

Hochschule Karlsruhe
Technik und Wirtschaft
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Näher dran.

Forschung aktuell 2012

ISSN 1613-4958



Sind alternative Energien die einzige Alternative?



QR-Code mit
dem Handy
scannen und
mehr über unser
Umweltportfolio
erfahren.

Mit unserem Umweltportfolio sorgen wir für weniger CO₂-Emissionen bei Energieerzeugung, -übertragung und -verbrauch.

Ob in der Nutzung erneuerbarer Energien, in hocheffizienten Kraftwerken, beim verlustarmen Transport von Strom über weite Strecken oder in der energetischen Sanierung von Gebäuden: Mit dem größten Umweltportfolio der Welt helfen wir, Kosten und Emissionen zu senken. So haben unsere Kunden im Jahr 2010 insgesamt 270 Millionen Tonnen CO₂ eingespart.

siemens.com/answers

SIEMENS

Liebe Leserinnen und Leser,

die neue Landesregierung hat im Koalitionsvertrag die „besondere Rolle der Hochschulen für Angewandte Wissenschaften im Bereich der anwendungsorientierten Forschung“ hervorgehoben. Eine bessere Ausstattung, mehr Flexibilität und mehr Personal sollen künftig die Forschung an den Hochschulen für Angewandte Wissenschaften (HAW) im Land verstärkt fördern. Damit greift die Landesregierung eine Entwicklung auf, die sich schon lange abzeichnet. Das kontinuierliche Wachstum der Forschungsaktivitäten an der Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft, an einer der forschungsstärksten HAW in Baden-Württemberg – gemessen am Drittmittelvolumen und an der Anzahl der Forschungsprojekte – belegt diesen Trend.

Die Hochschule Karlsruhe verfügt mit dem Institut für Angewandte Forschung (IAF) und dem Institute of Materials and Processes (IMP) bereits über zwei zentrale Forschungseinrichtungen, die eine Vielzahl von Forschungsaktivitäten unterschiedlicher Fachrichtungen betreuen. Daneben bestehen weitere dezentrale Forschungseinrichtungen wie etwa das Institut für Geomatik (IfG), die Versuchsanstalt für Wasserbau (VAW) und das bundesweit einzigartige Institut für Kälte-, Klima- und Umwelttechnik (IKKU). Insgesamt sind knapp 200 Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen – darunter rund 30 Promovenden – und studentische Hilfskräfte in der angewandten Forschung an unserer Hochschule tätig.

Der Forschungsbericht 2011 enthält auch in diesem Jahr eine spannende Auswahl aktueller Forschungsprojekte aus den Bereichen:

- Erneuerbare Energien/Energieeffizienz

- Bauwesen
- Maschinenbau
- Informatik/Wirtschaftsinformatik

Besonders hervorzuheben ist die Rubrik „Erneuerbare Energien/Energieeffizienz“ als neuen Schwerpunkt an der Hochschule Karlsruhe. Der wachsenden Bedeutung dieses Zukunftsthemas trägt die Hochschule nicht nur in der Forschung Rechnung, sondern mit dem Start des neuen Bachelorstudiengangs „Elektrotechnik – Energietechnik und Erneuerbare Energien“ zum Wintersemester 2011/12 auch in der Lehre.

Nicht weniger spannend sind die Forschungsthemen, die im Mittelpunkt der diesjährigen „Schlaglichter“ stehen, darunter auch zwei Beiträge aus den Wirtschaftswissenschaften, der größten Fakultät an der Hochschule Karlsruhe: Prof. Dr. Hagen Krämer beschäftigt sich mit der „Entwicklung der funktionalen Einkommensverteilung und ihrer Einflussfaktoren in ausgewählten Industrieländern 1960–2010“. „Was kommt nach der Digitalen Fabrik?“ fragt dagegen Prof. Dr. Claas Christian Wuttke und erforscht schlanke, hybride und heterogene Geschäftsprozesse für die Gestaltung von Produktionssystemen.

Neben der Forschung soll künftig auch der Technologietransfer mit dem Mittelstand gefördert werden. Die grün-rote Landesregierung möchte gemäß Koalitionsvertrag „dafür sorgen, dass kleine und mittelständische Unternehmen mit ihrem Forschungs- und Entwicklungsbedarf an die Hochschulen herantreten und so rasch und umstandslos von Leistungen und Ergebnissen profitieren können.“ Ein seit langem geplantes KMU-Innovationszentrum soll nach dem erfolgreichen Modell „Industry on



Campus“ 2013 auf dem Campus fertiggestellt sein und KMUs künftig genau diese zentrale Anlaufstelle insbesondere zum Thema Forschung, aber auch Technologietransfer und Studierenden-Recruiting bieten.

Ich möchte allen Kolleginnen und Kollegen für die Bereitschaft zur Veröffentlichung ihrer Forschungsergebnisse danken sowie denen, die redaktionell und organisatorisch an der Publikation mitgewirkt haben. Ihnen als Leser wünsche ich einen spannenden Einblick in die bunte Forschungslandschaft unserer Hochschule und viele neue Erkenntnisse.

A handwritten signature in black ink, reading "Karl-Heinz Meisel". The signature is written in a cursive, flowing style.

Prof. Dr. Karl-Heinz Meisel
Rektor

Impressum

ISSN 1613-4958

**Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft.
Forschung aktuell 2012**

Herausgeber

Rektorat der Hochschule Karlsruhe
Technik und Wirtschaft

Redaktion

Prof. Dr. Markus Stöckner
Prorektor der Hochschule Karlsruhe
Technik und Wirtschaft

Cordula Boll
Geschäftsstelle für Öffentlichkeitsarbeit
und Marketing
Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft
E-Mail: swk@hs-karlsruhe.de

Grafik

Alfons Muntean, David Schneider
Geschäftsstelle für Öffentlichkeitsarbeit
und Marketing

Titelbild

Geschäftsstelle für Öffentlichkeitsarbeit
und Marketing
Foto groß: regeneratives Insellabor der Fakultät für
Elektro- und Informationstechnik
Foto klein: Wechselstromtechnik – Labor der Fakul-
tät für Elektro- und Informationstechnik

Für den Inhalt der Beiträge sind die Autoren
verantwortlich.

Satz, Anzeigen und Verlag

VMK Verlag für Marketing und
Kommunikation GmbH & Co. KG
Faberstraße 17, 67590 Monsheim
Telefon: 06243/909-0, Telefax: 06243/909-400
E-Mail: info@vmk-verlag.de
www.vmk-verlag.de

Druck

VMK-Druckerei GmbH
Faberstraße 17, 67590 Monsheim
Telefon: 06243/909-110, Telefax: 06243/909-100
E-Mail: info@vmk-druckerei.de



**Wir bieten innovativen Köpfen
den Raum für ihre Ideen!**

Das Kompetenzzentrum für Unternehmensgründungen

Haid-und-Neu-Str. 7 · 76131 Karlsruhe · Telefon 0721-174 271
info@technologiefabrik-ka.de www.technologiefabrik-ka.de

**IHK Technologiefabrik
Karlsruhe**



Metall und Elektro – Deine Zukunft im Beruf!

Die Metall- und Elektroindustrie ist die Herzkammer der Wirtschaft in Baden-Württemberg: Mit Unternehmen, die zu den internationalen Top-Adressen gehören, mit Marken und Produkten, die zu Legenden geworden sind, mit Ingenieuren und Fachkräften, die zu den kreativsten und qualifiziertesten der Welt gehören – diese faszinierende und zugleich einzigartige Mischung ist es, die ihren Erfolg ausmacht.

Erfolgreich wollen wir auch in Zukunft bleiben. Dafür stehen wir als Arbeitgeberverband Südwestmetall mit unserer Ausbildungs- und Qualifizierungsinitiative START 2000 Plus und

unsere mehr als 1.000 Mitgliedsbetriebe. Sie bilden in rund 20 attraktiven gewerblich-technischen und kaufmännischen Berufen aus und bieten Hochschulabsolventen verschiedener Fachrichtungen hervorragende und zukunftssichere Einstiegs- und Karrierechancen im Beruf. Unsere Unternehmen freuen sich auf motivierte, leistungsbereite und kreative junge Menschen, damit die Metall- und Elektroindustrie in Baden-Württemberg die Nummer 1 in der Welt bleibt.

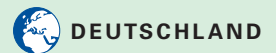
Mehr Informationen unter:
www.suedwestmetall.de oder
www.start2000plus.de

SÜDWESTMETALL
Verband der Metall- und Elektroindustrie Baden-Württemberg e.V.



Südwestmetall • Verband der Metall- und Elektroindustrie Baden-Württemberg e.V.
Friedrich Johann • Ebertstraße 41 • 76135 Karlsruhe
Tel. 0721 98210-14 • Fax 0721 98210-10 • E-Mail: johann@suedwestmetall.de

HERRENKNECHT AG | UTILITY TUNNELLING | TRAFFIC TUNNELLING



ROSWITHA MACHT DIE BAHN FLOTT.

COCHEM | DEUTSCHLAND

PROJEKTDATEN

S-547, EPB-Schild
Durchmesser: 10.110 mm
Schneidradleistung: 1.100 kW
Tunnellänge: 4.242 m
Geologie: Tonschiefer,
Sandstein, Quarzit,
Schluffstein und Porphyrit

AUFTRAGGEBER

Alpine Untertagebau GmbH,
Alpine Bau Deutschland AG,
FCC Construcción S.A.

Vor 130 Jahren als der längste Tunnel Deutschlands gebaut, muss heute der Kaiser-Wilhelm-Tunnel bei Cochem an der Mosel für zukünftig höhere Sicherheitsanforderungen modernisiert werden. Die Deutsche Bahn beauftragte deshalb den Neubau einer zweiten, parallelen Röhre mit einer Länge von 4.242 Metern. Mit dem EPB-Schild S-547 (Ø 10.110 mm) von Herrenknecht, getauft auf den Namen Roswitha, feierten die Tunnelbauer mit der Cochemer Bevölkerung am 7. November 2011 den Durchschlag.

Im Vortrieb hatte die TBM 900.000 Tonnen Gestein ausgebrochen, das über eine Bandanlage der Herrenknecht-Tochterfirma H+E Logistik abge-

fördert wurde. Ebenfalls aus dem Herrenknecht Konzern: das System TUNIS von VMT für die exakte Navigation der 1.700 Tonnen schweren Maschine.

Voraussichtlich im Jahr 2015 wird nach einer Modernisierung des alten Kaiser-Wilhelm-Tunnels dann der eingleisige Bahnbetrieb durch beide Röhren aufgenommen. Eine Investition in die Zukunft einer leistungsfähigen Schieneninfrastruktur.

Herrenknecht AG
D-77963 Schwanau
Tel. + 49 7824 302-0
Fax + 49 7824 3403
marketing@herrenknecht.de

www.herrenknecht.de



Inhalt

Stand der Forschung an der Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft <i>Markus Stöckner</i>	6
--	---

Erneuerbare Energien/Energieeffizienz

Wärme aus Stückholz: – III. Sensorik zum Schutz von Umwelt und Klima <i>Heinz Kohler</i>	8
Regenerativ gespeister Solar-Erd-Betonspeicher zur ganzjährigen Versorgung eines Einfamilienhauses <i>Hans-Werner Dorschner, Peter Huber, Tommy Eisenhardt, Wladimir Korejba, Udo Vieth</i>	14
Messsystem für vielkanaliges Monitoring von Energieströmen und Raumklimadaten in energetisch sanierten Wohngebäuden in Karlsruhe Rintheim <i>Klaus Wolfrum, Andreas Bloch</i>	18
Eisbärbauten – Simulationen der physikalischen Eigenschaften von textilen Wärmedämmstoffen <i>Matthias Römmelt, Anastasia August, Aron Kneer, Thomas Stegmaier, Britta Nestler</i>	21
Aufbau eines Prüfstands zur Vermessung des Wärmeübergangsverhaltens von Metallschaum <i>Jörg Ettrich, Eckhard Martens</i>	25
Netzlastprognose unter Verwendung von Extremwertverteilungen <i>Karl Dübon, Christian Schindler, Andreas Gründer, Michael Schmidt</i>	31

Bauwesen

Aspekte der LCC- und LCA-Optimierung in der Gebäudeplanung <i>Hermann Hütter</i>	34
Prävention im Bauwesen – Dauerhaftigkeit zementgebundener Werkstoffe in Kontakt mit Wasser <i>Matthias Schwotzer, Immanuel Schäufele, Andreas Gerdes, Markus Stöckner</i>	37
Monitoring von Hallentragwerken – Entwicklung eines Verfahrens zur kontinuierlichen Verformungsüberwachung auf Basis digitaler Bildverarbeitung <i>Robert Pawlowski, Stefan Winter, Klaudius Henke, Peter Schregle</i>	41
Bauen in Bestand: SynergieStrukturen – Kloster Frauenalb <i>Robert Pawlowski, Florian Burgstaller, Hermann Hütter, Tilman Müller</i>	45

Maschinenbau

- Kältetechnologien in Deutschland –
Energetische, ökologische Analysen sowie Potenziale der Entwicklung 48
Michael Arnemann, Thorsten Hauck
- Entwicklung von Mikrorobotern für den Einsatz in der medizinischen Labortechnik 51
Ramon Estaña, Julien Mintenbeck
- Elasto-plastisches Materialverhalten – ein Mikrostrukturmodell für plastische Verformung 56
Jan Höhn, Daniel Schneider, Stefan Schmid, Britta Nestler
- Vom Kabelsalat zur funktionsfähigen Fahrzeugvernetzung einer BMW-Premiumklasse 58
Benedict Jäger, Reiner Kriesten, Peter Neugebauer

Informatik/Wirtschaftsinformatik

- The New Manufactron Production Technology Paradigm 60
Norbert Link, Michael Peschl
- Mobile BI mit Jaspersoft und Android 63
Uwe Haneke, Valentina Gossen, Klaus Schmidt, Denis Schwab, Alexander Swetlow
- Innovative Lernanwendungen mit „Augmented Reality“ auf dem Smartphone 66
Peter A. Henning
- Visualisierung komplexer Beziehungsstrukturen in relationalen Datenbeständen 70
Andreas Schmidt, Katja Nau, Ahmet Atli

Schlaglichter

- Analyse der gesamtwirtschaftlichen Einkommensverteilung 74
Hagen Krämer
- Was kommt nach der Digitalen Fabrik? 77
Claas Christian Wuttke
- BioNexGen: Entwicklung neuer Membrantechniken zur Wasserreinigung 80
Jan Hoinkis
- Bessere Karten mit Anamorphosen? –
Eine empirische Studie über Kartenanamorphosen zur Visualisierung von Geodaten 83
Peter Freckmann, Sara Irina Fabrikant, Silvan Kaspar
- Sprachsymbole und Sprachmuster in rechtsextremen Musikszenen 86
Michael Tewes

Stand der Forschung an der Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft

1. Ausgangssituation

Der Ausbau der anwendungsorientierten Forschung an der Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft (HsKA) ist seit einigen Jahren ein profilbildendes Element zur strategischen Entwicklung und Positionierung. Sie fungiert damit neben der qualitativ hochwertigen Lehre als weitere Säule für einen zeitgemäßen Hochschulbetrieb. Die Hochschulleitung unterstützt diese Entwicklung aktiv in verschiedenen Bereichen: So verfolgt sie in der Berufungspolitik in den letzten Jahren konsequent die Zielrichtung neben dem erforderlichen Praxisbezug auch die Forschungsaffinität neuer Professorinnen und Professoren zu gewährleisten. Zudem stellt das Rektorat eigens Mittelbaustellen zur Unterstützung der zentralen Institute zur Verfügung. Diese Anstrengungen führten dazu, dass die HsKA – traditionell schon immer eine der forschungsstärksten Hochschulen für angewandte Wissenschaften in Baden-Württemberg – 2011 die Spitzenposition erreichte. Diese Entwicklung soll in den nächsten Jahren weitergeführt werden.

Die angewandte Forschung an der HsKA wird in verschiedenen Organisationsformen durchgeführt. Die mengenmäßig größte Bedeutung haben die zwei zentralen Institute, das Institut für angewandte Forschung (IAF) sowie das Institute of Materials and Processes (IMP), beide direkt der Hochschulleitung zugeordnet.

Das IAF ist die zentrale, anwendungsorientierte und themenübergreifende Forschungs- und Entwicklungseinrichtung. Im Gegensatz zu den anderen Forschungs- und Entwicklungseinrichtungen an der Hochschule Karlsruhe arbeitet das IAF fakultätsübergreifend und stellt den Forschenden ein geeignetes Umfeld zur Durchführung von Forschungs- und Entwicklungsarbeiten aus allen Bereichen der Hochschule zur Verfügung.

2009 wurde mit dem IMP neben dem IAF noch ein weiteres Forschungsinstitut gegründet, das aus dem Zusammenschluss von vier Instituten entstanden ist. Das IMP ist auf einen Forschungsbereich spezialisiert und konzentriert sich thematisch auf die Entwicklung neuer Modellierungs- und Simulationstechniken für Anwendungen bei Werkstoffsimulationen, auf die Optimierung von Verfahren in der Produktions- und Fertigungstechnik und auf Berechnungen und Anwendungen in der Fluidodynamik.

Die Finanzierung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter erfolgt aus Drittmitteln öffentlicher Förderinstitutionen oder aus Industriegeldern. Im Verbund mit Universitäten und Unternehmen werden EU-Projekte, Forschungsprojekte der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG), des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF), der Landesstiftung Baden-Württemberg, des Wissenschaftsministeriums Baden-Württemberg und aus dem Zentralen Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) bearbeitet.

2. Personalsituation

Ende 2010 waren 28 professorale Mitglieder am IAF und fünf am IMP tätig; weitere 22 waren außerhalb der beiden zentralen Institute in der angewandten Forschung tätig, so z. B. am Institut für Geomatik (IfG) in der gleichnamigen Fakultät oder in der zentral organisierten Öffentlichen Baustoffprüfstelle (ÖBP). Damit waren Ende 2010 55 von 176 Professorinnen und Professoren der HsKA in Forschungsprojekten tätig.

Im gleichen Zeitraum waren im Mittelbau und in der Verwaltung insgesamt 122 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter an den beiden zentralen Instituten IAF und IMP beschäftigt. Auf Forschungsprojekte des IAF entfallen 74 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, weitere vier gehören zur IAF-Geschäftsstelle. Am IMP waren 43 Projektmitarbeiterinnen und -mitarbeiter sowie eine Mitarbeiterin in der Geschäftsstelle beschäftigt. 72 Studierende wirkten als studentische Hilfskräfte in den Projekten der zentralen Institute mit.

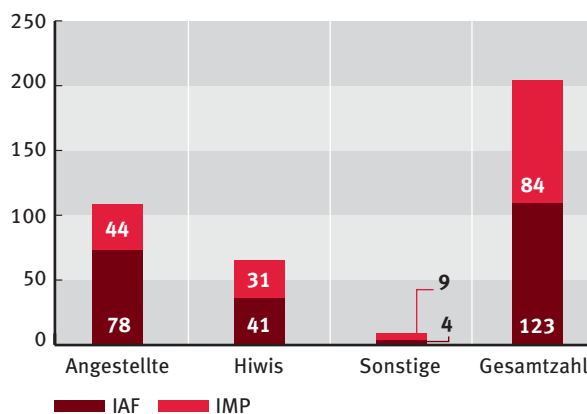


Abb. 1: Anzahl der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter IAF und IMP 2010

Weitere Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter waren in anderen Organisationseinheiten der HsKA in der Forschung tätig, sind aber nicht gesondert erfasst.

3. Forschungsthemen

Die Forschungsthemen ergeben sich aus den fachlichen Ausrichtungen der bestehenden sechs Fakultäten. Projekte werden in allen Bereichen der HsKA durchgeführt. Trotzdem ergeben sich einige fachliche Schwerpunkte:

Mit der aktuellen Projektsituation bestehen am IAF besonders intensive Forschungsfelder in den Bereichen Angewandte Informatik und Geoinformatik, Intelligente Messsysteme und Sensortechnologien sowie Bau-, Umwelt- und Verfahrenstechnik. Weitere neue Schwerpunkte haben sich in 2011 mit den Themen Regenerative Energien, Kälte- und Klimatechnik sowie E-Mobilität gebildet. Zudem zeichnet sich auch eine Intensivierung auf dem Gebiet der Prävention im Bauwesen ab. Die fachliche Untergliederung innerhalb des IAF wird durch thematische Forschungscluster gebildet. Derzeit bestehen vier Forschungscluster, mit einer Erweiterung in 2012 wird gerechnet:

- Institut für Computational Engineering
Sprecher: Prof. Dr. Norbert Link
- Institut für Sensorik und Informationssysteme
Sprecher: Prof. Dr. Heinz Kohler
- Institute for Computers in Education
Sprecher: Prof. Dr. Peter A. Henning
- Forschergruppe Geomatik
Sprecher: Prof. Dr. Reiner Jäger

Das IMP befasst sich in seinen vier Abteilungen mit folgenden Forschungsschwerpunkten:

- Computational Materials Science and Engineering
Direktorin: Prof. Dr. Britta Nestler
- Fertigungstechnik und Produktion
Direktoren: Prof. Dr. Rüdiger Haas und Prof. Dr. Wolf-Immo Jutzler
- Fluidodynamik
Direktor: Prof. Dr. Eckhard Martens
- Angewandte Werkstoffwissenschaften
Direktor: Prof. Dr. Rainer Schwab

Erweiterungen wird es mit dem Institut für Kälte-, Klima- und Umwelttechnik (Prof. Dr. Michael Kauffeld), dem Bereich E-Mobilität (Prof. Dr. Peter Neugebauer)

sowie dem Institut für Prävention im Bauwesen (Prof. Dr. Andreas Gerdes) geben.

Insgesamt wurden in 2010 36 größere Projekte am IAF und sowie 21 Projekte am IMP bearbeitet.

4. Drittmittelaufkommen

In 2010 konnten die Forschungsaktivitäten der HsKA wie schon in den Vorjahren weiter ausgebaut werden. Die am IAF bearbeiteten Projekte in diesem Zeitraum erreichten die Summe von 3,23 Mio. Euro, die des IMP 1,48 Mio. Euro. Damit wurde der Umsatz seit 2006 verdreifacht und jedes Jahr ein nennenswertes Wachstum erzielt. Die Drittmiteinnahmen der HsKA beliefen sich in 2010 auf nahezu fast 5 Mio. Euro, rechnet man die MINT-Projekte hinzu.

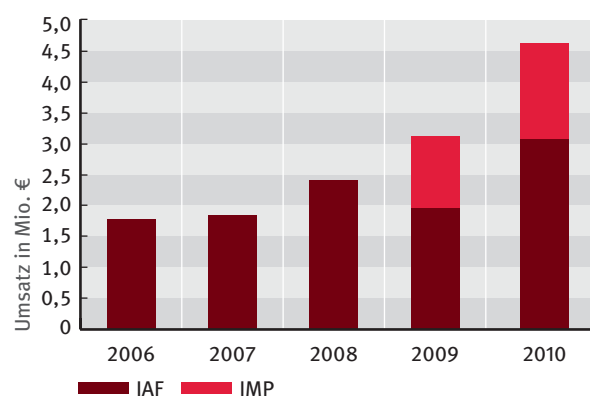


Abb. 2: Umsatzentwicklung IAF und IMP von 2006 bis 2010

Forschungsprojekte am IAF	3.227.871,79 €
Forschungsprojekte am IMP	1.483.386,34 €
Summe sonstiger FuE-Projekte der HsKA	7.119,09 €
Gesamtsumme Hochschule Karlsruhe (ohne MINT)	4.718.377,22 €
MINT-Projekte	204.707,02 €
Gesamtsumme Hochschule Karlsruhe (mit MINT)	4.923.084,24 €

Tab. 1: Übersicht Drittmittel 2010

Autor

Prof. Dr.-Ing. Markus Stöckner

Prorektor für Forschung, Infrastruktur und Kooperationen

Wärme aus Stückholz: – III. Sensorik zum Schutz von Umwelt und Klima

The German Government wants to expand the sustainable use of biomass as one of the main sources of regenerative energy in the future. This intention is only advisable if the biomass thermochemical conversion is substantially improved, especially in low-power fireplaces. In this paper, first the technological state of the art of firewood combustion in low-power fireplaces (4-24 KW) for residential home heating is briefly discussed and the high emissions of toxic gaseous and particulate matter emissions due to insufficiently controlled combustion processes are addressed. Second, the previously amended emission limits for private home fireplaces given by the German legislation are introduced. And third, the impact of appropriate high temperature gas sensors for continuous analysis of the emissions is shown and their use as input signals for efficient combustion air stream control of the firing process and the intelligent operation of the fireplace in combination with further sensors are discussed.

