorchips und damit eine Eliminierung der Gasartabhängigkeit.³

Die kompakte Bauweise des Sensorchips eröffnet weitere interessante Anwendungsmöglichkeiten, wie z. B. die Drucküberwachung in Bauteilen, die eine hermetische Kapselung des Chipgehäuses im Vakuum erforderlich machen. Die Kombination mit chipbasierten Vakuumpumpen (Abbildung 2, unten rechts) erlaubt dabei sogar eine aktive Regelung des Drucks im Chipgehäuse bzw. eine dauerhafte Aufrechterhaltung eines Fein- bzw. Hochvakuums im Chipgehäuse.³ Daraus ergeben sich neue Anwendungsmöglichkeiten, insbesondere auf dem Gebiet der Vakuummikro- und Vakuumnanoelektronik.

Literatur

- 1 Dams, F., Schreiner, R.: A High Thermal Resistance MEMS-Based Pirani Vacuum Sensor Chip. In: Schmid, U. (Hrsg.): Proceedings of SPIE 8763, Smart Sensors, Actuators and MEMS VI. Grenoble, France, 2013.
- 2 Dams, F., Schreiner, R.: Influencing Factors on the Sensitivity of MEMS-Based Thermal Conductivity Vacuum Gauges, Journal of Vacuum Science and Technology A: Vacuum, Surfaces and Films 32, 2014.
- 3 Dams, F.: Mikrotechnologische Strukturen zur Bestimmung druckabhängiger Gaseigenschaften für Anwendungen in der Vakuummesstechnik, Dissertation, Christian-Albrechts-Universität Kiel, 2015.

Projektleitung

Prof. Dr. Rupert Schreiner +49 941 943-1277
 Fakultät Allgemeinwissenschaften und Mikrosystemtechnik
 rupert.schreiner@oth-regensburg.de

Geldgeber

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

Kooperationspartner

Thyracont GmbH, Passau

Projektlaufzeit

36 Monate

Fördersumme

260.000 €

Projekthomepage

www.oth-regensburg.de

(♦ Forschung ♦ Forschungsprofil ♦ Forschungscluster ♦ Optoelektronische und elektronenoptische Systeme)

BRANCHEN

Die folgenden Inserenten haben mit ihrer Anzeige die kostenlose Verteilung des Forschungsberichts ermöglicht.

Ämter und Öffentliche Einrichtungen	U2	Maschinenbau	36
Bauen, Wohnen und Garten	12, 62	Recht, Steuern und Finanzen	2
Dienstleister	62		
Industrie und Wirtschaft	6, 12, 36, 62, U3, U4		

U = Umschlagseite

DIE ONLINE-VERSION DES FORSCHUNGSBERICHTS FINDEN SIE UNTER:

www.oth-regensburgforschungsbericht-2016.proaktiv.de



IMPRESSUM

Auftraggeber

Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg
 Prüfeninger Straße 58, 93049 Regensburg
 Telefon +49 941 943-02
 Redaktion: Susanne Henke
 Telefon +49 941 943-1123
www.oth-regensburg.de

Ausgabe 2016

Text, Umschlaggestaltung, Art und Anordnung des Inhalts sind urheberrechtlich geschützt. Nachdruck – auch auszugsweise – nicht gestattet.

Herausgeber

inixmedia Bayern GmbH
 HRB 5878, Bamberg
 Geschäftsführer: Maurizio Tassillo
 Redaktionsleitung: Dr. Anja Wenn
 Wetzelstraße 20, 96047 Bamberg
 Telefon +49 951 700 869-0
 Fax +49 951 700 869-20
 Mail bayern@inixmedia.de
 www.facebook.com/www.inixmedia.de

Redaktion Verlag: Dr. Anja Wenn
 Lektorat Verlag: Fabian Galla
 Anzeigenberatung: Thomas Deindörfer
 Layout/Satz: Sabrina Kahl
 Druck: Silber Druck oHG, www.silberdruck.de

*"Meine Geschichte: Ich brauche Spannung
im Leben, auch bei der Arbeit.
Bis zu 1,8 Millionen Volt – so stark sind die
Blitze, mit denen ich unsere Produkte prüfe.
Und welche Geschichte schreiben Sie?"*



Seit über 140 Jahren schreiben wir bei MR unsere Erfolgsgeschichte. Wir machen Transformatoren intelligent regelbar, entwickeln Hightech-Isoliermaterialien für den Hochspannungs-Einsatz und Steuerungsanlagen für eine optimale Netzspannungs- und Stromqualität. Heute regeln unsere Produkte mehr als 50 % des weltweit erzeugten Stroms. Unseren über 3.000 Mitarbeitern bieten wir viel Raum zum Gestalten und gleichzeitig Heimat und Rückhalt. Schreiben auch Sie Ihre ganz persönliche MR-Geschichte. Besuchen Sie uns auf

www.reinhausen.com/karriere



THE POWER BEHIND POWER.

Morgens auf der A5: 35 Mails beantwortet. 4 Artikel gelesen. Sicher angekommen.

Damit automatisiertes Fahren gelingt, müssen alle Komponenten richtig miteinander kommunizieren. Das Zusammenspiel von Software und Hardware zu perfektionieren ist dabei meine Aufgabe.

Meine Motivation:

Ich gestalte nichts weniger als die Zukunft des Automobils mit. Denn Automatisiertes Fahren wird die individuelle Mobilität in vielen Bereichen nachhaltig revolutionieren: Mehr Sicherheit, mehr Zeit, mehr Komfort!

**Let your ideas
shape the future.**

www.continental-karriere.de

Norbert Balbierer
Systemingenieur
Regensburg, Deutschland