Situation

„Die Bundesregierung strebt einen nachhaltigen Ausbau der energetischen Nutzung von Biomasse zu einer wesentlichen Säule für die künftige Energieversorgung an. Der Ausbau soll einen wichtigen Beitrag zum Klima- und Umweltschutz, zur Schonung fossiler Ressourcen, zur Sicherheit der Energieversorgung sowie zur Stärkung der Wertschöpfung insbesondere im ländlichen Raum und in der Land- und Forstwirtschaft leisten. Die energetische Nutzung von Biomasse kann jedoch nur dann dauerhaft etabliert werden, wenn sie nachhaltig, d. h. ökonomisch tragfähig, ökologisch zukunftsorientiert sowie sozial verträglich erfolgt.“ Dieses Zitat vom Deutschen BiomasseForschungsZentrum [1] beschreibt überaus klar die Visionen, die mit der zukünftigen Wärmeverversorgung aus Biomasse verknüpft werden. Der folgende Beitrag soll einen kurzen Überblick zum Stand der Technik hinsichtlich der Wärmegewinnung durch Thermokonversion von Biomasse in Holzfeuerungsanlagen kleiner Leistung (4–24 kW) für private Haushalte geben, über die gesetzlichen Rahmenbedingungen bezüglich der Emissionsobergrenzen nach der 1. BImSchV (Bundes-Immissionsschutzverordnung) informieren und die sich daraus ergebenden Notwendigkeiten zur technologischen Weiterentwicklung dieser Anlagen vorstellen. Schließlich wird kurz dargestellt, welche Möglichkeiten die Sensorik eröffnet, um die Umweltverträglichkeit solcher Kleinstverbrennungsanlagen zu verbessern.

Zum Stand der Technik der Stückholzverbrennung

Historisch gesehen ist die Verbrennung von Stückholz die älteste Methode der Wärmegewinnung. Erst in den letzten Jahrzehnten wurde gezeigt [2, 3], dass hohe Emissionen von gasförmigen, toxischen Stoffen wie Kohlenmonoxid, von polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) sowie von

Feinstäuben, die mit einer hohen Fracht organischer Bestandteile und Ruß beladen sind, eine für die Umwelt problematische Begleiterscheinung darstellen. Bei näherer Betrachtung ist diese Situation nicht weiter überraschend, da der Verbrennungsprozess von Feststoffen nicht annähernd so gut beherrscht wird wie der von Gas oder Heizöl. Der Grund für diese verfahrenstechnischen Unterschiede liegt in der (nahezu) perfekten Mischbarkeit von Gasen und feinsten Öltröpfchen mit der Verbrennungsluft, während diese im Falle der Stückholzverbrennung nur über die (statistisch verteilten) Gasströmungspfade, die ein Holzstapel bietet, und letztlich über die Oberfläche der Holzscheite zugeführt werden kann. Verbrennungszonen unter Sauerstoffdefizit sind deshalb unvermeidlich. Dem trägt man Rechnung, indem der Brennraum bei moderneren Stückholzverbrennungsanlagen in eine Entgasungszone und eine Nachverbrennungszone unterteilt wird, die separat mit Verbrennungsluft versorgt werden, um in einem zweistufigen Prozess die Pyrolysegase gezielt nachzuverbrennen. Dieser an sich recht fortschrittlichen Methodik sind allerdings hinsichtlich ihrer Wirkung enge Grenzen gesetzt, wenn die Verbrennungsluftströme manuell durch Augenschein, also ohne sensorische Messung der prozessrelevanten Größen, z. B. mittels Klappen oder Schieber, dosiert werden. Entsprechend hoch sind die mit solchen Anlagen einhergehenden Emissionen.

Die modernsten zurzeit käuflich zu erwerbenden Einzelraumfeuerstätten, ausgeführt als Kachelofeneinsatz, sind mit einer Verbrennungstemperatur geführten Steuerung der Verbrennungsluftströme ausgerüstet. Dies ermöglicht eine gewisse Adaption der Verbrennungsluftströme an den aktuellen Verbrennungsprozess, ohne wirklich die physikalisch-chemische Prozesssituation zu berücksichtigen, und

Wissen freisetzen. Mit Energie.



Talent verdient das passende Umfeld.

Vielfältige Herausforderungen. Partnerschaftliche Unternehmenskultur. Leistungsstarke Teams. Das ist die EnBW Energie Baden-Württemberg AG. Als Deutschlands drittgrößtes Energieversorgungsunternehmen stehen wir mit rund 20.000 Mitarbeitern für Strom, Gas sowie innovative Energie- und Umweltdienstleistungen. Als engagiertes Unternehmen bieten wir Studenten berufliche Perspektiven von außergewöhnlicher Bandbreite.

Ob **Praktikum**, **Werkstudententätigkeit** oder **Abschlussarbeit** – bringen auch Sie Ihr Wissen ein, und arbeiten Sie gemeinsam mit uns an der Energie der Zukunft!

Überzeugen Sie sich von der Vielfalt der EnBW unter

www.enbw.com/karriere



EnBW
Energie
braucht Impulse

AUTOMATION TECHNOLOGY SOLUTIONS FOR YOUR BUSINESS



Sit SteuerungsTechnik®

Die **Sit SteuerungsTechnik® GmbH** mit Sitz in Ettlingen ist ein dynamisch wachsendes, mittelständisches Unternehmen und realisiert weltweit für namhafte und marktführende Kunden Installationen und elektrische Steuerungen für Materialfluss-Systeme. Dabei erbringen wir ganzheitliche Systemlösungen für die gesamte Palette der Industrie Automatisierung. Unser Spektrum reicht von der Analyse, Planung, Energieoptimierung und Software-Entwicklung über die Lieferung von Schaltschränken bis zur Elektro-Montage, Inbetriebnahme und Hotline-Service. Unsere Schwerpunkte sind Gepäckförder- und Logistikanlagen, Automobilproduktion, Gebäudetechnik, Materialflussrechner/ Lagerverwaltungssysteme, Energiemanagement und Retrofit bestehender Systeme.

Sie wollen etwas bewegen und Teil unserer Erfolgsgeschichte werden? Dann sind Sie bei uns richtig: Denn auch als Arbeitgeber haben wir Ihnen einiges zu bieten. Es erwarten Sie anspruchsvolle Aufgaben, teilweise im internationalem Umfeld, viel Gestaltungsspielraum, flache Hierarchien und exzellente Entwicklungsmöglichkeiten.

Ob Direkteinstieg, Traineeprogramm, Diplomarbeit oder Praktikum: Nehmen Sie Ihre Zukunft jetzt in die Hand und entscheiden sich für eine Karriere bei der **Sit SteuerungsTechnik®** ein Unternehmen das neue Maßstäbe setzt. Weitere Informationen zu derzeit aktuellen Vakanzen erhalten Sie unter:

<http://www.sit-de.com/de/karriere.html>

Ihre Bewerbungen richten Sie bitte an:

HR@sit-de.com.



schweitzer
Fachinformationen

Alle Themengebiete,
Fachbücher,
Periodicals, E-Books,
E-Journals aus dem
In- und Ausland über
das Portal:

www.schweitzer-online.de

oder nutzen Sie
unsere Beratung und
den Service vor Ort.

hoser+mende
Literatur und Dienstleistungen

Karlstraße 76 · 76137 Karlsruhe
Telefon 0721 98161-0
Fax 0721 815343
Mail mende@schweitzer-online.de
Web www.mende.de

stellt sicher, dass am Ende des Feuerungsprozesses die Verbrennungsluftklappen geschlossen sind. Auf diese Weise werden die Emissionen bereits nennenswert gesenkt und überdies wird die Abführung von Wärme durch den Kaminzug nach Abschluss des Verbrennungsvorgangs vermieden.

Die Prozessführung in modernen Stückholzheizkesseln ist demgegenüber fortgeschrittener, gleichwohl keineswegs zufriedenstellend. Altanlagen werden nach wie vor ohne Wärmepufferspeicher betrieben. Dies bedeutet, dass die Verbrennungsluft gedrosselt wird, wenn das Wärmeverteilungssystem die Verbrennungswärme nicht weiter aufnehmen kann, um so die Wärmeleistung zu senken. Als Folge wird sich ein Verbrennungsprozess unter Sauerstoffdefizit einstellen, was im Extremfall zu Schwelbrand mit massiven Emissionen der oben genannten Art führen kann. Neue Installationen sind daher nach der 1. BImSchV mit einem Pufferspeicher (Puffervolumen: 12 l pro Liter Brennstofffüllraum und mindestens 55 l/KW Nennleistung) zu versehen, der allerdings nur bei „vorausschauendem Betrieb der Anlage“ seinen Zweck erfüllen kann (s. u.). Die fortschrittlichsten Heizkesselentwicklungen sind überdies mit Verbrennungsluftregelungen ausgestattet, die sowohl die Verbrennungstemperatur als auch die Restsauerstoffkonzentration (Lambda-Wert) im Abgas berücksichtigen.

Niedrigere Emissionsobergrenzen nach Novellierung der 1. BImSchV

Mit der Novellierung der 1. BImSchV hat der Gesetzgeber im Frühjahr 2010 neue Emissionsobergrenzen für den Betrieb von Stückholzfeuerungsanlagen kleiner Leistung (Neuanlagen) festgelegt. Einen Überblick gibt Tabelle 1.

Feuerstättenart	CO/ mg/m ³	Feinstaub g/m ³
Kamineinsätze	1,25	0,04
Kachelofeneinsätze	1,25	0,04
Heizkessel (Nennwärmeleistung > 4 KW) *)	0,4	0,02
Pelletöfen ohne/mit Wassertasche	0,25/0,25	0,3/0,2

Tab. 1: Emissionsgrenzwerte nach der 1. BImSchV, Stufe 2 (gültig nach 31. Dez. 2014)

*) Stufe 2 der Verordnung tritt erst am 31. Dezember 2016 in Kraft, wenn naturbelassenes Stückholz als Brennstoff verwendet wird.

Die in Tabelle 1 festgelegten Grenzwerte gelten für sogenannte Normprüfstandsmessungen. Diese werden, je nach Anlagentyp, unter verschiedenen, wohl definierten Randbedingungen durchgeführt (z. B. vorgeheizte Verbrennungsanlage) und liefern deswegen ty-

pischerweise deutlich niedrigere Emissionen als diese im praxisnahen Betrieb.

Senkung der Emissionen durch sensorbasierte Prozessführung

Die verschärften Grenzwerte (Tabelle 1) können nur ein erster Schritt sein, um die Emissionen der Feuerstätten zu verringern. Es darf nicht übersehen werden, (i) dass diese Grenzwerte nur unter günstigen Betriebsbedingungen eingehalten werden müssen, der weitaus größte Teil der Emissionen jedoch außerhalb dieser Normbedingungen anfällt, nämlich in der Anheiz- und Ausbrandphase oder bei gedrosselter Wärmeleistung [2] und (ii) dass selbst diese Werte bzgl. CO noch um mindestens einen Faktor 25 (Kamin- und Kachelofeneinsätze) bzw. acht (Heizkessel) höher liegen – verglichen mit den Emissionen eines Heizölbrenners. Folglich muss von einer erheblichen Zunahme der Schadstoffemissionen ausgegangen werden, wenn die Wärmebereitstellung in privaten Haushalten mit Feuerstätten, die nur die Grenzwerte der 1. BImSchV erfüllen, weiter ausgeweitet wird.

Die genannte Problematik beschäftigt eine Gruppe am Institut für Sensorik und Informationssysteme (ISIS) am Institut für Angewandte Forschung der Hochschule Karlsruhe schon seit mehr als zehn Jahren. Unterstützt durch einschlägige Feuerungsanlagenhersteller und Sensorikunternehmen wurde untersucht, in welchem Maße die Emissionen durch automatische Prozessführung gesenkt werden können, wenn die wichtigsten Größen zur Beschreibung des Verbrennungsprozesses sensorisch erfasst und zur kontinuierlichen Regelung der Verbrennungsluftströme genutzt werden [4]. Es wurden vier verschiedene Feuerungsanlagen (auch ein Pelletheizkessel) in Kooperation mit den Herstellern modifiziert, im Holzverbrennungstechnikum des ISIS installiert und mit Sensorik zur kontinuierlichen Registrierung der Verbrennungsluftströme, Verbrennungstemperatur, Restsauerstoffkonzentration und des CO/HC-Gehalts im Abgas nachgerüstet. Die Feinstaubemissionen wurden mit einem SMPS/APS-Partikelanalyseverfahren und durch ein Gesamtstaubmessverfahren registriert [5]. Anhand der Feuerungsexperimente konnten allgemeine Algorithmen zur Regelung der Verbrennungsluft entwickelt werden, die nach Anpassung der Regelungsparameter an den individuellen Anlagentyp zu Absenkungen der gasförmigen Emissionen um teilweise über 80 % und der Feinstaubfracht um bis zu 60 % geführt haben [6]. Diese bereits sehr ermutigenden Emissionsminderungen, die alleine durch sensorbasierte Regelung der Verbrennungsluftströme erreicht wurden, können, wie die Experimente gezeigt haben, bei Integration eines Oxidationskata-

lysators insbesondere in Verbrennungsphasen mit relativ niedriger Verbrennungstemperatur noch weiter gesteigert werden.

Die Ergebnisse führten zu der allgemein gültigen Erkenntnis, dass zur Entwicklung einer effizienten Verbrennungsluftregelung für Kleinst-Stückholzfeuerungsanlagen die alleinige Registrierung der Verbrennungstemperatur und der Restsauerstoffkonzentration nicht ausreicht, den Verbrennungsprozess annähernd zufriedenstellend zu beschreiben. Da Feuerungsanlagen im Leistungsbereich unter 20 kW meist keine genügend wirksame Verbrennungsluft-Vorwärmungseinrichtung aufweisen, erlaubt nur die zusätzliche sensorische Bestimmung des CO/HC-Gehalts die genaue Dosierung der zur Nachverbrennung notwendigen Verbrennungsluft, wodurch die Abkühlung der Brenngase auf das nötige Maß beschränkt und damit die Verbrennungsqualität gesteigert wird [7].

Mit dem Ziel, die Emissionen von Stückholzheizkesseln auch im praxisnahen Betrieb auf ein Minimum zu senken, muss neben der feuerungstechnischen Optimierung auch die Betriebsweise grundlegend verbessert werden. Dies bedeutet, dass die Feuerstätte möglichst immer unter optimalen Prozessbedingungen betrieben werden sollte, d. h. Wärmeleistungsabsenkungen beim reduzierten Wärmebedarf vermieden werden sollten. Die Sensorikgruppe am ISIS hat deshalb ein Konzept für einen Feuerungsmonitor entworfen, der mithilfe der sensorisch erfassten Kenngrößen und bei Kenntnis der Nennwärmeleistung der Feuerungsanlage dem Betreiber rechtzeitig mitteilt, zu welchem Zeitpunkt sinnvollerweise welche Menge Holz nachzulegen ist. Die hierfür eingesetzte Sensorik erfasst das im Laufe des Brennvorgangs sich verändernde Wärmeaufnahmevermögen von Puffer- und Brauchwasserspeicher und den noch unverbrannten Holzvorrat im Heizkessel. Dieser ganzheitliche Forschungsansatz, der die feuerungs-, prozess- und betriebstechnische Optimierung einschließt, wird durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Osnabrück, gefördert und in Zusammenarbeit mit dem Institut für Feuerungs- und Kraftwerktechnik der Universität Stuttgart, einem Kesselhersteller und zwei Sensorikunternehmen verfolgt.

Eine weitere Herausforderung zur Minimierung der Emissionen von Kaminöfen verfolgt die Sensorikgruppe im Verbund mit dem Deutschen BiomasseForschungszentrum in Leipzig, der Universität in Cottbus und Herstellern von Verbrennungsanlagen. Bei diesem Vorhaben, das durch die Klimaschutzinitiative der Bundesregierung gefördert wird, kommt zu den oben genannten Aufgaben hinzu, dass der Betrieb derarti-

ger Feuerstätten unter Naturzugbedingungen zu erfolgen hat. Dies bedeutet, dass die Verbrennungsluftströme bei veränderlichem Kaminzug, gegeben durch Kamintemperatur, Wetterlage und Windverhältnisse, so zu dosieren sind, dass möglichst immer optimale Verbrennungsbedingungen vorherrschen. In diesem Fall sind Regelungsalgorithmen zu entwickeln, die die tatsächlichen Verbrennungsluftströme, gemessen mittels Luftmassenstromsensoren, als Stellgrößen vorsehen (s. Abb.1). Das Verbundvorhaben schließt die Abgasnachreinigung mit ein, d. h. in diesem Fall ist durch die Verbundpartner die Entwicklung eines geeigneten Oxidationskatalysators und eines elektrostatischen Filters vorgesehen, um zu untersuchen, inwieweit die Emissionen einer Feuerstätte aus der Produktsreihe des Herstellers durch diese integrierten Maßnahmen minimiert werden können.

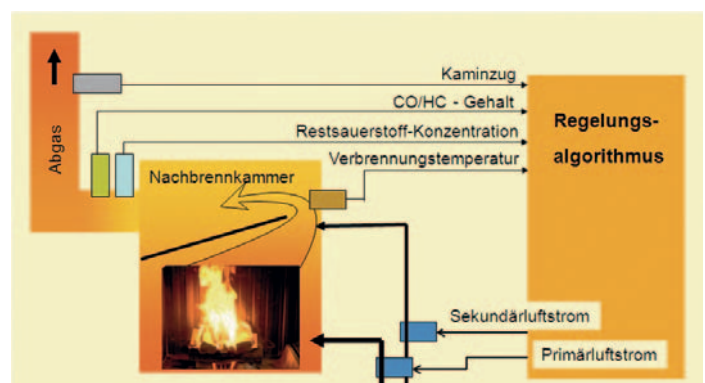


Abb. 1: Schema der Prozessführung einer Einzelraumfeuerstätte (Kaminofen); dargestellt ist die zweigeteilte Kammer der Verbrennungsanlage mit allen sensorisch zu erfassenden Prozess- und Stellgrößen

Fazit

Aufgrund der hohen prozesstechnischen Komplexität der Stückholzverbrennung ist eine Minimierung der zurzeit noch sehr hohen Schadgas- und Partikelemissionen von Stückholz-Kleinstfeuerungsanlagen nur vorstellbar, wenn die Feuerungsanlagen konstruktiv optimiert, die notwendigen Prozessparameter sensorisch erfasst und auf deren Kenntnis effiziente Verbrennungsluftstrom-Regelungsalgorithmen aufgebaut und sensorisch alle notwendigen Informationen des Heizsystems abgefragt werden. Nur so kann ein vorausschauender Betrieb der Anlage ermöglicht werden. Falls die Anlage unter Naturzugbedingungen betrieben werden soll, muss zudem Sensorik zur genauen Dosierung der Verbrennungsluftströme eingesetzt werden. Die Verbundpartner hoffen, durch diesen ganzheitlichen Lösungsansatz die in der 1. BImSchV festgelegten Grenzwerte (Tabelle 1) zumindest im Hinblick auf die gasförmigen Emissionen deutlich unterschreiten zu können.

Literatur

- [1] DBFZ Homepage: www.dbfz.de/web/forschung.html, 7. Okt. 2011.
- [2] Th. Nussbaumer, *Schadstoffbildung bei der Verbrennung von Holz*, Forschungsbericht, Laboratorium für Energiesysteme, ETH Zürich, Nr. 6, 1989.
- [3] R. Maurutzky, K. Seeger, *Energie aus Holz und anderer Biomasse*, DRW-Verlag, 1999.
- [4] P. Butschbach, F. Hammer, H. Kohler, et al., *Extensive reduction of toxic gas emissions of firewood-fueled low power fireplaces by improved in situ gas sensorics and catalytic treatment of the exhaust gas*, in: *Sensors and Actuators*, B137(1), 2009, p. 32–41.
- [5] P. Butschbach, H. Kohler, *Wärme aus Stückholz – II. Senkung der Schadgas- und Feinstaubemissionen mittels Abgassensorik und Zuluftregelung*, in: *Forschung aktuell*, Hochschule Karlsruhe, 2010, p. 58–60.
- [6] H. Kohler, P. Butschbach, et al., *Wood energy for domestic heating: Extensive reduction of toxic gas and particulate matter emissions by optimized control of the firing process and use of gas sensors*, in: *Computers and Simulation in Modern Science*, vol. 3, Eds.: N. E. Mastorakis, M. Demiralp, V. M. Mladenov, WSEAS Press, 2010, p. 492, ISBN: 978-960-474-256-1.
- [7] H. Kohler, A. Potreck, Th. Trautmann, *Verfahren und Vorrichtung zur Verbrennung von Brennstoffen*, Offenlegungsschrift DE 10 2006 046 599 A1 2008.04.03 (2006), Patent erteilt Okt. 2011.



Endress+Hauser ist ein sehr innovatives und unabhängiges Familienunternehmen. Mit einer Vielfalt von Messgeräten, Systemen und Gesamtlösungen sind wir einer der weltweit führenden Anbieter. Dieser Erfolg ist der Erfolg unserer über 8.500 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Interessierter Nachwuchs ist immer gesucht. In Praktika können junge Menschen erste Praxiserfahrungen sammeln. Darüber hinaus bieten wir Themen für Abschlussarbeiten sowie eine umfangreiche Betreuung. Auch Stellen für Absolventen sind regelmässig auf unserem Jobportal zu finden. Haben wir Ihr Interesse geweckt? Dann bewerben Sie sich und starten Sie mit uns durch.

Endress+Hauser GmbH+Co. KG
 Katrin Schmidt
 Hauptstraße 1
 79689 Maulburg
 Germany
 Phone +49 7622 28 2900
 Fax +49 7622 28 15619
www.pcm.endress.com
www.karriere.endress.com
ausbildung@pcm.endress.com

Endress+Hauser 

Autor

Prof. Dr. Heinz Kohler

Professor an der Fakultät für Elektro- und Informationstechnik

Kontakt

Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft
 Institut für Sensorik und Informationssysteme
 (ISIS) am Institut für Angewandte Forschung
 Moltkestr. 30
 76133 Karlsruhe
 E-Mail: heinz.kohler@hs-karlsruhe.de
 Telefon: 0721 925-1282

Regenerativ gespeister Solar-Erd-Betonspeicher zur ganzjährigen Versorgung eines Einfamilienhauses

A method for the storage of solar energy and energy supply for a single-family house is presented. The solar energy from the collectors will be stored in a cistern filled with a saline solution and used for heating a house by means of a heat pump. An intelligent control system using a neuronal net will be designed.

Einleitung

Zur Schonung der endlichen fossilen Energieträger und damit Verringerung des Ausstoßes klimaschädlicher Gase soll ein Kombi-System aus Solarthermie und Wärmepumpe entwickelt werden, das idealerweise mit rein regenerativ erzeugter Wärme betrieben wird.

In gemäßigten Breiten kann das Überangebot an Sonnenenergie im Sommer aufgrund prinzipieller Schwierigkeiten in der Speichertechnologie bislang die Unterversorgung im Winter nicht ausgleichen. Versuche, die Energie in einem Betonspeicher bei hohen Temperaturen zu speichern, ergaben trotz guter Isolation hohe Verluste: Innerhalb von kaum zwei Monaten kühlte sich der Speicher auf Umgebungstemperatur ab (s. Abb. 1).

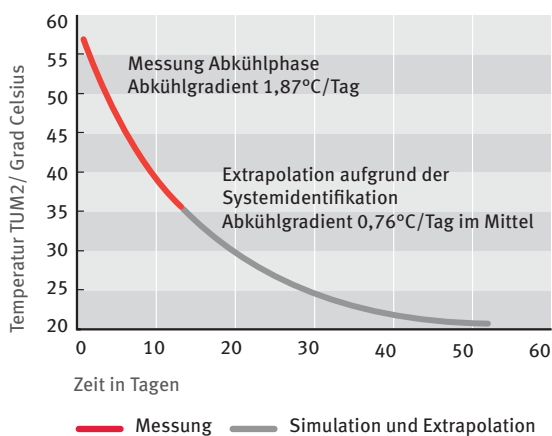


Abb. 1: Wärmeverlust ohne Entnahme bei Speicherung hoher Temperaturen

Basierend auf diesen Erkenntnissen wird nunmehr das Temperaturlevel des Speichers drastisch reduziert und auf den Bereich von ca. -5° C bis ca. +20° C begrenzt. Da in Mitteleuropa die Erdbodentemperatur ab einem Meter Tiefe ganzjährig bei ca. +10° C bis +12° C liegt, ermöglicht ein kompletter Verzicht auf Isolation die Nutzung des Speichers als *Erdsonde* bei Temperaturen unterhalb dieses Wertes. Um dieses niedrige Temperaturniveau für die Heizung eines Einfamilienhauses zu nutzen, ist eine Wärmepumpe erforderlich. Beim Betrieb bis in negative Temperaturen kann zum Teil die Erstarrungs-/Schmelzwärme des Eises von

$Q_s(\text{H}_2\text{O}) = 333,5 \text{ kJ/kg}$ genutzt werden (s. Abb. 2). Allerdings muss für einen effizienten Betrieb die Vereisung bei 0° C verhindert werden, sodass immer noch ein gewisser Teil in der flüssigen Phase verbleibt. Als Kältemittel wird Streusalz in einer Konzentration von 12 % eingesetzt, sodass Eisbildung erst bei ca. -8° C eintritt (s. Abb. 3). Damit geht allerdings eine Reduzierung der spezifischen Wärmekapazität von 4,18 auf 3,65 kJ/kg*K einher.

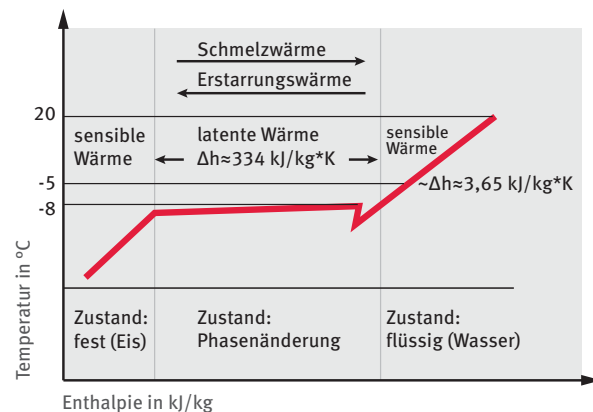


Abb. 2: Temperatur-Enthalpie-Diagramm von 12%iger Salzlösung

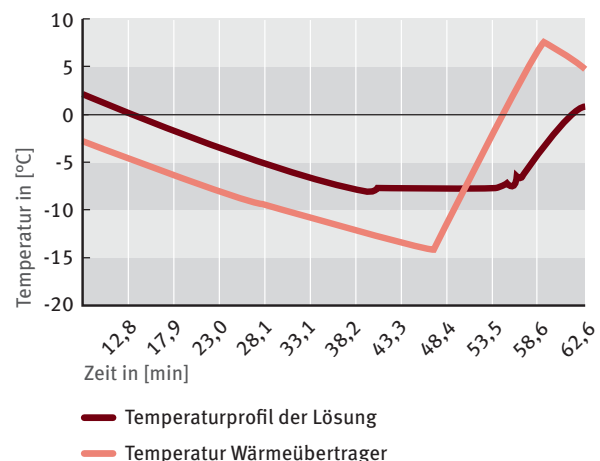


Abb. 3: Temperaturprofil bei 12 %: Erstarrung bei -8° C

Systembeschreibung

Das System besteht aus vier Hauptkomponenten (s. Abb. 4): der Betonzisterne als Erdspeicher, den Solar Kollektoren als Energielieferanten, der Wärmepumpe

und dem Haus als Verbraucher. Der Solarspeicher sollte eine möglichst große Kapazität besitzen (hier: ca. 12 m³; Abbildung 5 zeigt den Speicher, Abbildung 6 das zugehörige Bauvorhaben). Dieser wird über Solarkollektoren beladen. Es werden Luftkollektoren verwendet, die für die niedrige Arbeitstemperatur insofern angepasst sind, als sie im Sommer nicht zu hohe Temperaturen liefern und im Winter der Umgebungsluft bereits ohne direkte Sonneneinstrahlung Wärme entziehen können. Über eine Pumpe P_1 wird das erwärmte Kältemittel zum Speicher transportiert und mittels Einspeisewärmetauscher an den Speicher abgeben. Durch einen Entzugswärmetauscher und eine Pumpe P_2 wird die Wärme wiederum für die Wärmepumpe entnommen. Da durch die Verwendung der Salzlösung immer eine flüssige Phase garantiert bleibt, kann als Material hierfür Edelstahl eingesetzt werden. Hierdurch kann eine Effizienzsteigerung gegenüber vergleichbaren Systemen erreicht werden.

Voruntersuchungen

Es soll eine möglichst hohe Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe erzielt werden. Diese ist proportional zur Speichertemperatur. Eine komplette Vereisung würde zu einer zu langsamen Temperaturerhöhung bei Wärmeeintrag führen, da zunächst das Eis getaut wird. Es wurden verschiedene Vereisungstests mit kostengünstigem Streusalz durchgeführt (s. Abb. 3).



Abb. 5: Betonerspeicher



Abb. 6: zugehöriges Bauvorhaben

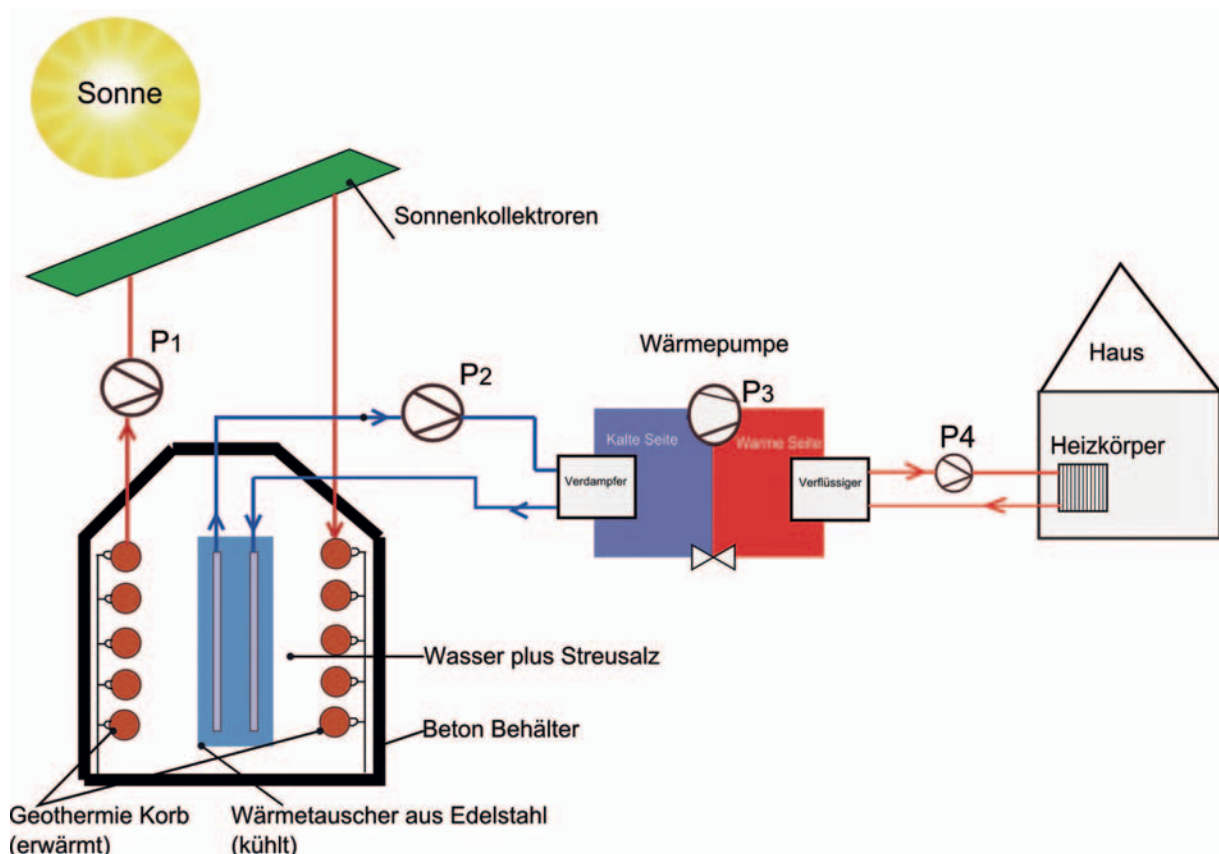


Abb. 4: Systemkomponenten: Sonnenkollektoren, Erdspeicher, Wärmepumpe, Haus (Verbraucher)

Da das Auflösen von Salz eine endotherme Reaktion ist, stellt die Herstellung so großer Mengen Salzlösung einen erheblichen Aufwand dar. Deshalb wurden Versuche zur effektiven Herstellung der Lösung durchgeführt. Dazu wurden verschiedene Rührerformen getestet (s. Abb. 7) ebenso wie die Auflösung des Salzes durch Verwirbelung des Wassers und Umpumpen des Salzes.

Die räumliche Stabilität der Lösungskonzentration konnte in einem Langzeitversuch über mehrere Monate bestätigt und damit eine verfrühte lokale Eisbildung ausgeschlossen werden.

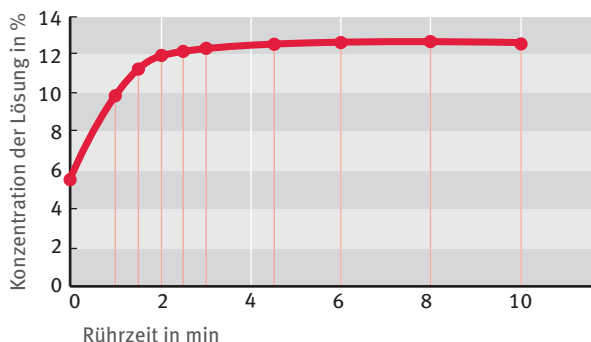


Abb. 7: Zeit bis zum Erreichen der Zielkonzentration bei Einsatz eines Mörtelrührers

Modellbildung

Die Betonzisterne verhält sich als Regelstrecke nicht-linear, wobei das jeweilige Modell vom gewählten Arbeitspunkt abhängt. Zur Modellbildung wurde die *Sprungantwort* aufgenommen, also die Beladekurve (Aufheizen – mittels Elektroheizstab – von der unteren Temperatur zur oberen) und Entladekurve (Wärmeverlust ausschließlich an das Erdreich, ohne Wärmeentnahme, durch einen Wärmetauscher). Aus der Kurvencharakteristik wurde dann das System identifiziert. Aus einem früheren Forschungsprojekt ist bekannt, dass es sich hierbei um ein Verzögerungssystem dritter Ordnung mit einer Zählerzeitkonstante handelt. Im Laplace-Bereich ergibt sich somit folgende Darstellung:

$$G(s) = K_s \cdot \frac{1 + T_1 \cdot s}{(1 + T_2 \cdot s)(1 + T_3 \cdot s)(1 + T_4 \cdot s)}$$

Diese Zeitkonstanten sollen durch die Messungen bestimmt werden. Der verwendete Identifikationsalgorithmus vergleicht die gemessenen Temperaturwerte mit denen einer Modellrechnung. Bei den früheren Messungen hat sich dabei eine dominierende Zeitkonstante herausgestellt, die anderen konnten vernachlässigt werden. Damit ergäbe sich im Wesentlichen ein VZ_1 -Glied. In der Praxis wäre eine Regelung mittels eines PID-Reglers möglich.

Messungen

Zur Verifikation des Speichermodells im unteren Temperaturbereich müssen Temperaturen im Betonspeicher aufgenommen werden. Dazu werden NTC-Widerstände an definierten Messstellen außer- und innerhalb des Behälters (s. Abb. 8) angebracht. Da bei der Messung an der Anlage große Leitungslängen und somit resistive Verfälschungen zu erwarten sind, wird auf eine Vierleitermesstechnik zurückgegriffen. Die Temperatursensoren werden zu mehreren in einem Schlauch untergebracht und mittels T-Stück nach außen geführt. Die Messwertaufnahme kann aufgrund niedriger Gradienten sequenziell erfolgen. Dies geschieht mithilfe eines extern getriggerten 64-x-4-Kanal-Multiplexersystems, dessen prinzipieller Aufbau in Abbildung 9 dargestellt ist. Die gemessenen Werte werden in einen Rechner eingelesen und abgespeichert; die Messwerte werden

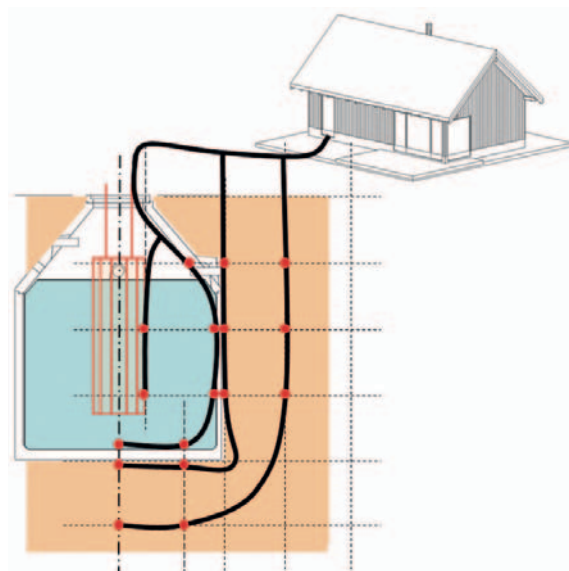


Abb. 8: Position der Temperatursensoren

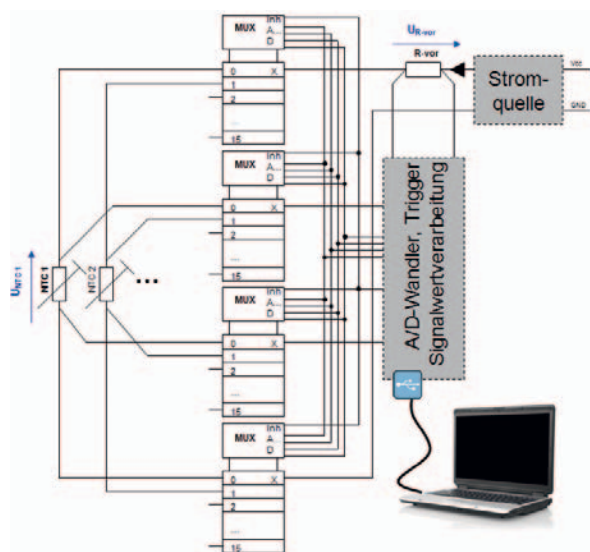


Abb. 9: Signalwertaufnahme und -verarbeitung

dann via Internet zur Verfügung gestellt. Durch die Aufnahme eines möglichst detaillierten Temperaturprofils sollen auch Erkenntnisse über den Wärmegewinn/-verlust durch die Behälterwand für dieses Temperaturniveau und die Effektivität des speziell konstruierten Edelstahlwärmetauschers gewonnen werden. Dies hat wiederum Einfluss auf die geplante Automatisierung mittels neuronalen Netzes.

Regelungsentwurf mit neuronalem Netz

Im weiteren Verlauf des Projektes soll die Regelung der Gesamtanlage (s. Abb. 4) mittels neuronalen Netzes realisiert werden. Damit soll die Anpassung an über das Jahr sich ändernde Umweltbedingungen und das selbstständige Erlernen optimaler Regelstrategien erreicht werden. Aus einer Anzahl von Eingangsgrößen wie Soletemperatur, Solemassenstrom, Verdampfer- und -austrittstemperatur, elektrische Leistung der Pumpe P_2 und der Wärmepumpe P_1 , Heizleistung (Verbrauch), Außentemperatur, Tageszeit, Vorlauftemperatur, Raumtemperatur sowie Nutzerverhalten sollen als Ausgangsgröße Vorschriften für die Drehzahlsteuerung der Pumpe P_2 erstellt werden. Damit soll eine optimierte Nutzung der Wärmequellen erreicht werden. Es wird eine Jahresarbeitszahl >4 angestrebt.

Autoren

Prof. Dr.-Ing. Hans-Werner Dorschner

Professor an der Fakultät für Maschinenbau und Mechatronik

Dipl.-Ing. (FH) Peter Huber M.Eng.

Laborbetriebsleiter an der Fakultät für Maschinenbau und Mechatronik

Tommy Eisenhardt B.Eng.

Wladimir Korejba M.Eng.

Dipl.-Ing. Udo Vieth

Akademische Mitarbeiter an der Fakultät für Maschinenbau und Mechatronik

Kontakt

Prof. Dr.-Ing. Hans-Werner Dorschner

Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft

Fakultät für Maschinenbau und Mechatronik

Moltkestraße 30

76133 Karlsruhe

E-Mail: hans-werner.dorschner@hs-karlsruhe.de

Telefon: 0721 925-1866

Fortschritt beginnt hier

Thermo
SCIENTIFIC

Part of Thermo Fisher Scientific

• Mehr unter www.thermoscientific.de

• Thermo Fisher Scientific
Dieselstr. 4 · 76227 Karlsruhe
Tel. 0721 40 94 444
info.mc.de@thermofisher.com



© 2010 Thermo Fisher Scientific Inc. Alle Rechte vorbehalten.
Bildrechte an den Illustrationen liegen bei Thermo Scientific.

Messsystem für vielkanaliges Monitoring von Energieströmen und Raumklimadaten in energetisch sanierten Wohngebäuden in Karlsruhe Rintheim

Energy saving measures in residential buildings play an important role in lowering energy consumption. High costs for refurbishment can be balanced by the subsequent reduced energy costs. In this study different concepts for thermal insulation, heating and ventilation systems are established and compared in a field test. Among other aspects, comparing the predicted and realised reduction of energy consumption is very important. To obtain a comprehensive data basis, a multichannel data acquisition system was developed and used. The acquired data will provide guidelines for improving the efficiency of the heating system and also to support the residents in saving energy.

1. Einleitung

Der Stadtteil Karlsruhe Rintheim ist geprägt durch Wohngebäude, die überwiegend in den 50er-Jahren erbaut wurden und eine nach heutigen Maßstäben absolut unzureichende Wärmedämmung aufweisen. Die Mehrzahl der zu sanierenden Gebäude gehört der Volkswohnung Karlsruhe GmbH, die ein großes Interesse an einer nachhaltigen Quartiersentwicklung zur Steigerung der Attraktivität der Wohnungen hat.

Für die Sanierung bieten sich zahlreiche Varianten an, wobei die Auswirkungen auf den künftigen Energieverbrauch rechnerisch prognostiziert werden können. Ob die möglichen Einsparungen auch tatsächlich realisiert werden, hängt allerdings stark von der Betriebsführung der Heizungs- und Lüftungstechnik als auch vom persönlichen Verhalten der Bewohner ab. Daher ist ein umfassendes, begleitendes Monitoring relevanter Energieströme sowie der Raumklimadaten unerlässlich.

Mit dem Projekt „Eneff:Stadt“, das vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) gefördert wird, verfolgt die Volkswohnung das Ziel, in Karlsruhe Rintheim unterschiedliche Grade der energetischen Sanierung exemplarisch zu realisieren und deren Auswirkungen auf die Heiz- und Betriebskostenentwicklung sowie den subjektiv empfundenen Wohnkomfort zu untersuchen [1]. Vom Kooperationspartner E.ON Energieforschungszentrum der RWTH Aachen wurden dazu unterschiedliche Sanierungsszenarien ausgearbeitet sowie ein dynamisches Gebäudemodell zur Simulation relevanter Gebäudedaten entwickelt. Der Hochschule Karlsruhe kommt die Aufgabe zu, verlässliche Daten für die Validierung der Simulationsrechnungen zu liefern sowie eine erweiterte Informationsbasis für die Wohnungsverwaltung bereitzustellen. Ein wesentliches Ziel des Forschungsvorhabens ist die detaillierte,

objektive Bewertung der durchgeführten Sanierungsmaßnahmen. Insbesondere soll geklärt werden, ob die prognostizierten Einsparungsziele erreicht werden bzw. welche weiteren Optimierungen zum Erreichen der Ziele durchgeführt werden müssen.

2. Überblick über die Sanierungsmaßnahmen

Zum exemplarischen Vergleich der Sanierungsmaßnahmen wurden drei Wohngebäude mit identischen Wohnungsgrundrissen ausgewählt. Jedes Gebäude verfügt über drei Hauseingänge mit zehn Wohnungen pro Hauseingang. Die Wohnfläche von ca. 72 m² pro Wohnung teilt sich auf in Küche, Badezimmer, Wohnzimmer und zwei Schlafzimmer. Das als Referenz dienende Gebäude I wurde bereits im Jahr 2008 gemäß den bei der Volkswohnung üblichen Standards energetisch saniert. Für einen aussagekräftigen Vergleichstest unterschiedlicher Wärmedämm-, Lüftungs- und Heizungskonzepte wurden in den Gebäuden II und III vielfältige Sanierungsvarianten umgesetzt. Während die Außendämmung eines Gebäudes jeweils gleich ist, variiert die eingesetzte Anlagentechnik von Hauseingang zu Hauseingang. Die größte Vielfalt wurde in Gebäude III realisiert, das mit Vakuumisulationspaneelen gedämmt ist. Zwei Hauseingänge dieses Gebäudes verfügen über CO₂-Erdsonden und Wärmepumpen für Fußboden- bzw. Luftheizung, der dritte Hauseingang ist mit einer Deckenheizung ausgestattet, die von einer Luft-Wärmepumpe versorgt wird.

3. Konzept der Messtechnik

Im Gebäude I konnten wegen der bereits abgeschlossenen Renovierung keine zusätzlichen Kabel mehr verlegt werden. Daher wurde in diesem Gebäude nur in einem Hauseingang eine eingeschränkte, drahtlose Messtechnik installiert. Mit dieser werden Raumlufttemperatur, relative Luftfeuchtigkeit sowie Vor- und Rücklauftemperaturen der Heizkörper erfasst.

Für die Gebäude II und III hingegen konnte ein drahtgebundenes Messsystem eingesetzt werden, das ein umfassendes Monitoring mit hoher zeitlicher Auflösung ermöglicht. Dabei wird zur Übermittlung der in den Wohnräumen gemessenen Raumklimadaten ein an der Hochschule Karlsruhe entwickeltes, proprietäres Bussystem (M2-Bus) [2] eingesetzt. An einer zentralen Stelle pro Hauseingang werden die Buszweige der einzelnen Wohnungen über aktive Busweichen zusammengeführt und über einen M2-Buskoppler an einen PC angebunden. Vom zentralen PC aus werden die gemessenen Daten der einzelnen Messmodule ausgelesen und lokal zwischengespeichert. Die eingesetzte Messtechnik erlaubt dabei die Erfassung der Heizkreistemperaturen, der Raumklimaparameter sowie der Temperaturen der in den Heizzentralen der jeweiligen Hauseingänge installierten Pufferspeicher für Heizbetrieb und zur Bereitstellung von Brauchwasser.

Weiterhin werden sämtliche installierten Wärmemengenzähler zentral über den konventionellen M-Bus ausgelesen. Zur Erfassung der lokalen meteorologischen Bedingungen werden Daten mit einer auf dem Gebäude II installierten Wetterstation erfasst. Abbildung 1 zeigt die Topologie des Messsystems sowie die in den Wohnräumen erfassten Messgrößen.

Zur Integration der zahlreichen Sensoren wurde ein kompaktes modulares Wohnraum-Messmodul entwi-

ckelt, das mit einem Sockel auf eine Unterputzinstallationsdose montiert wird. Die Spannungsversorgung sowie die Busanbindung wird dabei über eine Versorgerplatine bereitgestellt, die mit den unter Putz liegenden Leitungen fest verdrahtet und in die Installationsdose eingebracht ist. Die Verbindung zum eigentlichen Messmodul findet dabei über ein Flachbandkabel statt.

Da auch die langfristige Auswirkung der Geothermienutzung auf die Erdreichtemperatur untersucht werden soll, wurden bei Gebäude III speziell angefertigte Temperatursensorkabel gemeinsam mit den CO₂-Sonden in 100 m tiefen Bohrlöchern versenkt. Dadurch wird die Messung des Temperaturtiefenprofils im Raster von 20 m möglich.

Die lokal zwischengespeicherten Messdaten werden täglich nach Mitternacht archiviert und automatisch auf einen zentralen Server zur Datenhaltung und Weiterverarbeitung übertragen. Nach einer Plausibilitätsprüfung der strukturiert abgelegten Daten werden diese in eine von der RWTH Aachen konzipierte HDF5-Datenbank geladen und stehen für die weitere Auswertung zur Verfügung [3].

4. Änderungen der Erdreichtemperatur durch Geothermie-Nutzung

Aus der immensen Fülle der erfassten Daten soll hier lediglich exemplarisch der Temperaturverlauf entlang der CO₂-Sondenbohrungen dargestellt werden. Dazu

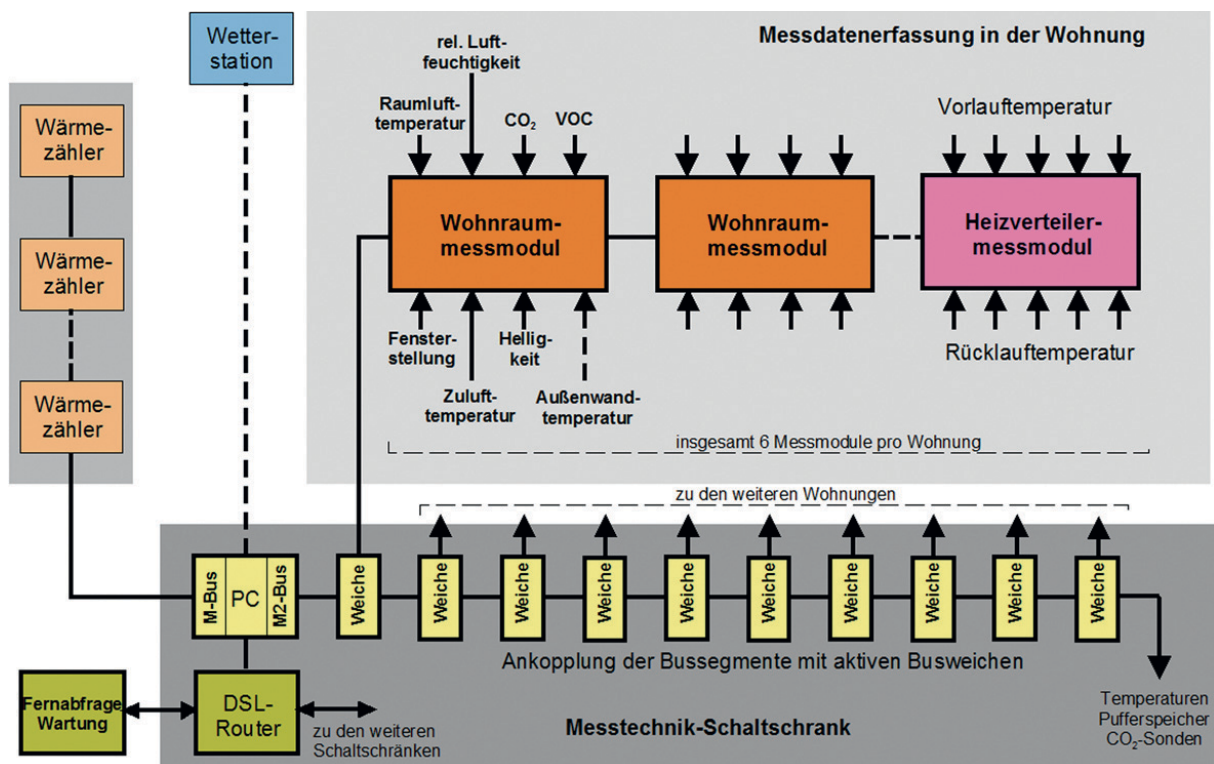


Abb. 1: Überblick über die Topologie des Messsystems und die erfassten Messgrößen

werden die Monatsmittelwerte in den Tiefen 20 m, 40 m, 60 m, 80 m und 100 m über den bisher erfassten Zeitraum von August 2010 bis Oktober 2011 in Abbildung 2 aufgetragen. Zusätzlich sind die Monatsmittelwerte der Außenlufttemperatur (ALT) eingezeichnet.

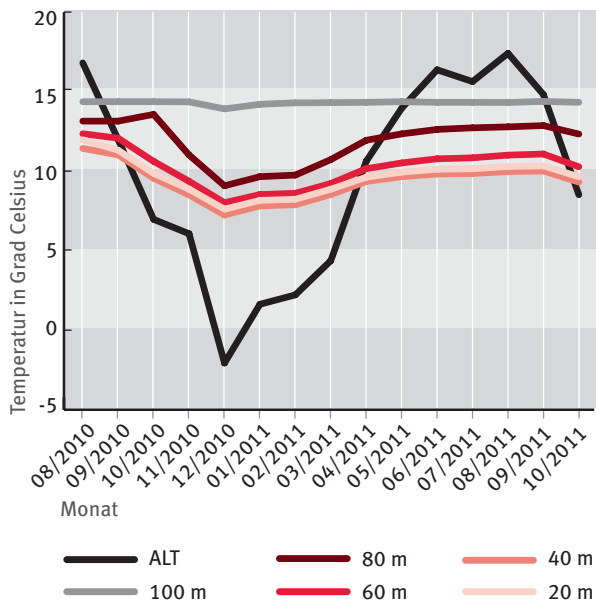


Abb. 2: Monatsmittelwerte der CO₂-Sondentemperatur in den Tiefen 20 m, 40 m, 60 m, 80 m und 100 m sowie mittlere Außenlufttemperatur (ALT)

In Abbildung 2 ist der Beginn der Heizperiode durch das Absinken der Außenlufttemperatur im September 2010 markiert. Mit dem dadurch verbundenen Wärmebedarf der Gebäude resultiert eine Abkühlung des Erdsreichs, die zunächst nur bis zu einer Tiefe von 80 m zu beobachten ist. Erst in den kältesten Tagen der betrachteten Heizperiode (Dezember und Januar) kommt es zu einer geringfügigen Temperaturabsenkung in 100 m Tiefe.

Die in den Sommermonaten einsetzende Erholung der Temperaturen wird durch den Beginn der Heizperiode im Oktober 2011 gestoppt. Bis zu einer Tiefe von 80 m ist nach dem ersten Betriebsjahr eine Absenkung der Temperatur von mehr als einem Kelvin zu beobachten. Im Rahmen der Messunsicherheit von ca. $\pm 0,4$ K ist diese Abnahme durchaus signifikant.

5. Zusammenfassung und Ausblick

Zum engmaschigen Monitoring von Energieströmen und Raumklimadaten wurde ein Messsystem realisiert, das sich derzeit im Feldeinsatz bewährt und zuverlässig umfangreiche Daten über den laufenden Betrieb der Haustechnik liefert. Allerdings ist durch die enorme Fülle der Daten deren Auswertung und Interpretation nur durch Einsatz leistungsfähiger Software-

Werkzeuge möglich. Mit der Entwicklung dieser Werkzeuge sind die Projektbeteiligten an der RWTH Aachen und der Hochschule Karlsruhe intensiv beschäftigt.

Literatur

- [1] http://www.bine.info/fileadmin/content/Publikationen/Projekt-Infos/2010/Projektinfo_01-2010/projekt_0110_internetx.pdf
- [2] M. Mössner, *Entwicklung eines Sensor-Aktor-Netzwerkes*, Diplomarbeit, Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft, 2008.
- [3] R. Jank, T. Osterhage, D. Cali, K. Wolfrum, *Neue Technologien zur Sanierung von Mehrfamilienhäusern im Praxistest: Wohnquartier Karlsruhe-Rintheim*, 15. Internationale Passivhaus-Tagung, Innsbruck, 2011, S. 109–114.

Autoren

Prof. Dr. rer. nat. Klaus Wolfrum

Professor an der Fakultät für Elektro- und Informationstechnik

Dipl.-Ing. (FH) Andreas Bloch M.Eng.

Akademischer Mitarbeiter am Institut für Angewandte Forschung

Kontakt

Prof. Dr. rer. nat. Klaus Wolfrum
Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft
Fakultät für Elektro- und Informationstechnik
Moltkestr. 30
76133 Karlsruhe
E-Mail: klaus.wolfrum@hs-karlsruhe.de

Eisbärbauten – Simulationen der physikalischen Eigenschaften von textilen Wärmedämmstoffen

Textile fabrics are characterized by their large surface, low weight and high mechanical stability. Therefore, they are suitable for various applications in the field of bionics. The present work deals with the use of textile fabrics in thermal absorber systems. Incoming solar radiation heats up thermal absorber systems and the heat is transferred to air flowing through the textile structure. At the same time, they can act as thermal insulation. For the evaluation and interpretation of these systems numerical investigations are performed.

Motivation

Die Evolution hat es der Natur in Tausenden von Jahren ermöglicht, sich optimal an Umgebungsbedingungen anzupassen. Tiere und Pflanzen haben Merkmale ausgebildet, die ihnen ein Überleben in den unterschiedlichsten klimatischen Zonen der Erde ermöglichen. In der Bionik versuchen Wissenschaftler, diese biologischen Eigenschaften verstärkt in technischen Prozessen umzusetzen und so für den Menschen nutzbar zu machen. Ein Beispiel ist die Übertragung der Eigenschaften des Eisbärfells in thermische Absorbersysteme zur Wärmedämmung und -gewinnung im Außenbereich von Gebäuden. Hierzu laufen zusammen mit dem Industriepartner TinniT Technologies GmbH und dem Institut für Textil- und Verfahrenstechnik (ITV) Forschungsarbeiten innerhalb des Projekts „Eisbärbauten“¹.

Thermische Absorbersysteme aus textilen Abstandsgeweben

Thermische Absorbersysteme bestehen aus textilen Abstandsgeweben und nehmen Wärmestrahlung auf. Sie werden auch thermische Kollektoren genannt und können als selbsttragendes Dach oder auf bestehenden Dächern eingesetzt werden. Je nach Einsatz dienen sie der Wärmergewinnung oder -dämmung. Aufgrund guter Dämmeigenschaften wird ein geringer Wärmeverlust über die Dachfläche erreicht. Dies ist während der kalten Jahreszeit eine wichtige Eigenschaft, um Energie zu sparen. Der Wärmeertrag pro Kollektorfläche spielt für die Effizienz des Kollektors eine wichtige Rolle.

Der im Rahmen des Eisbärprojekts verwendete thermische Kollektor (s. Abb. 1) setzt sich aus drei unterschiedlichen textilen Abstandsgeweben zusammen. Er wurde am Institut für Textil- und Verfahrenstechnik (ITV), Denkendorf, entwickelt.

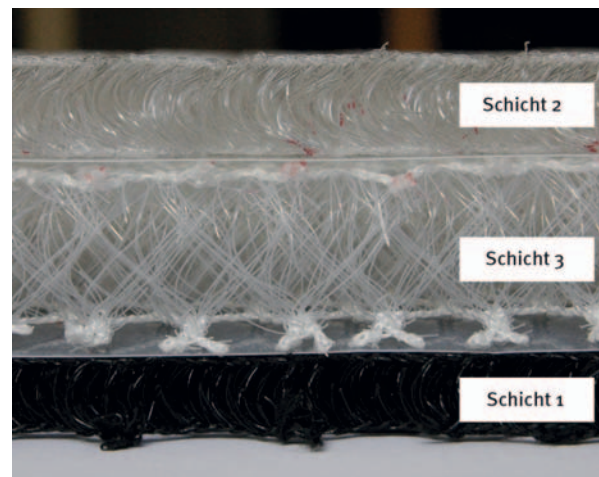


Abb. 1: Thermischer Kollektor aus textilem Gewebe

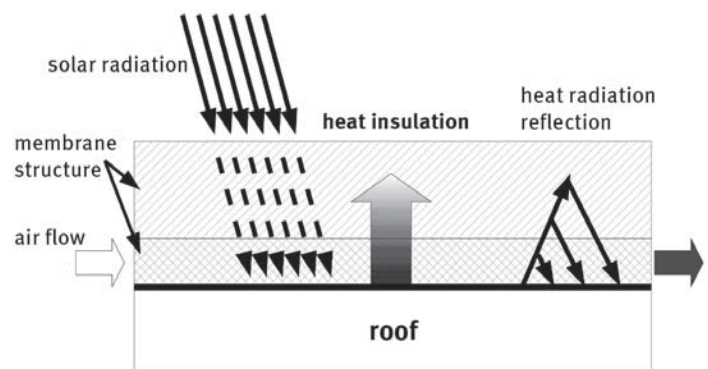


Abb. 2: Funktionsprinzip eines thermischen Kollektors

Für die Funktion von thermischen Absorbersystemen sind die in Abbildung 2 gezeigten physikalischen Prozesse entscheidend, aus denen sich fünf zu optimierende Eigenschaften ableiten lassen:

- Die solare Strahlung soll transmittiert werden.
- Die Wärmestrahlung vom Dach und der erwärmten Struktur soll reflektiert werden.
- Das textile Gewebe soll eine geringe Wärmeleitung aufweisen.

¹ Forschungsprojekt gefördert durch: Europäischer Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) – Projekt Umwelttechnik des Ministerium für Umwelt, Naturschutz und Verkehr Baden-Württemberg

- Die durchströmende Luft soll Wärme aus dem textilen Gewebe aufnehmen.
- Der Druckverlust beim Durchströmen der Struktur soll gering sein.

Um textile Kollektoren in Bezug auf diese Eigenschaften zu bewerten und daraus ableitend ein gesamtes thermisches Absorbersystem auszulegen, eignen sich numerische Simulationen, die auf Grundlage der Gewebestrukturen die Wärmeleitung und das Strömungsverhalten vorhersagen.

Preprocessing

Zur Vorbereitung der Simulationen wurden zunächst mit der Software Pace3D des Institute of Materials and Processes (IMP) an der Hochschule Karlsruhe Modelle für die drei Schichten des thermischen Kollektors aus Abbildung 1 erstellt. Für die Generierung der Gewebestruktur innerhalb der untersten Schicht wurden drei Faserelemente modelliert und zur Gesamtstruktur in Abbildung 3 zusammengefügt. Die mittlere und obere Schicht wurden analog erstellt, wobei sich die einzelnen modellierten Faserelemente unterscheiden.

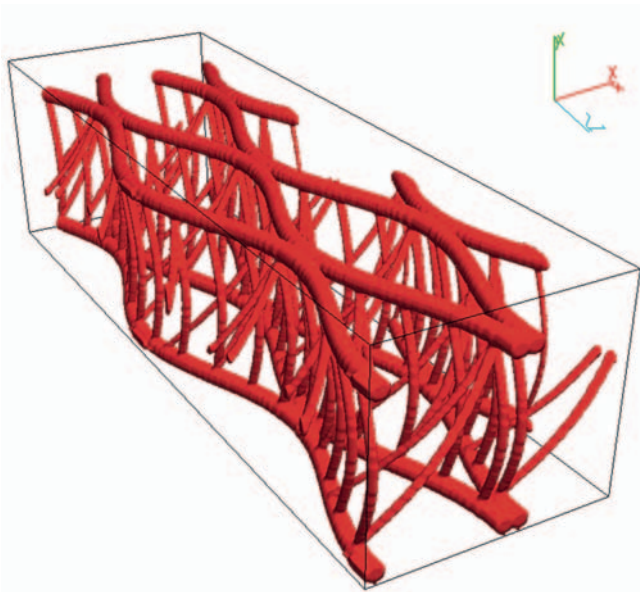


Abb. 3: Unterste Schicht des thermischen Kollektors

Für realitätsnahe Simulationen der physikalischen Vorgänge in den textilen Strukturen sind ein exaktes Geometriemodell und eine ausreichend feine Diskretisierung notwendig. Dies führt zu einer großen Anzahl an Berechnungszellen und lässt nur die Betrachtung kleiner Strukturausschnitte zu.

Für die technische Auslegung von thermischen Absorbersystemen ist allerdings die simulative Ab-

bildung der kompletten Systeme notwendig. Dabei handelt es sich um große Flächen textiler Gewebe. Aufgrund der begrenzten Rechenkapazität können die einzelnen Strukturen nicht mehr im Detail aufgelöst werden. Um die physikalischen Prozesse in den Strukturen dennoch realitätsnah abzubilden, werden die textilen Gewebe als poröse Strukturen mit effektiven Materialdaten betrachtet. Diese effektiven Kenngrößen können anhand der numerischen Berechnungen der exakt aufgelösten Mikrostrukturmodelle ermittelt werden.

Simulationen

Mittels der diskretisierten Modelle wurden Simulationen zur stationären Wärmeleitung, zum konvektiven Wärmeübergang und zum Druckverlust durchgeführt.

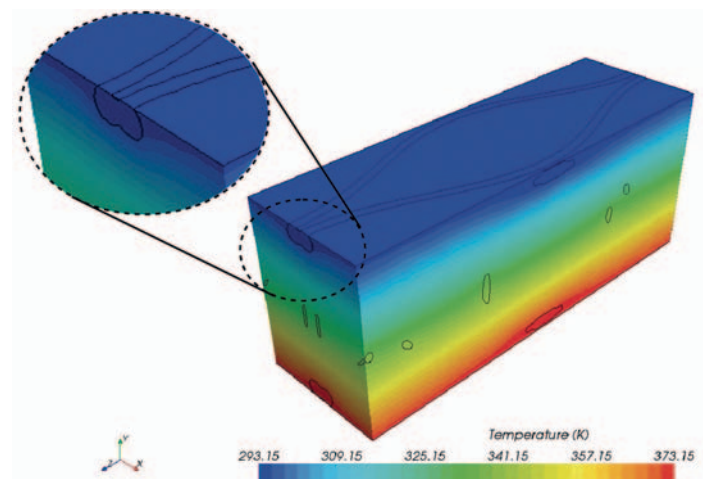


Abb. 4: Stationäre Temperaturverteilung für die unterste Schicht

Abbildung 4 zeigt das Ergebnis der stationären Wärmeleitung für die unterste Schicht des thermischen Kollektors. Die Polymerfasern beeinflussen die Wärmeleitung über die Struktur. Im Bereich der unteren und oberen Deckstruktur wird die Temperaturschichtung aufgebrochen, wie der Ausschnitt in Abbildung 4 als Vergrößerung darstellt. Dazwischen stellt sich eine relativ gleichmäßige Temperaturverteilung ein.

Mittels des stationären Temperaturverlaufs über die Strukturhöhe lässt sich eine effektive Wärmeleitfähigkeit λ_{eff} berechnen. Die Berechnung für die unterste Schicht ergab mit der kommerziellen Software StarCCM+ $\lambda_{\text{eff,StarCCM+}} = 40,2 \cdot 10^{-3} \text{ W/(K m)}$ und mit Pace3D $\lambda_{\text{eff,Pace3D}} = 38,1 \cdot 10^{-3} \text{ W/(K m)}$. Die Abweichung der ermittelten effektiven Wärmeleitfähigkeiten ist mit 5,2 % sehr gering. Die darüber hinaus gefundene Übereinstimmung der Temperaturverteilung zeigt, dass Pace3D und StarCCM+ bezüglich der Ergebnisse der stationären Wärmeleitfähigkeit gleichwertig sind.

Vergleichbare Simulationen wurden auch für die mittlere und obere Schicht des Kollektors durchgeführt. Mit den drei effektiven Wärmeleitfähigkeiten lässt sich eine effektive Wärmeleitfähigkeit für den gesamten thermischen Absorber berechnen. Sie beträgt $\lambda_{\text{eff,ges}} = 34,4 \cdot 10^{-3} \text{ W/(K m)}$ und ist um 28 % größer als die Wärmeleitfähigkeit reiner Luft. Der thermische Kollektor besitzt somit gute Wärmedämmeigenschaften.

die Strömung ist größer als die Wärmeleitung in den Gewebefasern. Folglich erwärmt sich ein Großteil der Struktur nicht. Die Wärme wird im unteren Bereich vom durchströmenden Fluid vollständig abtransportiert. In der technischen Anwendung bei Gebäuden wird die unterste Schicht mittels Strahlung erwärmt. Es ist daher von einer gleichmäßigen Erwärmung auszugehen, die einen höheren Wärmeübergang bewirkt.

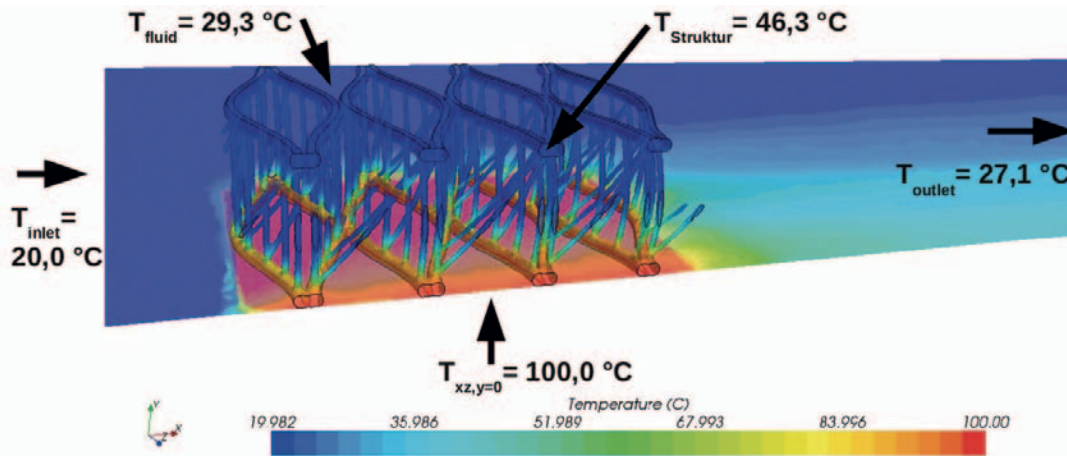


Abb. 5: Temperaturverteilung im Kanal und in den textilen Fasern

Die effektiven Werte können zur Auslegung kompletter thermischer Absorbersysteme eingesetzt werden. Dazu wird die Struktur nicht aufgelöst, sondern als poröses Material mit entsprechender effektiver Wärmeleitfähigkeit betrachtet.

In einer weiteren Simulation mit StarCCM+ wurde die Gewebestruktur erwärmt und durchströmt, um den konvektiven Wärmeübergang zu untersuchen. Abbildung 5 zeigt die stationäre Temperaturverteilung in einem Kanalausschnitt und in den textilen Fasern. Mit den Simulationsdaten konnte der Wärmeübergang von der textilen Struktur auf das Fluid bzw. der Wärmeübergangskoeffizient berechnet werden. Es ergibt sich ein mittlerer Wärmeübergangskoeffizient von $\alpha = 45,8 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$. Zum Vergleich beträgt der Wärmeübergangskoeffizient für eine überströmte, beheizte Platte $\alpha = 22,0 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$. Durch die Struktur wird der Wärmeübergang in die Strömung deutlich erhöht. Dies ist technisch von großem Interesse, da die Wärme in der Struktur durch die durchströmende Luft abtransportiert werden soll, um zum Beispiel in einem Latentwärmespeicher gespeichert zu werden.

In Abbildung 5 ist zu erkennen, dass die Wärme vorwiegend im unteren Bereich des Kanals in die Strömung eingetragen wird. Auch die Gewebestruktur zeigt nur eine Erwärmung im unteren Drittel. Die Berechnung der Biot-Zahl ergab $Bi=1,4$. Der Wärmeübergang in

Das Durchströmen des Gewebes führt zu einem erhöhten Druckverlust, der von Ventilatoren überwunden werden muss. Aus diesem Grund wurde die Struktur so konstruiert, dass sich in Durchströmungsrichtung Kanäle ausbilden und sich somit der Strömungswiderstand verringert. Die Geschwindigkeitsvektoren in Abbildung 6 zeigen die Umströmung der einzelnen Fasern.

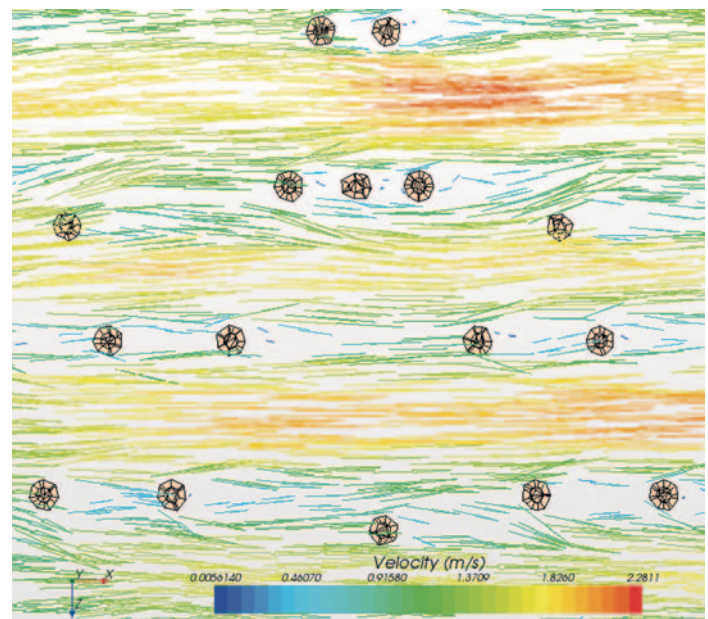


Abb. 6: Strömungsprofil in der xz-Ebene, dargestellt durch Geschwindigkeitsvektoren

Zusammenfassung

Mit Pace3D wurden Modelle des textilen Abstandsgewebes erstellt. Sie ermöglichen es, mit entsprechenden Mikrostruktursimulationen die physikalischen Prozesse in den Strukturen nachzubilden. Mit den gewonnenen Ergebnissen können zielgerichtete Aussagen über die Auswirkungen der strukturellen Eigenschaften auf die Wärmeleitung und auf die Strömungsvorgänge gemacht werden. Für die Bestimmung der Zusammenhänge ist ein möglichst exaktes Abbild des Gewebes notwendig. Ausgehend von diesen detaillierten Analysen lassen sich effektive Ersatzwerte und dimensionslose Kennzahlen für die Strukturen berechnen. Diese ermöglichen es, komplette Systeme thermischer Absorber auszulegen und zu berechnen.

Autoren

**Dipl.-Ing. Matthias Römmelt und
Dr. Anastasia August**

Akademische Mitarbeiter am Institute of Materials
and Processes (IMP)

Dipl.-Ing. Aron Kneer
TinniT Technologies GmbH

Dr. Thomas Stegmaier
ITV Denkendorf

Prof. Dr. Britta Nestler
Professorin an der Fakultät für Informatik und Wirtschaftsinformatik und Leiterin des IMP

Kontakt

Prof. Dr. Britta Nestler
Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft
Fakultät für Informatik und Wirtschaftsinformatik
Moltkestraße 30
76133 Karlsruhe
E-Mail: britta.nestler@hs-karlsruhe.de
Telefon: 0721 925-1504



Bruker: Your Solution Partner

Performance Leading Analytical Technologies

- Magnetic Resonance
- X-ray and Microanalysis
- Vibrational Spectroscopy
- Mass Spectrometry
- Chemical Analysis

Discover our latest innovations and expanding
portfolio of analytical technologies

www.bruker.com

Innovation with Integrity

Scientific Analysis

Aufbau eines Prüfstands zur Vermessung des Wärmeübergangsverhaltens von Metallschaum

Metal foams are functionally engineered materials, inspired by the structures of natural materials such as bones or plants. Open cell metal foams exhibit a permeable structure and a large interfacial surface area. Its low mass and large surface area make the fast and efficient transfer of thermal energy possible which has interesting applications for a variety of products. In order to make these materials and their characteristic properties available for practical engineering applications using correlations or design models, experimental and numerical studies are being conducted within the SimFoam research project at the Karlsruhe University of Applied Sciences. These studies have lead to the design and construction of a test facility for measuring the characteristic thermal properties of heat transfer for open cell metal foams.

Einleitung und Zielsetzung

Die aktuelle Diskussion über die Energiepolitik zeigt, dass sowohl bei der Energieerzeugung als auch -einsparung sehr viel Potenzial vorhanden ist. Insbesondere die Energieeinsparung – Energieeffizienz – nimmt einen großen Bereich in der aktuellen und zukünftigen Forschungslandschaft ein und muss auch am Anfang eines vernünftigen nachhaltigen Wachstums in der Energiepolitik stehen [1].

Ein mögliches Einsatzgebiet für Metallschaum ist die Verwendung in Wärmespeichern, wobei der Metallschaum den Transport der Wärme auch in die entlegensten Bereiche des Speichers garantiert, da in der Regel das eigentliche Speichermedium keine guten Wärmetransporteigenschaften aufweist.

Der hier vorgestellte Prüfstand soll das Wärmeübergangsverhalten bestimmen, da in diesem Bereich nahezu keine Daten existieren. Der Prüfstand ist so aufgebaut, dass die bewerteten Daten die Formulierung von Korrelationen (z. B. Nusselt-Korrelationen) erlauben, die für die Aufnahme in entsprechende Datenbanken (z. B. VDI-Wärmeatlas) geeignet sind. Das Projekt SimFoam wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung im Rahmen des Förderprogramms FHProfUnt gefördert sowie fachlich und finanziell durch die TinniT Technology GmbH und m-pore GmbH unterstützt.

Dimensionierung, Entwurf und Konstruktion

Aufbauend auf Vorarbeiten in [2], [3] und [4] wurden Projektierung, Dimensionierung und Entwurf des Prüfstands unter Berücksichtigung des beschriebenen Anwendungsfalls und in enger Abstimmung mit den Projektpartnern durchgeführt. Für den Aufbau und die Funktionsweise der Versuchseinrichtung wurden folgende Vorgaben vereinbart:

- Die Versuchseinrichtung muss die thermische und strömungsmechanische Vermessung von beheizten und durchströmten Metallschaumproben erlauben.
- Der Aufbau muss so flexibel sein, dass Proben unterschiedlicher Länge vermessen werden können.
- Es wird ein runder Rohrleitungsquerschnitt gewählt. Zum einen können hierdurch Material- und Fertigungskosten gespart werden, da Standardrohrleitungselemente für den Aufbau zum Einsatz kommen, und zum anderen werden Sekundärströmungseffekte vermieden, wie sie in rechteckigen Querschnitten auftreten.
- Untersucht werden u. a. die technisch interessanten Bereiche möglichst hoher Re-Zahlen.
- Der Versuchsträger soll zunächst stationäre, später auch instationäre Untersuchungen ermöglichen.
- Grundlegende Untersuchungen [5, 6] bildeten die Grundlage für eine Dimensionierung der Proben sowie der Prüfstands-ausrüstung, die einen einwandfreien Betrieb erlauben.

Mess- und Regelungstechnik

In Abbildung 1 ist eine schematische Darstellung der applizierten Messtechnik dargestellt. Um die Druck- und Geschwindigkeitsprofile in der Zu- und Abströmung der Metallschaumproben zu erfassen, werden Druckaufnehmer sowohl im Zu- als auch im Auslauf der Versuchseinrichtung vorgesehen. Hier werden jeweils statischer Druck und Totaldruck an unterschiedlichen radialen Positionen gemessen. Auch werden jeweils im Zu- und Auslauf der Versuchseinrichtung die Temperaturprofile erfasst. Im Bereich der Probe werden der Differenzdruck sowie die Temperaturen der beheizten Metallschaumproben gemessen. Der

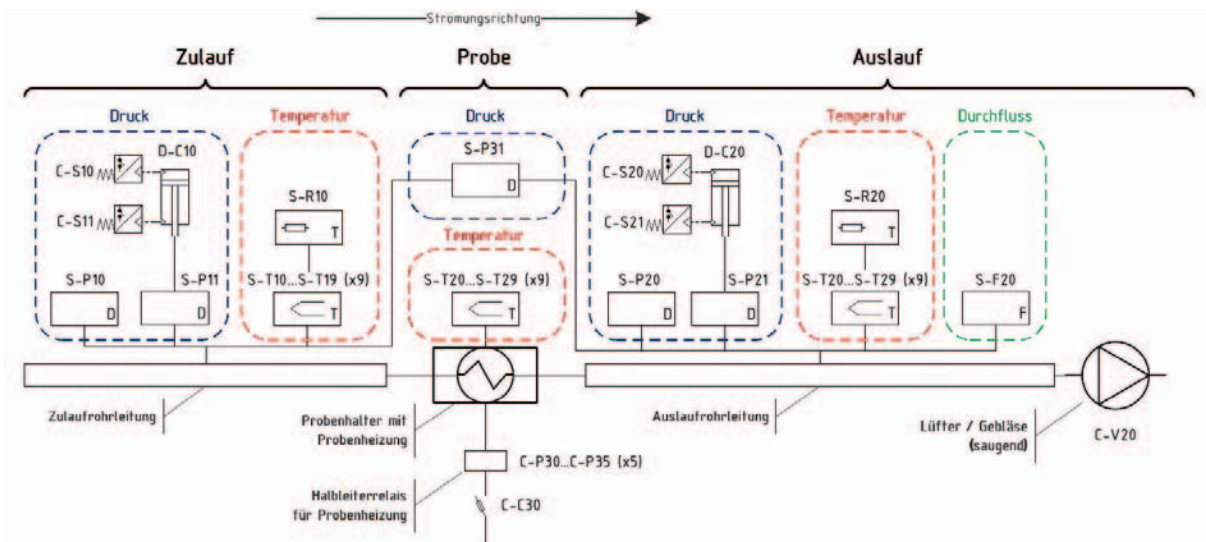


Abb. 1: Schematische Darstellung der Versuchseinrichtung und der applizierten Messtechnik

Durchfluss wird im Auslauf der Versuchseinrichtung gemessen, wo auch das Gebläse in saugender Anordnung angebracht ist. Zusätzlich zu den Messstellen am Prüfstand wird der Umgebungszustand (Druck, Temperatur und relative Feuchte) erfasst.

Metallschaumproben und Probenaufnahme

Die Probenkörper bestehen aus einem zylindrischen Mantel als Übertragungsfläche zwischen Wärmequelle und Probe, in dessen Innern sich der stofflich fest verbundene – eingegossene – Metallschaum befindet (s. Abb. 2 b). Damit die Vermessung von Proben unterschiedlicher durchströmter Längen möglich ist, wurden die Einzelproben und die Probenaufnahme der Versuchseinrichtung so konstruiert, dass diese modular zusammengesetzt werden können. Auf diese Weise

können Proben mit einem Durchmesser von 40 mm und der unterschiedlichen Längen von 20, 40, 60, 80 und 100 mm vermessen werden (s. Abb. 2 a).

Traversiereinrichtung

Für die Druckmessung im Zu- und Auslauf des durchströmten Kanals ist die Vermessung des Druckprofils über den Kanalquerschnitt gewünscht. Für diese Aufgabe wurde eine Traversiereinrichtung entwickelt, die es erlaubt, eine Drucksonde in radialer Richtung des Strömungskanals mechanisch zu positionieren (s. Abb. 3). Zusätzlich wird der statische Druck gemessen, und man erhält so das radiale Geschwindigkeitsprofil vor und nach den Metallschaumproben.

Temperaturmesskamm, Datenerfassung und Versuchsdurchführung

Für die Temperaturmessung kommt ein Temperaturmesskamm mit mehreren Thermoelementen zum Einsatz. Analog zur bereits vorgestellten Traversiereinrichtung wurde der Messkamm als eigenes Modul zum Einbau in die Messstrecke ausgeführt (s. Abb. 4).

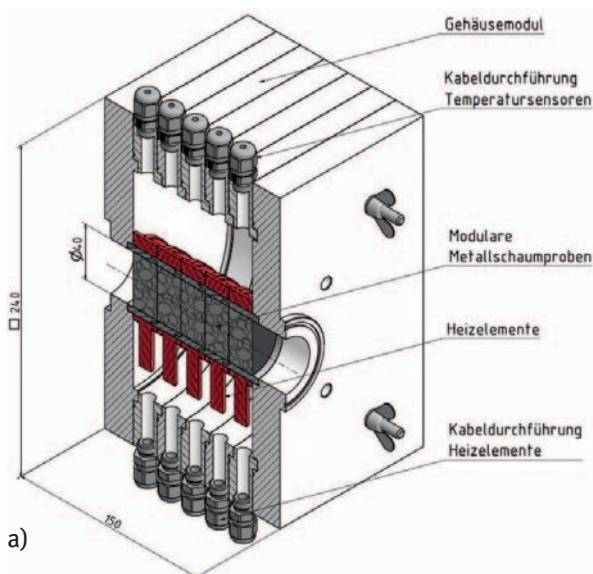


Abb. 2: Probenaufnahme (a) mit Proben und Heizelementen sowie Gehäusemodulen (b).

Jeder Erfolg hat seine Geschichte.



BOSCH

Technik fürs Leben

Für Talente – ein exzellenter Start

„Made by Bosch“ steht für erstklassige Qualität eines Global Players. Profitieren Sie in einem international ausgerichteten Unternehmen von vielfältigen attraktiven Karrierechancen. Der Geschäftsbereich „Chassissysteme“ ist seit Jahren Vorreiter für innovative Technik und Qualität. Unser Standort Abstatt bei Heilbronn ist Sitz des Bereichsvorstands und Entwicklungszentrum für alle Chassissysteme wie z. B. ABS, ASR und ESP. Um unsere ehrgeizigen Ziele in die Tat umsetzen zu können, brauchen wir begeisterte Talente, die unsere Leidenschaft für Innovationen teilen. Hochschulabsolventen/-innen der **Ingenieur-, Natur- oder Wirtschaftswissenschaften** bieten wir individuelle Einstiegsmöglichkeiten, z. B. in Entwicklung, Applikation, Technischem Vertrieb oder Controlling. Mit der notwendigen fachlichen und sozialen Kompetenz starten Sie als Direkteinsteiger in Abstatt und übernehmen von Beginn an Verantwortung in einem

Projekt oder in einer unserer Fachabteilungen. Oder wir unterstützen Sie aktiv durch unser PreMaster Programm auf dem Weg zum Mastertitel – mit einer Kombination aus anspruchsvoller Praxis und fachspezifischem Know-how. Auch Studenten/-innen ermöglichen wir, durch Praktika, studienbegleitende Tätigkeiten oder Abschlussarbeiten die Praxis hautnah kennen zu lernen.

Jeder Erfolg hat seinen Anfang. Bewerben Sie sich jetzt online unter www.bosch-career.de

Robert Bosch GmbH
Personalabteilung Abstatt

www.bosch-career.de

**Bachelor und Master:
Herzlich willkommen!**

SAP-Integrationen nach Maß



Die DSC Software AG entwickelt und entwirft als Software- und Beratungsspezialist innovative Lösungen und Konzepte, um Produktinformationen in Unternehmen durchgängig nutzen zu können. Die Lösungen erweitern den Leistungsumfang von SAP in den Bereichen Product Lifecycle Management und Dokumenten-Management.

Die DSC Software AG bietet viele Möglichkeiten für engagierte, interessierte Schüler und Studenten.

- **Studentische Hilfskräfte**
- **Praktikas**
- **Ferienjobs**

Neugierig? Fragen? Einfach per E-Mail an klaudia.klinkner@dscsag.com

Wir freuen uns auf Euch!



DSC Software AG | Am Sandfeld 17 | 76149 Karlsruhe | www.dscsag.com



HYDRO Systems KG

+49 (0) 7835 787-0

www.hydro.aero

In den Bereichen Maschinenbau, Elektrotechnik
und Wirtschaftsingenieurwesen suchen wir:

HOCHSCHULABSOLVENTEN BACHELOR- UND MASTERSTUDENTEN

Stark. Weltweit. Führend. Flugzeugbodengeräte (GSE) und Werkzeuge von HYDRO sind die erste Wahl, wenn es um den Bau und die Wartung von Flugzeugen oder Triebwerken geht. Als Marktführer mit weltweiter Präsenz beschäftigen wir fast 450 Mitarbeiter in Entwicklung sowie Produktion und sind auf Expansionskurs.

Bewerben Sie (m/w) sich unter: jobs@hydro.aero
und werden Sie Teil unserer erfolgreichen Crew!



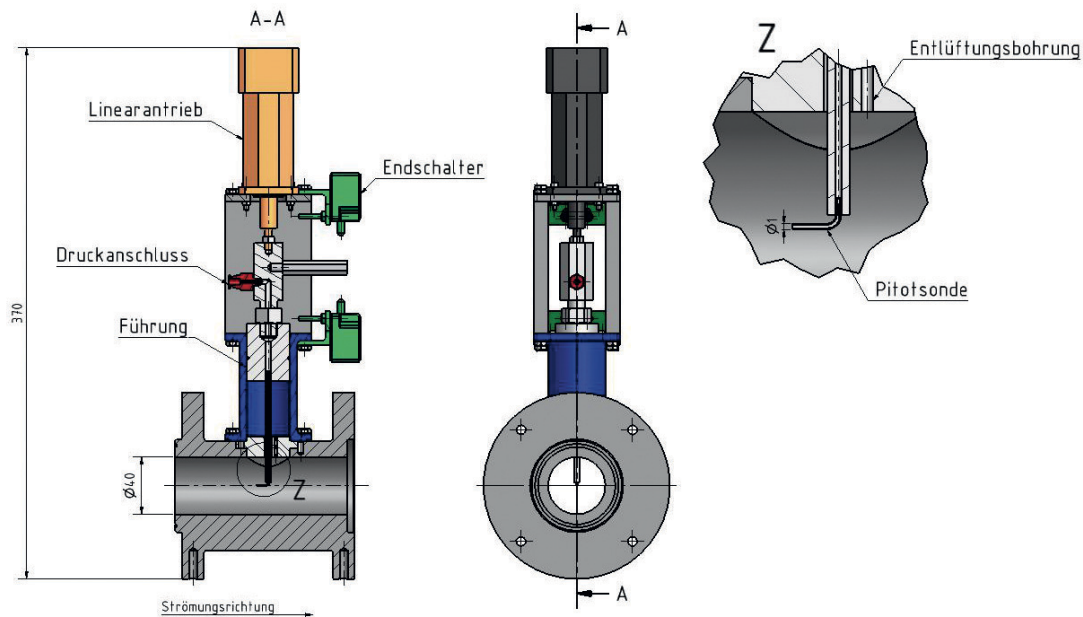


Abb. 3: Drucksonde mit Traversiereinrichtung

Für die Datenerfassung, Temperaturregelung und Steuerung der Traversiereinrichtung wird die Software Lab-View zusammen mit der Hardware von National Instruments eingesetzt. Die Steuerung des Prüfstands erlaubt es, vollautomatisch eine vorgegebene Folge von Messpunkten durch die Traversiereinrichtung anzufahren und synchron alle erforderlichen Messwerte aufzunehmen.

Für die wahlweise Regelung des zugeführten Wärmestroms bzw. einer konstanten Wandtemperatur entlang der Metallschaumproben werden die maximal fünf Heizelemente einzeln über Halbleiterrelais angesteuert,

was für eine konstante Temperatur über die Länge der Metallschaumproben sorgt.

Die fertiggestellte Versuchseinrichtung kann schließlich folgende Betriebs- bzw. Messbereiche abdecken:

- Metallschäume von 10, 20 und 30 ppi in Längen von je 20, 40, 60, 80 und 100 mm
- Durchfluss entsprechend der Reynoldszahlen zwischen 100 und 50.000
- Heizleistung von max. 2,35 kWel

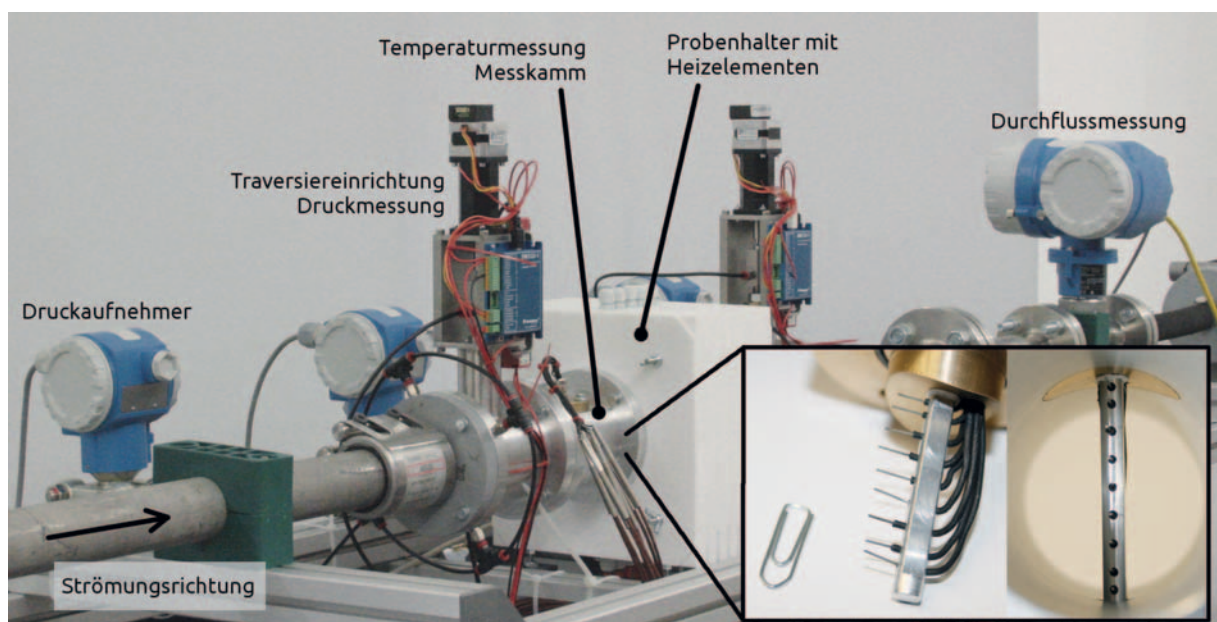


Abb. 4: Gesamtansicht der montierten Prüfstandskomponenten

Dabei werden zunächst in stationären Versuchen die Druckverluste für die unterschiedlichen Porositäten über den gesamten möglichen Betriebsbereich erfasst. Darüber hinaus werden die Wärmeübertragungseigenschaften in Form von Nusselt-Zahlen ermittelt, die sich dann in Abhängigkeit der Reynolds- oder Peclet-Zahl darstellen lassen.

Zusammenfassung und Ausblick

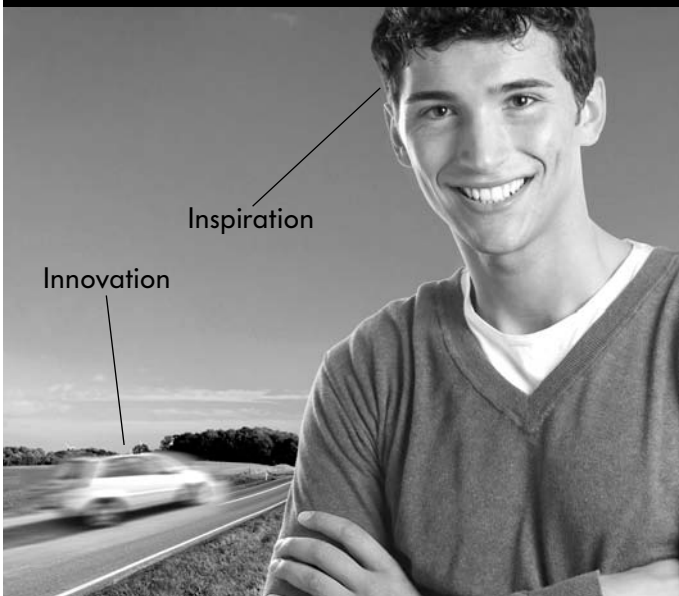
Im vorliegenden Artikel wurden die wichtigsten Aspekte und Bestandteile der für das Projekt SimFoam entwickelten Versuchseinrichtung dargestellt. Der Prüfstand wurde gefertigt und montiert und konnte bereits erfolgreich in Betrieb genommen werden. Auch die experimentellen

Untersuchungen werden bis Mitte 2012 abgeschlossen. Weitere Veröffentlichungen zur Modellierung und Simulation des Wärmeübergangs in Metallschäumen sowie zu den Ergebnissen der experimentellen Untersuchungen im Rahmen des Forschungsprojektes SimFoam werden künftig folgen.

Literatur

- [1] E.U. von Weizsäcker, *Das große Ablenkungstheater*, Die Zeit, Ausgabe 26, 2011.
- [2] N. Catakli, *Recherche zur Sammlung von Informationen bezüglich der Vermessung des Wärmeübergangs in Metallschäumen*, Abschlussarbeit, Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft, 2008.
- [3] S. Hess, *Konstruktion eines Prüfstandes zur Vermessung der Wärmeleitfähigkeit von Metallschaum*, Projektarbeit, Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft, 2008.
- [4] F. Neubrand, Projektarbeit M2M72, Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft, 2008.
- [5] D. Girlich, C. Kühn, K. Hackenschmidt, *Berechnung des Druckverlustes für offenporige Metallschäume*, in: Konstruktion, Heft 4, 2004.
- [6] D. Girlich, K. Hackenschmidt, C. Kühn, *Bestimmung des konvektiven Wärmeübergangs offener Metallschäume*, in: Konstruktion, Heft 1/2, 2005.

BorgWarner sucht Autopioniere



Sie wollen etwas bewegen? Dann starten Sie bei uns durch. Als **Maschinenbau- oder Wirtschaftsingenieur/in** bei BorgWarner bestimmen Sie die Zukunft des Automobils mit Ihren Ideen maßgeblich mit.

Turbolader und Doppelkupplung, Zündkerze und Kühlpumpe, Allradantrieb und Abgasrückführung – ohne uns läuft nichts beim Auto. Mit Produktionsstätten und Entwicklungszentren in 18 Ländern sind wir der führende Automobilzulieferer im Antriebsbereich. Weltweit stecken unsere Produkte in jedem zweiten PKW und Nutzfahrzeug. Auch als Arbeitgeber sind wir an der Poleposition: Es erwarten Sie anspruchsvolle Aufgaben, viel Gestaltungsspielraum, flache Hierarchien und exzellente Entwicklungsmöglichkeiten.



www.borgwarner.com

feel good about driving

Autoren

Dipl.-Ing. (FH) Jörg Ettrich M.Sc.

Akademischer Mitarbeiter am Institute of Materials and Processes

Prof. Dr.-Ing. Eckhard Martens

Professor an der Fakultät für Maschinenbau und Mechatronik

Kontakt

Dipl.-Ing. (FH) Jörg Ettrich M.Sc.

Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft

Institute of Materials and Processes

Telefon: 0721 925-2343

E-Mail: joerg.ettrich@hs-karlsruhe.de

Netzlastprognose unter Verwendung von Extremwertverteilungen

The liberalization of the EU energy market as well as laws and provisions concerning climate protection – especially the Renewable Energy Act (EEG) pose a challenge for the energy market. This has resulted in more decentralized electricity generation with growing feedings of private households. To guarantee the availability of the power grid, smart grids should help to coordinate all involved actors (suppliers, storage, operators and ultimate consumers). Therefore it is essential to have a reliable estimation of the grid load. Accurate forecasts enable network operators to reduce costs by optimized trading and generation schedules. The presented extreme-value based method shows good results for various network operators in the short term estimation with identical parameterization. The method used was prototypically implemented in java with a relational database.

In ihrer Zusammenstellung referenzieren Alfares und Nazeruddin [1] über 100 Artikel zu Lastprognosen, die in der Regel komplexe und individuell zu parametrisierende Methoden wie Autoregressionsmodelle, neuronale Netze oder Fuzzy-basierte Systeme beschreiben. Diese Modelle müssen in der Regel manuell parametrisiert oder trainiert werden und sind daher mit hohem Aufwand und Kosten verbunden.

Das hier vorgestellte Top-down-Lastprognoseverfahren liefert in der Grundparametrisierung sowohl für ein zufällig ausgewähltes Stadtwerk sowie für den größten Netzbetreiber TenneT TSO GmbH kurzfristige Prognosen mit einem mittleren Prognosefehler (MAPE – mean absolute percental error) im Jahresdurchschnitt von unter 6 % für einen Prognosehorizont von einem Tag bzw. unter 8 % bei sieben Tagen. Durch die Robustheit dieses Prognoseverfahrens und der nicht erforderlichen kundenspezifischen Parametrisierung ist die Bereitstellung dieses Verfahrens als Cloud-Service denkbar. Die dadurch erreichbare Flexibilität und Rechenleistung würde auch eine Bottom-up-Betrachtung auf Einzelkundenebene, etwa für Großabnehmer, ermöglichen.

Methode und Vorgehensweise

Für das extremwertbasierte Lastprognoseverfahren (Legende: ACM) werden ausschließlich historische Lastverlaufsdaten herangezogen. Auf aufwendige Schätzungen mit expliziter Verwendung von Temperaturvorhersagen, Konjunkturprognosen und Ferienzeiten wurde verzichtet, da diese Daten in der Lasthistorie implizit enthalten sind. In vorherigen Zeitreihenuntersuchungen wurde gezeigt, dass sich der Lastverlauf gleicher Wochentage ähnelt (vgl. [2]) und das Lastniveau durch den letzten bekannten Energieverbrauch bestimmt werden kann.

Wie im Energiesektor üblich, zeigt Abbildung 1 den Tageslastgang in 96 Viertelstundenabschnitten mit deutlich sichtbaren Lastverschiebungen am Wochenende. Für jede dieser Viertelstunden wird mittels genetischem Algorithmus eine Verteilungsfunktion geschätzt und in Abhängigkeit des gewünschten Bezugstags (day-ahead, week-ahead ...) wird durch eine weitere Verteilungsfunktion das Lastquantil automatisch ermittelt.

In ihrer Untersuchung der vier großen Netzbetreiber haben Swider et al. [3] gezeigt, dass „die untersuchten vertikalen Netzlastdaten nicht der Normalverteilungshypothese genügen“. Um auch Lastspitzen modellieren zu können, wird bei der vorliegenden Methode die generalisierte Extremwertverteilung eingesetzt. Bekannte statistische Verfahren wie der Kolmogorov-Smirnov-Test und der Regressionskoeffizient R^2 haben die Anpassungsgüte bestätigt.

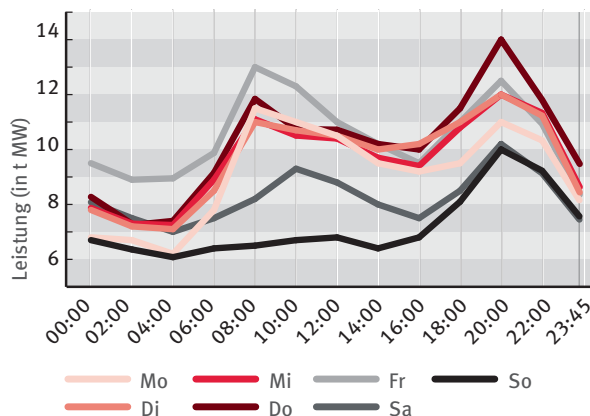


Abb. 1: Tageslastgangkurve

$$H(x) = \exp\left(-\left(1 + \xi \frac{(x - \mu)}{\beta}\right)^{-\frac{1}{\xi}}\right)$$

μ Ortsparameter
 ξ Gestaltungsparameter
 β Skalenparameter

Dichtefunktion der verallgemeinerten Extremwertverteilung

Daten und Ergebnisse

Als exemplarische Testdaten wurden die von E.ON Netz GmbH veröffentlichten Lastverlaufsdaten des Gesamtnetzes vom 01.01.2010 bis 29.09.2011 verwendet [4].

Neben dem MAPE werden als Gütekriterien für die Lastprognose der ME (mean error) sowie der MAE (mean absolute error) berechnet.

	ACM day-ahead	ACM week-ahead
September 2011		
ME	-15 MW	-137 MW
MAE	562 MW	674 MW
MAPE	5,57 %	6,96 %
02.09.2011		
ME	-170 MW	-466 MW
MAE	254 MW	665 MW
MAPE	2,46 %	5,89 %

Tab. 1: Gegenüberstellung der Gütekriterien für September 2011 und den 02.09.2011

In Abbildung 2 und 3 sind die Ist-Daten und Ergebnisse für die Prognosehorizonte *ein Tag* und *eine Woche* abgebildet. Tabelle 1 zeigt exemplarisch die unterschiedlichen Gütekriterien für den 02.09.2011 und den gesamten September 2011. Im September wird in der Week-ahead-Prognose durchschnittlich ein MAPE von 6,96 % erreicht, der in der Day-ahead-Prognose auf 5,57 % verbessert werden kann. Der deutlich unter dem MAE liegende ME im vorgestellten Verfahren bestätigt,

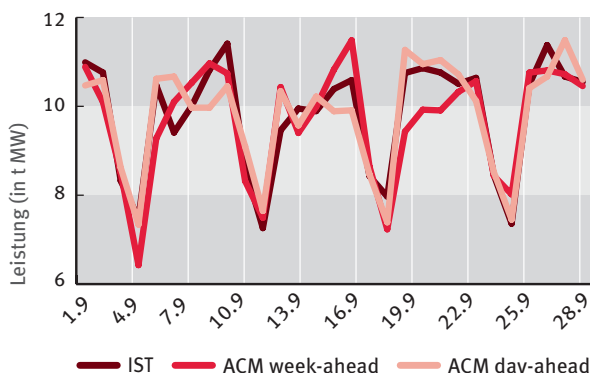


Abb. 2: Lastverlauf und Prognose September 2011

dass die Prognose nah an den tatsächlichen Werten liegt und den Lastverlauf nicht konsequent über- oder unterschätzt. In weiteren Tests wurde gezeigt, dass sich verschiedene Lastverläufe diverser anderer Netzgesellschaften von Stadtwerken sowie von Übertragungsnetzbetreibern ähnlich gut prognostizieren lassen.

Optimierte Lastprognosen sind für Energieversorger durch Senken von Opportunitätskosten (Ausgleichsenergie) sowie optimierten Handel und Kraftwerkseinsatzplanung wirtschaftlich interessant.

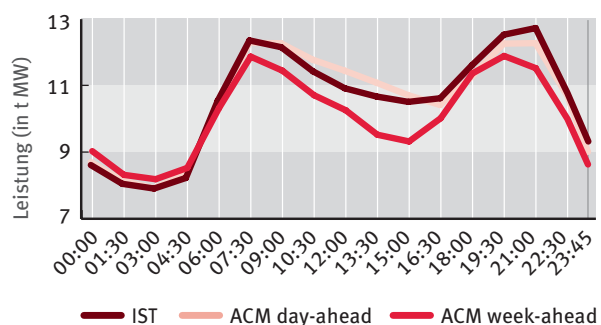


Abb. 3: Tageslastverlauf und Prognose 02.09.2011

Fazit

Am Beispiel des Lastverlaufs der E.ON Netz GmbH wurde gezeigt, dass der Einsatz automatisch parametrisierter, extremwertbasierter Prognoseverfahren allein auf Basis historischer Lastdaten zu guten Ergebnissen bei der kurzfristigen Lastprognose führt.

Da eine aufwendige kundenspezifische Parametrisierung entfällt, ist dieses Verfahren für den Anwender mit geringem Implementierungs- und Wartungsaufwand verbunden. Zusätzlich kann durch ein Backtesting bei vorhandener Lasthistorie die zu erwartende Prognosegüte leicht abgeschätzt werden.

Literaturverzeichnis

- [1] H.K. Alfares, M. Nazeruddin, *Electric load forecasting: literature survey and classification of methods*, in: International Journal of Systems Science, (33) 2002, p. 1.
- [2] D.J. Swider, et al., *Verteilungsdichteprognose von Netzlast und Preisen*, Stuttgart, 2006.
- [3] Ch. Höft, *Bewertung von Verfahren zur Prognose der elektrischen Last – eine empirische Analyse*, Dresden: Electricity Markets Working Paper, 2004, Bde. WP-EM-03.
- [4] Lastverlauf E.ON Netz (Gesamt), online: <http://www.eon-netz.com/>.

Autoren**Prof. Dr. Karl Dübon**

Professor an der Fakultät für Informatik und Wirtschaftsinformatik

Christian Schindler M.Sc.**Andreas Gründer M.Sc. und****Michael Schmidt M.Sc.**

Absolventen der Hochschule Karlsruhe

Kontakt

Prof. Dr. Karl Dübon

Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft

Fakultät für Informatik und Wirtschaftsinformatik

Moltkestraße 30

76133 Karlsruhe

E-Mail: karl.duebon@hs-karlsruhe.de

Telefon: 0721 925-2963

**Messen + Ausstellungen
2012 – 2013**

2012

 16. Echt Dampf-Hallentreffen Ausstellung - Fahrbetrieb - Verkauf 13. – 15.01.2012 Messe Karlsruhe	 4. Motek Schweden Die Fachmesse für Montage- und Handhabungstechnik 08. – 11.05.2012 Messezentrum Jönköping / Schweden	 18. Druck+Form Die Fachmesse für die grafische Industrie 10. – 13.10.2012 Messe Sinsheim
 3. Fabtec Die internationale Fachmesse für Blechbearbeitung, Fügetechnologie, Lackieren und Beschichten Januar 2012 Codissia Messe Komplex, India	 2. Elmia Polymer Die Fachmesse für Kunststoff- und Gummiverarbeitung 08. – 11.05.2012 Messezentrum Jönköping / Schweden	 22. Fakuma Die internationale Fachmesse für Kunststoffverarbeitung 16. – 20.10.2012 Messe Friedrichshafen
 11. Control Italy Die Fachmesse für Qualitätssicherung 29. – 31.03.2012 Messe Parma / Italien	 11. Optatec Die internationale Fachmesse optischer Technologien, Komponenten, Systeme u. Fertigung für die Zukunft 22. – 25.05.2012 Messegelände Frankfurt / M.	 11. Faszination Modellbau FRIEDRICHSHAFEN Ausstellung für Modellbahnen und Modellsport 01. – 04.11.2012 Messe Friedrichshafen
 11. Motek Italy Die Fachmesse für Montage- und Handhabungstechnik 29. – 31.03.2012 Messe Parma / Italien	 3. Stanztec Die Fachmesse für Stanztechnik 19. – 21.06.2012 CongressCentrum Pforzheim	 29. Modellbahn Internationale Modellbahn-Ausstellung 22. – 25.11.2012 Messegelände Köln
 18. Faszination Modellbau KARLSRUHE Ausstellung für Modellbahnen und Modellsport 22. – 25.03.2012 Messe Karlsruhe	 Control China Die Fachmesse für Qualitätssicherung 15. – 17.08.2012 SNIEC Shanghai / China	 17. Echt Dampf-Hallentreffen Ausstellung - Fahrbetrieb - Verkauf 11. – 13.01.2013 Messe Karlsruhe
 8. Control France Die Fachmesse für Qualitätssicherung April 2012 Paris-Nord Villepinte / Frankreich	 31. Motek Die internationale Fachmesse für Montage-, Handhabungstechnik und Automation 08. – 11.10.2012 Messe Stuttgart	 27. Control Die internationale Fachmesse für Qualitätssicherung 14. – 17.05.2013 Messe Stuttgart
 14. Agri Historica Traktoren - Telemarkt - Vorführungen 28.+29.04.2012 Messe Sinsheim	 6. Bondexpo Die Fachmesse für industrielle Klebtechnologie 08. – 11.10.2012 Messe Stuttgart	 Blechexpo Die internationale Fachmesse für Blechbearbeitung 05. – 08.11.2013 Messe Stuttgart
 26. Control Die internationale Fachmesse für Qualitätssicherung 08. – 11.05.2012 Messe Stuttgart	 6. Microsys Themenpark für Mikro- und Nanotechnik in der Entwicklung, Produktion und Anwendung 08. – 11.10.2012 Messe Stuttgart	 4. Schweißtec Die internationale Fachmesse für Fügetechnologie 05. – 08.11.2013 Messe Stuttgart

2013



P.E. Schall GmbH & Co. KG
 Gustav-Werner-Straße 6 · D - 72636 Frickenhausen
 Fon +49 (0) 7025.9206-0 · Fax +49 (0) 7025.9206-620
 info@schall-messen.de · www.schall-messen.de



Messe Sinsheim GmbH
 Neulandstraße 27 · D - 74889 Sinsheim
 Fon +49 (0) 7261.689-0 · Fax +49 (0) 7261.689-220
 info@messe-sinsheim.de · www.messe-sinsheim.de

Aspekte der LCC- und LCA-Optimierung in der Gebäudeplanung

The consideration of sustainability standards in the design and construction of buildings is a new challenge for customers and the whole project team. Today the whole life cycle of a building is considered and so new concepts and practical solutions are required. Customers need to allocate contracts for extended planning services, which take into account the life cycle assessment (LCA, ecological view) and the life cycle costs (LCC, economical view). Project managers and designers have to adapt their processes, methods and tools to be able to manage these new and complex tasks. The building companies benefit from this new quality of financial and ecological data for maintenance and operation, as well as from the long-term planning which the project team provides for the building.

Einleitung

Die Anforderungen, die sich aus der Nachhaltigkeitsbetrachtung für Planung, Realisierung und Bewirtschaftung von Immobilien ergeben, sind in den letzten Jahren in Deutschland stark in den Vordergrund gerückt und systematisiert worden. Die Planungsphase von Bauprojekten ist dadurch stark beeinflusst und wird sich weiter an diese Anforderungen anpassen müssen. Die Lebensdauer eines Gebäudes, die häufig in einer Größenordnung von 100 Jahren liegt und oft zusammengesetzt ist aus mehreren Nutzungszyklen mit Umbauphasen, muss in einer vergleichsweise kurzen Planungs- und Realisierungszeit von meist weniger als vier Jahren so optimal vorbereitet werden, dass langfristige Kosten und ökologische Auswirkungen möglichst gering sind. Geht man von einer mindestens wert- und funktionserhaltenden Betriebsstrategie aus, sind im Bereich LCC – neben den Betriebskosten wie Ver- und Entsorgungs- sowie Reinigungskosten – nennenswerte Kosten für Wartung, Inspektion, Instandsetzung und ggf. Entsorgung zu erwarten und unter Einbeziehung der Investitionskosten zu minimieren.

Begriffe

Folgt man der Definition der Brundlandt-Kommission, so wird nachhaltige Entwicklung wie folgt definiert: „*Dauerhafte Entwicklung ist Entwicklung, die die Bedürfnisse der Gegenwart befriedigt, ohne zu riskieren, daß künftige Generationen ihre eigenen Bedürfnisse nicht befriedigen können.*“ Umgesetzt auf das Bauwesen spricht man von drei Dimensionen der Nachhaltigkeit: Ökologie, Ökonomie, soziale und kulturelle Dimension.

LCC (life cycle cost) betrachtet die für Bau, Betrieb, Reinigung und Pflege sowie Instandsetzung, Rückbau und Entsorgung eines Gebäudes entstehenden Kosten (Ökonomie). Die Optimierung dieser Kosten erfolgt über den gesamten Lebenszyklus. Abbildung 1 zeigt beispielhaft eine LCC-Berechnung für verschiedene Bauteile eines Gebäudes.

LCA (life cycle assessment) beurteilt die ökologischen Auswirkungen über den gesamten Lebenszyklus (Ökobilanzen). Ein wesentliches Element ist die Wirkungsbilanz, die das Treibhauspotenzial, Ozonschichtabbaupotenzial, Sommersmogpotenzial, Versauerungspotenzial und Eutrophierungspotenzial zum Gegenstand hat. Abbildung 2 zeigt exemplarisch einen Bauteil bezogenen Vergleich, der deutlich erkennen lässt, welche Variante aus ökologischer Sicht zu bevorzugen ist.

Nachhaltigkeitszertifikate für Gebäude werden von verschiedenen Organisationen vergeben, wenn Planung und Realisierung den jeweiligen Anforderungskatalogen entspricht. In Deutschland vergibt das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) das Zertifikat „Bewertungssystem Nachhaltigen Bauens“ (BNB) für Bundesbauten, die

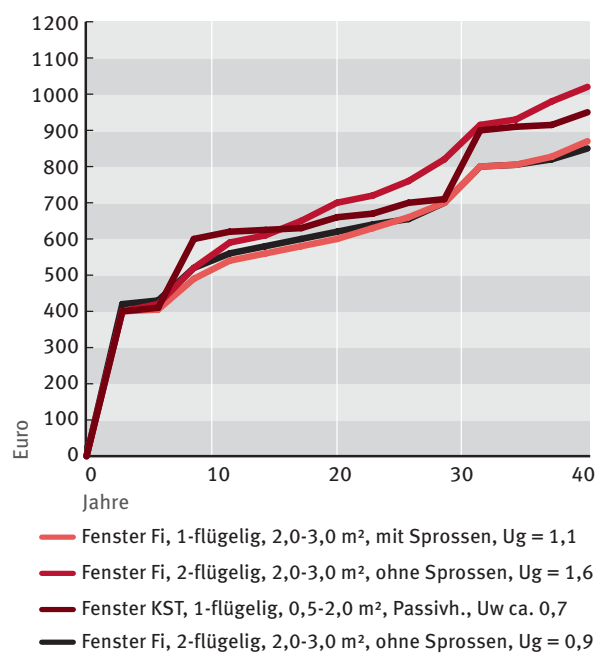


Abb. 1: LCC-Auswertung mithilfe der Software LEGEP

Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) das Deutsches Gütesiegel für Nachhaltiges Bauen (DGNB). Im Ausland sind weitere Siegel vertreten, beispielsweise das „Leadership in Energy & Environmental Design“ (LEED) oder „Building Research Establishment Environmental Assessment Method“ (BREEAM).

Bauherr (und Projektmanagement)

Im Rahmen der Festlegung der Projektorganisation und insbesondere der Beauftragung der Projektbeteiligten kommt dem Bauherren bzw. dessen Projektmanagement die besondere Aufgabe zu, schon bei der Auswahl der Planer, Gutachter und Berater auf das Know-how der Beteiligten im Bereich der Nachhaltigkeit zu achten. Verträge müssen so geschlossen werden, dass eine Erweiterung der Leistungsbilder für Projektmanager, Ingenieure und Architekten um die LCC- und LCA-Bewertungen erfolgt. Ziel muss sein, Entscheidungen im Laufe der Planung und Ausführung jetzt auch in Kenntnis der Auswirkungen auf die Nachhaltigkeit zu treffen.

Bauherren verlangen zunehmend, dass nach Abschluss der Baumaßnahmen Gebäudezertifikate wie beispielsweise das DGNB mit festgelegtem Niveau (Bronze, Silber, Gold) zu erreichen sind. Damit wännen sie sich im Hinblick auf eine spätere Vermarktung ihrer (nachhaltigen) Immobilien auf der sicheren Seite. Es muss jedoch kritisch gefragt werden, welches Niveau wirtschaftlich vertretbar ist. Auch ohne Zertifizierung können im Rahmen einer objektbezogenen Optimierung erhebliche Potenziale gehoben werden.

Planung

Hat das Projektteam die nötige Kompetenz und sind die Verträge entsprechend gestaltet, wird das Bauprojekt auch nachhaltig geplant und gebaut werden. Hier auf müssen sich die Planenden einstellen und fundierte Kompetenzen in diesen Bereichen aufbauen.

Beispielsweise sind im Bereich Kostenmanagement (Kostenplanung, -kontrolle und -steuerung) die derzeit meist auf Investitionskosten fokussierten Betrachtungsweisen um die Folgekosten zu ergänzen und einer gesamthaften Optimierung zuzuführen. Die nach der Honorarordnung für Architekten und Ingenieure (HOAI) vorgesehenen Kostenplanungsstufen (Kostenschätzung, -berechnung, -anschlag) reichen hierzu bei Weitem nicht mehr aus. Hier liegt großes Innovationspotenzial für die Planenden, insbesondere dann, wenn sie ein ganzheitliches Verständnis für die von ihnen geschaffenen Bauwerke pflegen. Fragen der Honorierung sollten lösbar sein.

Im Qualitätsmanagement ist vor langer Zeit erkannt worden, dass jeder Mitarbeiter für eine qualitätsvolle Arbeit selbst verantwortlich ist und dass Qualität nicht durch eine Abteilung im Nachhinein in die Produkte oder Dienstleistungen hineingeprüft werden kann. Diese Erkenntnis wird nun gleichermaßen auf die Nachhaltigkeit übertragen. Jeder Projektbeteiligte muss in näherer Zukunft über das erforderliche Know-how verfügen, das es ihm ermöglicht, die Anforderungen der drei Nachhaltigkeitsdimensionen Ökologie, Ökonomie sowie soziokulturelle Aspekte

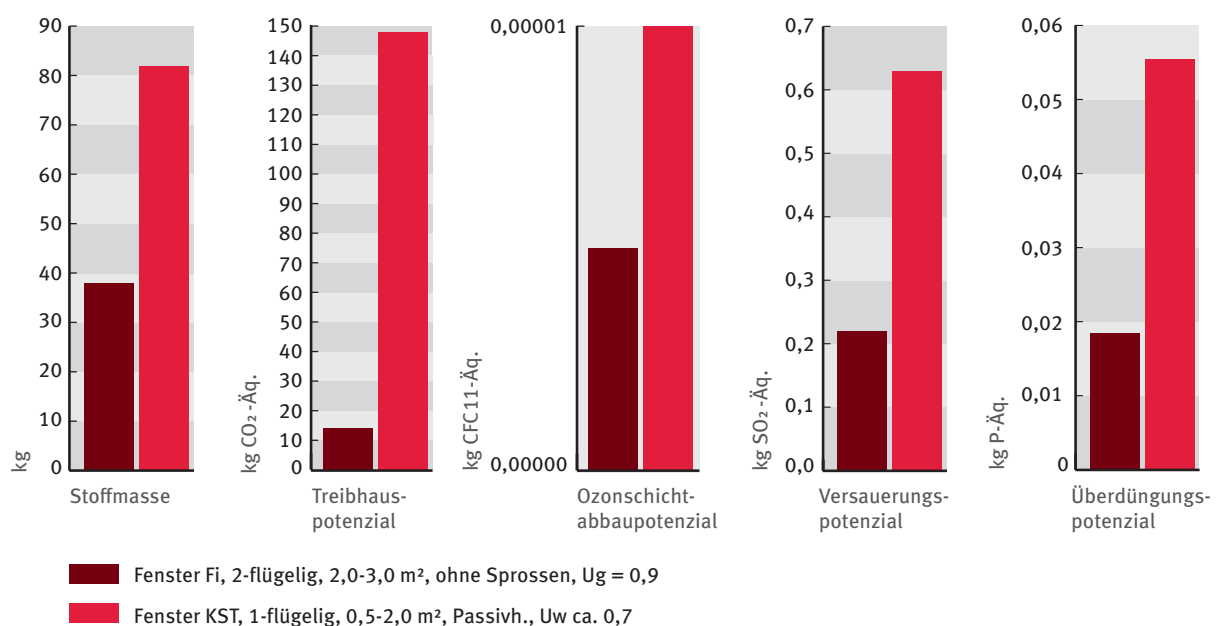


Abb. 2: LCA-Auswertung mit der Software LEGEP

von Anfang an in der Konzeption, Planung und Ausführung zu berücksichtigen.

Werkzeuge

Für die zu bewältigenden Aufgaben umfassender LCC- und LCA-Optimierungen sind leistungsfähige Softwaresysteme erforderlich, die – in den frühen Phasen des Planungsprozesses eingesetzt – eine detaillierte Modellierung des Gebäudes ermöglichen, Daten für Bauteile bis in die erforderlichen Details hinterlegt haben und die notwendigen Auswertungen für LCC und LCA bereitstellen. Außerdem müssen diese Systeme die Veränderungen der Planinhalte, die sich im Zuge fortschreitender Planungstiefe ergeben, auf einfache Weise aufnehmen können. Dem Nachteil eines erhöhten Aufwands in früheren Planungsphasen stehen Nutzenpotenziale in späteren Phasen gegenüber. Beispielsweise können mithilfe der Software LEGEP aufgrund der modellierten Daten auch Kostenermittlungen erzeugt, energetische Berechnungen durchgeführt und Leistungsverzeichnisse vorbereitet werden.

Gebäudebewirtschaftung

Die Bewirtschaftung der Bauwerke muss durch die in der Planung eingesetzten Werkzeuge wesentlich besser unterstützt werden. Für alle Bauteile sind die notwendigen Daten zu Lebensdauer, Reinigungs-, Wartungs- und Instandsetzungskosten vorhanden. Die Nutzung dieser langfristigen objektspezifischen und sogar elementbezogenen Daten bietet sich für die Bewirtschaftung an. So liegt die Höhe der zu bildenden Rücklagen bereits in der Planung fest, damit zum Zeitpunkt notwendiger Instandsetzungen (Fenster austauschen, Heizung erneuern) die notwendigen finanziellen Mittel auch vorhanden sind und die Immobilie wert- und funktionserhaltend betrieben werden kann.

Denkbar ist auch, dass das modellierte Gebäude über die gesamte Lebenszeit von diesen Berechnungen begleitet wird. Beispielsweise können alle fünf Jahre die LCC- und LCA-Berechnungen aktualisiert und die Rücklagen an die neuen Gegebenheiten angepasst werden.

Fazit und Ausblick

Planen unter Berücksichtigung der komplexen Aspekte umfassender Nachhaltigkeitsbetrachtungen ist die aktuelle Herausforderung an die Innovationsfähigkeit der Bauherren, Projektmanager und Planer. Die Notwendigkeit der Anpassung der Prozesse und der eingesetzten Software ist evident. Die Bauherren sind zwar mit den Nachhaltigkeitszertifikaten (bspw. BNB, DGNB, LEED) in die Lage versetzt worden, definierte Ansprüche an die Planung und Ausführung von Bauwerken mithilfe Dritter durchzusetzen; sie sollten je-

doch durch die richtige Projektorganisation, die Auswahl geeigneter Projektbeteiligter, die entsprechende Vertragsgestaltung und das Einfordern vollständiger Entscheidungsgrundlagen frühzeitig die Weichen für ein nachhaltiges Bauvorhaben stellen.

Werden heute verfügbare Methoden und Instrumente für die LCC- bzw. LCA-Berechnungen optimal eingesetzt, kann der Gebäudebetrieb fundierter als bisher mit Daten versorgt werden. Wenn außerdem diese Berechnungen regelmäßig mit aktuellen Erkenntnissen wie zu Restlebensdauern, Kosten oder ökologischen Daten fortgeschrieben werden, kann der Gebäudebetrieb im Sinne einer wert- und funktionserhaltenden Betriebsstrategie vorausschauend agieren. Soll die Immobilie verkauft werden, bilden diese Daten eine fundierte Grundlage für die zu erstellende Due Dilligence Real Estate.

Literatur

- [1] Brundlandt-Kommission, *Weltkommission für Umwelt und Entwicklung: Our Common Future*, Oxford, 1987.

Autor

Prof. Dr.-Ing. Hermann Hütter

Professor an der Fakultät für Architektur und Bauwesen

Kontakt

Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft
Fakultät für Architektur und Bauwesen
Moltkestraße 30
76133 Karlsruhe
E-Mail: hermann.huetter@hs-karlsruhe.de
Telefon: 0721 925-2718

Prävention im Bauwesen – Dauerhaftigkeit zementgebundener Werkstoffe in Kontakt mit Wasser

Maintaining infrastructure constructions and maximizing their service life are key challenges for the global competitiveness of our society. Prevention concepts and performance-oriented material development are only possible if the mechanisms of harmful reactions are well known, making it possible to formulate the specifications for materials. This is the goal of the joint research activities of the Institute for Prevention in Construction at the Karlsruhe University of Applied Sciences and the Institute of Functional Interfaces at the Karlsruhe Institute of Technology (KIT). In a common project the previously controversial reaction mechanisms of hydrolytic corrosion of cement-based materials have been clarified and prevention concepts for practical use have been developed.

Einführung

In ihren vielfältigen Einsatzbereichen im Bauwesen sind zementgebundene Werkstoffe der Einwirkung sehr unterschiedlich zusammengesetzter Wässer ausgesetzt. Typische Beispiele dafür sind Hafenanlagen, Brücken, aber auch Bauwerke der Abwasser- sowie der Trinkwasserversorgung. Dabei gelten besonders Wässer mit einer hohen Salzfracht bzw. einem hohen Gehalt an organischen Wasserinhaltsstoffen als aggressive Milieus für zementgebundene Werkstoffe. Sind Werkstoffe längerfristig einem Kontakt mit diesen Wässern ausgesetzt, können schädigende Reaktionen ablaufen, welche die Dauerhaftigkeit eklatant beeinflussen. In der Regel erfolgt dies sehr langsam. Substanzielle Schädigungen an den Bauteilen werden daher oft erst nach Jahren oder sogar Jahrzehnten auffällig (s. Abb. 1).



Abb. 1: Schädigung von Beton durch die Einwirkung von Meerwasser

Die notwendige Beseitigung der Schädigungen durch Instandsetzungen ist jedoch meist mit einem hohen ökonomischen Aufwand, aber auch mit ökologischen Belastungen verbunden. Diesem Umstand kann mit der Konzeption von Präventionsmaßnahmen sowie mit performance-orientierten Weiterentwicklungen

der Werkstoffe begegnet werden. Da allerdings die Reaktionsmechanismen vieler werkstoffschädigender Reaktionen nicht detailliert aufgeklärt sind (z. B. [1]), sind die Erarbeitung von Präventionskonzepten sowie performance-orientierte Entwicklungsarbeiten nur eingeschränkt möglich. Genaue Kenntnisse dieser Mechanismen sind jedoch Voraussetzung zur Beurteilung der „Aggressivität“ der in Kontakt mit den Werkstoffen tretenden Wässer. Und nur mit diesen können Anforderungsprofile für dauerhafte Werkstoffe gewonnen werden. Der Grundlagenforschung zur Aufklärung von Reaktionsmechanismen sowie der angewandten Forschung mit der Erstellung von Anforderungsprofilen und Präventionskonzepten widmen sich das Institut für Funktionelle Grenzflächen des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) und das Institut für Prävention im Bauwesen am Institut für Angewandte Forschung (IAF) der Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft in gemeinsamen Forschungsaktivitäten.

Untersuchungen zur „hydrolytischen Korrosion“ zementgebundener Werkstoffe

In einem gemeinsamen Forschungsvorhaben konnte der Reaktionsmechanismus einer spezifischen Schädigungsreaktion an zementgebundenen Werkstoffen aufgeklärt werden, die bei Bauwerken der Trinkwasserversorgung eingesetzt werden. Es wurden Konzepte zur präventiven Schadensvermeidung während der Bauphase aufgestellt und in die Praxis transferiert. Der Reaktionsmechanismus des als „hydrolytische Korrosion“ bezeichneten Schadens an zementgebundenen Werkstoffen in der Trinkwasserspeicherung [2] war seit Anfang der 1990er-Jahre umstritten [3] und wurde kontrovers in der Fachwelt diskutiert. Ungeöhnlich an der hydrolytischen Korrosion ist, dass sie als Folge der Einwirkung von Trinkwasser auf zementgebundene Werkstoffe auftritt, obwohl dieses aufgrund seiner chemischen Zusammensetzung als nicht betonaggressiv gilt [4].

Die von hydrolytischer Korrosion betroffenen Bauteiloberflächen auf den Innenwänden von Trinkwasserbehältern zeigen typischerweise das in Abbildung 2 dargestellte Schadensbild. Streng lokal begrenzt zeichnen sich oft schon nach einer Nutzungsdauer von wenigen Monaten kreisförmige Bereiche ab, in denen das Bindemittel der Beschichtungsmörtel als Folge chemischer Abbaureaktionen bis in Tiefen von mehreren Millimetern erweicht ist (s. Abb. 2 a und b). In einigen Fällen waren die meist braun gefärbten Bereiche regelmäßig auf den Bauteiloberflächen angeordnet (s. Abb. 2 c). Ungewöhnlich für chemische Angriffe auf zementgebundene Werkstoffe ist das streng lokal begrenzte Auftreten der Schäden, da sich während der Nutzung die gesamte Bauteilfläche in Kontakt mit Wasser befindet. Zur Aufklärung der bisher umstrittenen Reaktionsmechanismen wurden detaillierte Untersuchungen der Prozesse an den Grenzflächen Werkstoff/Wasser bei der Einwirkung unterschiedlich zusammengesetzter Wässer in Laborversuchen und an Fallbeispielen aus der Praxis durchgeführt [5]. In Trinkwasserbehältern können zementgebundene Werkstoffe aufgrund der niedrigen Temperaturen und meist sehr hohen relativen Luftfeuchtigkeit neben dem Kontakt mit Trinkwasser auch in Wechselwirkung mit Kondenswasser treten. Daher wurden Expositionsversuche im Labor mit Trinkwasser und demineralisiertem Wasser durchgeführt, dessen Zusammensetzung der von Kondenswasser vergleichbar ist.

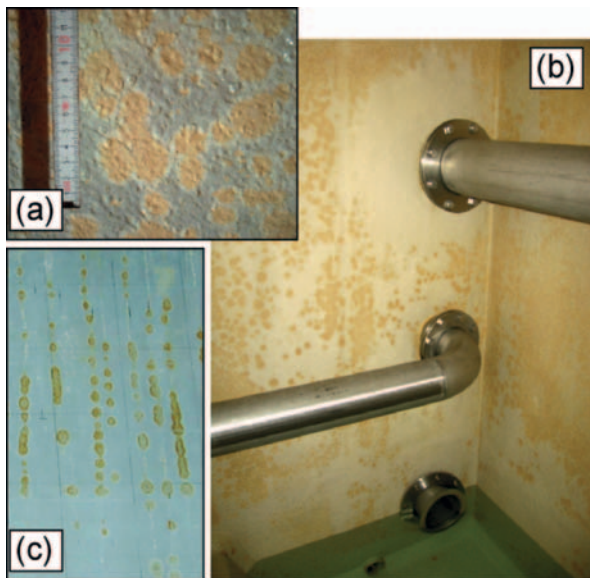


Abb. 2: Charakteristisches Schadensbild der hydrolytischen Korrosion

Für die Dauerhaftigkeit zementgebundener Werkstoffe in ständigem Kontakt mit wässrigen Lösungen spielen Kristallisations- und Lösungsprozesse eine dominante Rolle. Die unterschiedliche Zusammensetzung der Po-

renlösung der Werkstoffe und des umgebenden Wassers kann zu schädigenden reaktiven Transportprozessen führen, durch die sich die mineralischen festen Bestandteile des Zementsteins chemisch um- bzw. abbauen können. Im Allgemeinen geht man davon aus, dass sich auf den wasserberührten Oberflächen zementgebundener Werkstoffe im Kontakt mit Trinkwasser eine Deckschicht aus Calciumcarbonat ausbildet, welche die Werkstoffe vor einem Angriff durch reaktiven Transport schützt. Im Fall der hydrolytischen Korrosion wurden sowohl in geschädigten als auch in ungeschädigten Bereichen Calciumcarbonatdeckschichten auf den Werkstoffoberflächen nachgewiesen. Dies deutet darauf hin, dass die werkstoffschädigenden Reaktionen in den betroffenen Bereichen mit einer deutlich höheren Geschwindigkeit ablaufen. Die Ursache für dieses Werkstoffverhalten muss demzufolge in den Transporteigenschaften der Grenzfläche Werkstoff/Wasser zu suchen sein.

Detaillierte Untersuchungen des Mikrogefüges im Bereich der Grenzfläche Zementstein/Wasser zeigen, dass der Gefügebau derartiger Deckschichten sensibel von der Zusammensetzung des in Kontakt mit dem Werkstoff stehenden Wassers abhängt. Dies zeigen die in Abbildung 3 dargestellten Ergebnisse elektronenmikroskopischer Untersuchungen. Deckschichten, die sich in hartem Trinkwasser auf den Oberflächen abgelagert haben, zeigen einen kompakten dichten Aufbau (s. Abb. 3 oben). Aber auch nach dem Kontakt mit demineralisiertem Wasser bilden sich Calciumcarbonatschichten auf den Oberflächen. Unter diesen Bedingungen gebildete Carbonatablagerungen haben jedoch kein dichtes Gefüge. Da sie das für ihr Wachstum benötigte Calcium dem Zementstein entziehen, schädigt darüber hinaus ihr Wachstum den darunterliegenden Werkstoff (s. Abb. 3 unten).

Zusammenfassung

Diese Ergebnisse zeigen, dass für die Dauerhaftigkeit zementgebundener Werkstoffe, die in ständigem Kontakt mit Wasser sind, die Transporteigenschaften der oft nur wenige Mikrometer dicken „Werkstoffrandzone“ eine oft entscheidende Rolle spielen [6]. Besonders sensibel sind zementgebundene Werkstoffe in einem jungen Materialalter, z. B. während der Nachbehandlungsphase. Die Untersuchungen führten zum Ergebnis, dass in Trinkwasserbehältern die Einwirkung von Kondenswasser auf frisch hergestellten Materialoberflächen zu einer Vorschädigung im Bereich der Grenzfläche Werkstoff/Wasser führen kann. Die hydrolytische Korrosion zementgebundener Werkstoffe in Kontakt mit hartem Trinkwasser kann folglich durch ein zweistufiges Reaktionsmodell erklärt werden, das schematisch

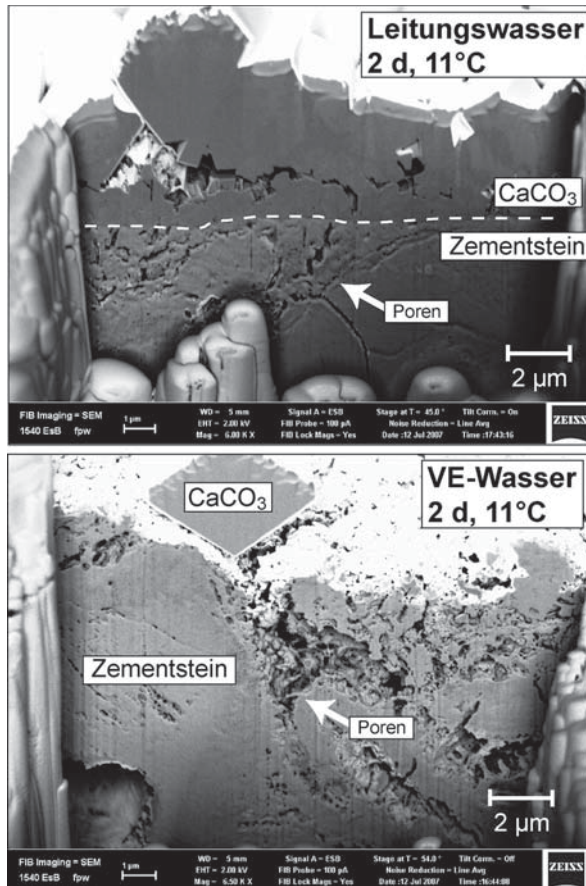


Abb. 3: Elektronenmikroskopische Aufnahmen von Profilschnitten in Zementsteinoberflächen im Bereich der Grenzfläche Werkstoff/Wasser nach Auslagerung in hartem Trinkwasser (oben) und in demineralisiertem Wasser (unten)

in Abbildung 4 dargestellt ist: (1) Vorschädigung durch die Einwirkung von Kondensat auf frisch hergestellten Werkstoffoberflächen und (2) reaktiver Transport in Kontakt des Werkstoffes mit hartem Trinkwasser. Durch die Einwirkung von Kondenswasser bildet sich – ebenso wie nach der Reaktion mit hartem Trinkwasser – auf den Werkstoffoberflächen eine Schicht aus Calciumcarbonat aus. Durch diese sind jedoch aufgrund ihres weniger dichten Gefüges Transportprozesse leicht möglich. Wasserinhaltsstoffe (z. B. HCO_3^-) des Trinkwassers können bei der Nutzung des Behälters in das Werkstoffgefüge eindringen und dort lokal im Bereich dieser Vorschädigungen chemische Veränderungen hervorrufen.

Das Wachstum von kristallinen Deckschichten schützt die Werkstoffe nicht zwangsläufig vor Angriffen durch reaktive Transportprozesse. Aus diesen Gründen spielen in der Praxis für die Dauerhaftigkeit der Werkstoffe die Verarbeitungsbedingungen eine wesentlich größere Rolle als bisher angenommen und folglich müssen diese zukünftig verstärkt Berücksichtigung finden, beispielsweise durch die Entwicklung von Qualitätskontrollkonzepten während der Nachbehandlungsphase.

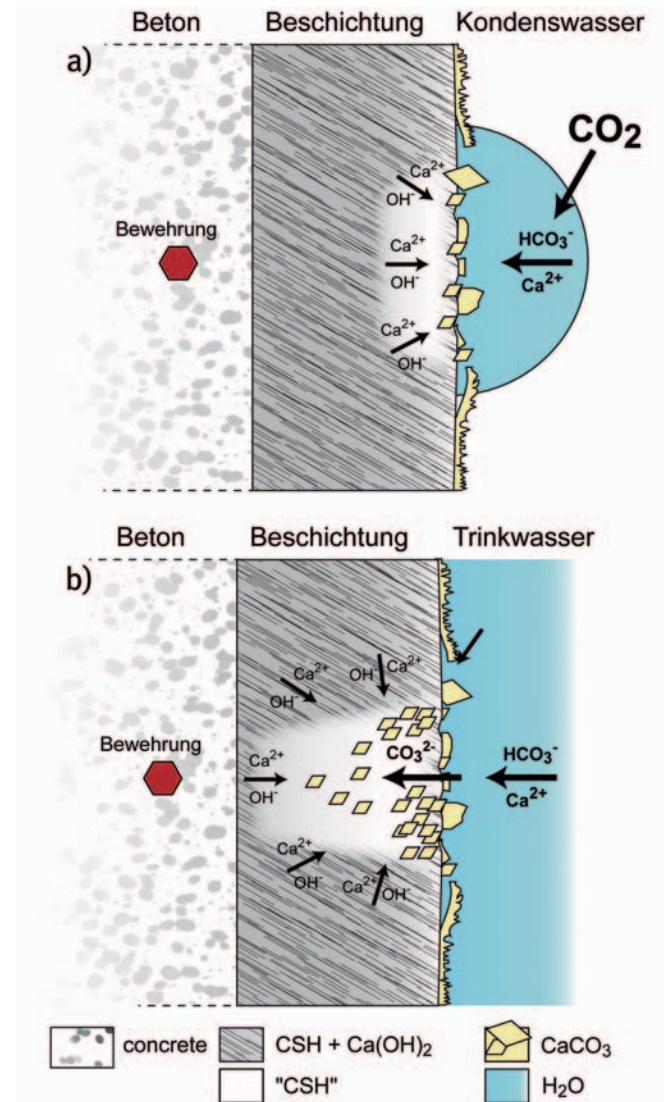


Abb. 4: Schematische Darstellung des Reaktionsmechanismus der hydrolytischen Korrosion zementgebundener Werkstoffe

Literatur

- [1] A. Neville, *The confused world of sulfate attack on concrete*, in: Cement and Concrete Research, 34(2004), S. 1275–1296.
- [2] A. Gerdes, F.H. Wittmann, *Beständigkeit zementgebundener Beschichtungen unter dem Einfluss elektrischer Felder*, in: Int. Z. Bauinstandsetzen, 1(1995), S. 73–86.
- [3] A. Gerdes, F.H. Wittmann, *Electrochemical Degradation of Cementitious Materials*, in: Proceedings of 9th International Congress on the Chemistry of Cement, New Delhi, 1992, p. 409–415.
- [4] DIN Deutsches Institut für Normung e. V., DIN 4030: Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase, Beuth Verlag GmbH, Berlin, 1991.

- [5] T. Scherer, M. Schwotzer, C. Kübel, A. Gerdes, *Focused Ion Beam Investigations on Cement Based Materials in Aggressive Aqueous Environments*, in: *Microscopy and Microanalysis*, 16(2010), Suppl. 2, p. 224–225, doi:10.1017/S1431927610059003.
- [6] M. Schwotzer, T. Scherer, A. Gerdes, *Protective or damage promoting effect of calcium carbonate layers on the surface of cement based materials in aqueous environments*, in: *Cement and Concrete Research*, 40, 9(2010), p. 1410–1418.

Autoren

Dr. Matthias Schwotzer

Gruppenleiter am Institut für Funktionelle Grenzflächen am Karlsruher Institut für Technologie (KIT – Campus Nord)

Dipl.-Ing. (FH) Immanuel Schäufele M.Sc.

Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Prävention im Bauwesen am Institut für Angewandte Forschung (IAF) der Hochschule Karlsruhe

Prof. Dr. Andreas Gerdes

Professor an der Fakultät für Elektro- und Informationstechnik der Hochschule Karlsruhe und Leiter der Abteilung Chemie/Sensorik mineralischer Grenzflächen im Institut für Funktionelle Grenzflächen am Karlsruher Institut für Technologie (KIT – Campus Nord)

Prof. Dr. Markus Stöckner

Professor an der Fakultät für Architektur und Bauwesen und Prorektor der Hochschule Karlsruhe

Kontakt

Prof. Dr. Andreas Gerdes
Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft
Fakultät für Elektro- und Informationstechnik
Moltkestraße 30
76133 Karlsruhe
E-Mail: andreas.gerdes@hs-karlsruhe.de
Telefon: 0721 925-1354



Heberger System-Bau GmbH

Altretutweg 15
68809 Neulußheim
Telefon 0 62 05/3 99-0
Telefax 0 62 05/3 99-2 00

hebau.system-bau@heberger.de
www.heberger.de

Kompetenz am Bau:

- System- und Industriebau
- Betonfertigteile
- Lärmschutzsysteme
- Parkhausbau

Monitoring von Hallentragwerken – Entwicklung eines Verfahrens zur kontinuierlichen Verformungsüberwachung auf Basis digitaler Bildverarbeitung

This report introduces a new system of measuring deformation in wide span roof constructions based on the principals of digital image processing. In the course of the research project the method was developed right from the first idea through multiple steps of preliminary tests, to a prototypical system ready for everyday use. Finally, it was tested and refined in a pilot project.

Ziel der Forschungsaufgabe

Die zahlreichen Halleneinstürze der vergangenen Winter in Deutschland und dem benachbarten Ausland führten unter anderem zum Wunsch nach besseren Möglichkeiten für die Überwachung von Hallentragwerken als vorbeugende Maßnahme. Die hier vorgestellte Forschungsarbeit wird gefördert von der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung, dem Landratsamt Garmisch-Partenkirchen, der Impuls GmbH, Gilching, und der Sommer Messtechnik, Koblach/Österreich. Zielsetzung war, ein einfaches, robustes und kostengünstiges Verfahren zur kontinuierlichen Verformungsüberwachung von Hallentragwerken zu entwickeln. Dies sollte erreicht werden, indem ausgewählte Punkte des Tragwerks mit elektronischen Kameras periodisch erfasst und ihre Abbildungen im digitalen Bild vermessen werden. Die Praxistauglichkeit des Verfahrens sollte abschließend im Rahmen eines Pilotprojektes erprobt werden.

Prinzipieller Lösungsweg und Vorversuche

Eine Industriekamera (K) ist auf einen Messpunkt (M) gerichtet. Die Kamera ist mit einem Computer mit einer speziellen Bildauswertungssoftware verbunden. Der Messpunkt bildet sich auf dem Sensor der Kamera ab; Verschiebungen des Messpunktes parallel zur Bildebene der Kamera erscheinen als Verschiebungen des Punktbildes. Unter Ausnutzung der Gesetzmäßigkeiten der Perspektive können aus den Verschiebungen des Punktbildes die Verschiebungen des Punktes selbst berechnet werden. Um Fehlmessungen aus unbeabsichtigten Bewegungen der Kamera zu vermeiden, wird zusätzlich ein unbeweglicher, montierter Referenzpunkt (R) mit aufgenommen und im Bild die Lage des Messpunktes relativ zur Lage des Referenzpunktes gemessen. Um störende Einflüsse aus dem Umgebungslicht auszublenden, dienen als Mess- und Referenzpunkte Leuchtdioden (LEDs), deren Strahlung im Infrarotbereich liegt. Entsprechend wurde bei der Kamera der standardmäßig eingebaute Infrarotsperfilter entfernt und ein spezieller Tageslichtsperfilter eingebaut. Um

das vorgeschlagene Verfahren zu testen, wurden zunächst im Labor und später in der für das Pilotprojekt vorgesehenen Halle Vorversuche durchgeführt. In diesen konnte nachgewiesen werden, dass mit dem vorgeschlagenen Verfahren Änderungen in der Lage des Messpunktes mit einer Genauigkeit im Millimeterbereich ermittelt werden können.

Pilotprojekt

Die Umsetzbarkeit des Verfahrens in die Praxis wurde im Rahmen eines Pilotprojektes erprobt. Als Objekt wurde die ca. 30 Jahre alte Dreifachturnhalle des Staffelseegymnasiums in Murnau im Landkreis Garmisch-Partenkirchen mit einem weit gespannten Dachtragwerk aus Holz ausgewählt (s. Abb. 1). Die für das Dachtragwerk maßgebende Schneelast ist seit 1.1.2007 von $s_0 = 1,50 \text{ kN/m}^2$ (DIN 1055-5:1975-06) auf $s_k = 3,78 \text{ kN/m}^2$ (DIN 1055-5:2005-07) erhöht worden. Da der Biegespannungsnachweis am Hauptträger für die neue Schneelast mit einem Ausnutzungsgrad von $\eta = 1,09 > 1,00$ nicht erbracht werden kann, ist die Tragsicherheit des Dachtragwerks der Turnhalle nicht ausreichend.



Abb. 1: Turnhalle in Murnau, Landkreis Garmisch-Partenkirchen

Um dennoch einen sicheren Betrieb der Halle gewährleisten zu können, ohne aufwendige Verstärkungsmaßnahmen am Tragwerk vornehmen zu müssen, wurde

ein Monitoringsystem dauerhaft in der Halle installiert. Sein Hauptbestandteil ist eine Verformungsmesseinrichtung, bestehend aus einer Kamera (K), drei Messpunkten (M1-M3) und einem Referenzpunkt (R) für jeweils jeden der vier Hauptträger (s. Abb. 2).

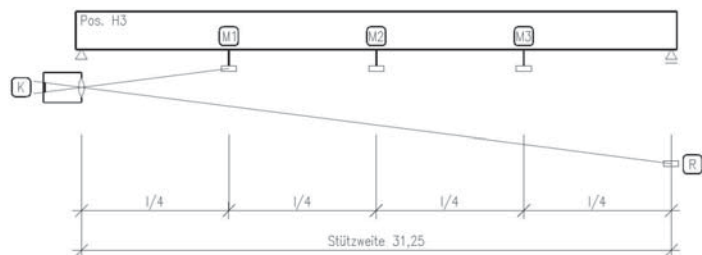


Abb. 2: Turnhalle in Murnau, Verformungsmesseinrichtung: Anordnung von Kamera (K), Messpunkten (M1-M3) und Referenzpunkt (R)

Bei den eingesetzten Kameras handelt es sich um sog. „intelligente“ Kameras (d. h. mit integriertem Prozessor) vom Typ Matrix Vision mvBlueCOUGAR-P mit einem 1/2-Zoll-CMOS-Sensor, einer geometrischen Auflösung von 1280 x 1024 Pixeln und einer Bildfrequenz von bis zu 30 Bildern pro Sekunde. Sie sind mit Objektiven der Brennweite 100 mm ausgestattet. Bei den Kameras wurde – wie schon bei den Vorversuchen – der Infrarotsperrfilter entfernt und ein spezieller Tageslichtsperrfilter eingebaut, sodass sie nur im nahen Infrarotspektrum empfindlich sind. Die zu erfassenden Tragwerkspunkte und der Referenzpunkt wurden mit LEDs mit einem Durchmesser von 5 mm bestückt. Alle LEDs sind für eine Wellenlänge von 850 nm im nahen Infrarot spezifiziert. Mit einem zusätzlich fest eingebauten Lasermessgerät können Kontrollmessungen durchgeführt werden. Außerdem wurde – um die Korrelation zwischen Klimagrö-

ßen und Verformungen beobachten zu können – auf dem Dach der Halle eine Wetterstation mit Schneekissen (S) und Sensoren für Lufttemperatur, Luftfeuchte, Globalstrahlung, Windrichtung und Windgeschwindigkeit installiert. Eine Übersicht über die Lage der Komponenten gibt Abbildung 3.

Alle Daten und Prozesse sind auf einem zentralen Messcomputer mit Fernzugriff über das Internet zusammengefasst. Mit einer speziell dafür entwickelten Software werden die Daten ausgewertet und grafisch dargestellt. Das Messprogramm steuert die Kameras, nimmt die Messungen vor und protokolliert die Messergebnisse auf SQL-Basis in einer Datenbank. Außerdem werden Meldungen, Messwerte und Bilder angezeigt (s. Abb. 4). Die Anzeige der Messwerte erfolgt sowohl in Pixeln (d. h. die rohen Messwerte ohne Umformung) als auch in mm-Auslenkung, bezogen auf eine einmal festgelegte Null-Position. Die Frequenz der Aufnahmen wird in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit und der Größe der Durchbiegung gesteuert.

In Versuchen mit einer künstlichen Last (s. Abb. 5) wurde die tatsächliche Biegesteifigkeit der Hauptträger ermittelt.

Der Vergleich der gemessenen (Kamera, Bodenlaser) und statisch berechneten Werte (Statik) für Vertikalverschiebungen in der Mitte des Hauptträgers ist in Abbildung 6 dargestellt. Die Übereinstimmung der Ergebnisse ist sehr gut. Die tatsächliche Biegesteifigkeit des Hauptträgers übersteigt die in der statischen Berechnung eingesetzten Normwerte. Aus den Ergebnissen der Verformungsmessungen resultiert ein E-Modul von $E = 1.400 \text{ kN/cm}^2 = 14.000 \text{ N/mm}^2$.

Auf dieser Grundlage wurden Verformungsgrenzen festgelegt, bei deren Erreichen Kontrollhandlungen vorgenommen oder Alarm ausgelöst werden soll. Für die Alarmierung wird die technische und organisatorische Infrastruktur der vorhandenen Brandmeldeanlage mit genutzt.

Zusammenfassung der Ergebnisse

Im vorliegenden Bericht wird ein neues Verfahren zur Erfassung von Verformungen an weit gespannten Hallen-tragwerken vorgestellt. Es beruht auf den Methoden der digitalen Bildverarbeitung. Das Verfahren wurde im Rahmen der Forschungsarbeit von der ersten Idee über mehrere Stufen von Vorversuchen bis hin zu einem alltags-tauglichen Prototypen entwickelt. Abschließend wurde es in einem Pilotprojekt getestet und weiter verfeinert.

Es konnte gezeigt werden, dass die digitale Bildverarbeitung hervorragend dafür geeignet ist, Verformungen an Gebäuden kontinuierlich zu messen. Die Ge-

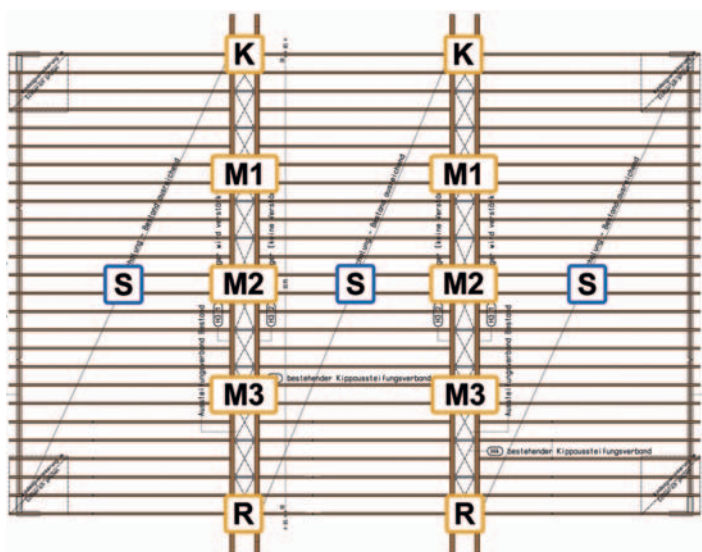


Abb. 3: Turnhalle in Murnau, Monitoringsystem, Lage der Systemkomponenten

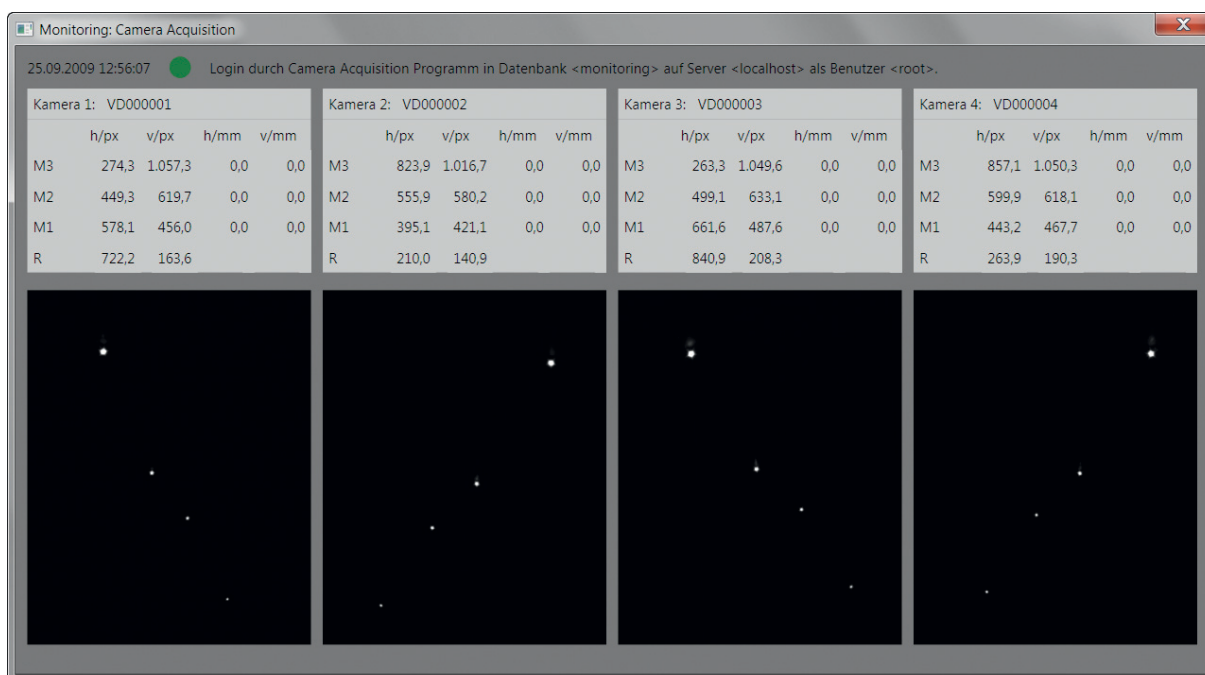


Abb. 4: Benutzeroberfläche des Messprogramms „Camera Acquisition“ mit den Bildern der Leuchtdioden an den vier Hauptträgern (unten), den gemessenen Verformungswerten (darüber) und dem Feld für Fehlermeldungen (oben)



Abb. 5: Künstliche Last auf dem Dach der Turnhalle, bestehend aus 154 mit Wasser gefüllten 90-l-Mörtelkästen, unmittelbar nach Abschluss des Befüllvorgangs

naugkeiten, die man damit erzielen kann, übertreffen die Erfordernisse bei der Überwachung auch von weit gespannten Tragwerken. Gleichzeitig sind die Systeme einfach, robust und kostengünstig. Redundanz und damit zusätzliche Sicherheit kann durch die Kombination mit anderen Messsystemen wie Schneelastsensoren oder Laser-Distanz-Messgeräten erreicht werden.

Das Monitoringsystem kann und soll kein Ersatz für die Beurteilung der komplexen Zusammenhänge bezüglich Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit durch einen geschulten und erfahrenen Fachmann sein. Vielmehr steht damit ein zusätzliches und verlässliches Ingenieurwerkzeug zur Verfügung, mit dessen Hilfe der sichere Betrieb von Gebäuden – auch bei sich ändernden Bedingungen, z. B. bei Schneelasten – dauerhaft gewährleistet werden kann.

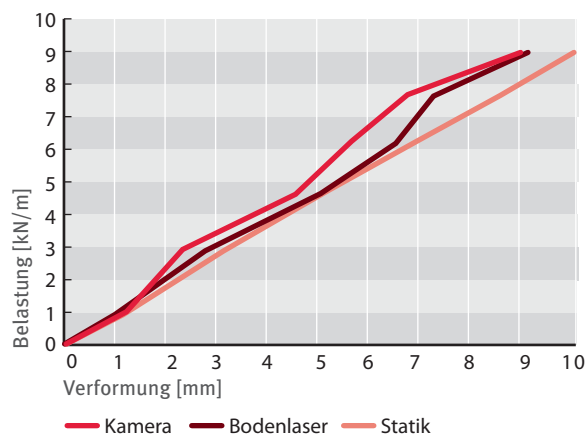


Abb. 6: Künstliche Last auf dem Dach der Turnhalle; Vergleich der gemessenen (Kamera, Bodenlaser) und statisch berechneten Werte (Statik) für Vertikalverschiebungen in der Mitte des Hauptträgers; Horizontalachse = Verformung [mm], Vertikalachse = Belastung [kN/m]

Literaturverzeichnis

- [1] K. Henke, R. Pawlowski, S. Winter, *Kontinuierliche Verformungsüberwachung weitgespannter Hallentragwerke auf der Basis digitaler Bildverarbeitung*, Schlussbericht für das aus Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung geförderten Forschungsvorhaben (Aktenzeichen: Z6-10.08.18.7-08.18/II2-F20-08-20), München/Karlsruhe, 2011.
- [2] R. Pawlowski, K. Henke, et al., *Digital image processing in the monitoring of wide-span timber roof structures*, COST E55 – Modelling of the Performance of Timber Structures, 3rd Workshop, Helsinki, Finland, März 2008.
- [3] R. Pawlowski, K. Henke, et al., *Monitoring of wide-span timber roof structures – development of a monitoring system*, CD-ROM, WCTE 2008 – 10th World Conference on Timber Engineering, Miyazaki, Japan, 2008.
- [4] W. Riedner, *Sicherheit und Überwachung von weitgespannten Hallensystemen*, in: Bautechnik, 1/2007, S. 78–80.
- [5] S. Winter, *Der Einsturz der Sporthalle in Bad Reichenhall und was man daraus lernen muss*, in: Zusschnitt, Vol. 25, März 1994, S. 17.

Autoren

Prof. Dr.-Ing. Robert Pawlowski

Professor an der Fakultät für Architektur und Bauwesen

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Stefan Winter

Dipl.-Ing. Dipl.-Wirtsch.-Ing. Klaudius Henke

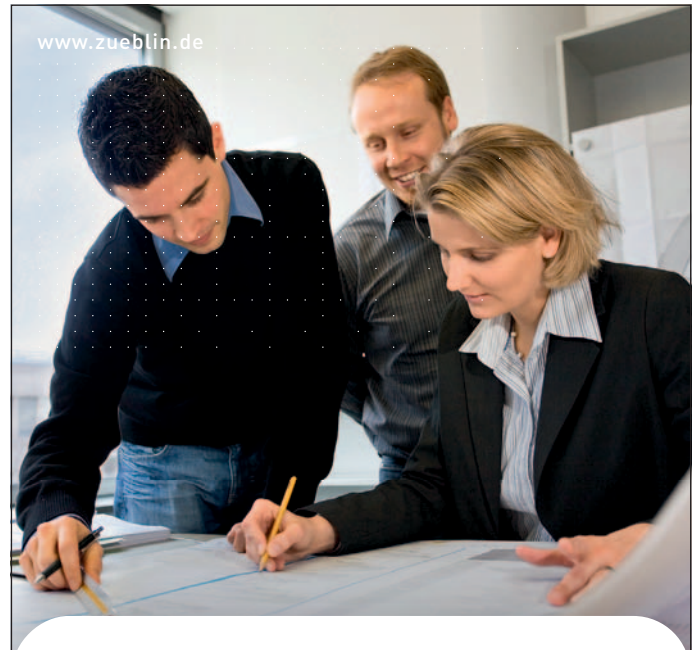
Technische Universität München
Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen
Lehrstuhl für Holzbau und Baukonstruktion

Dipl.-Ing. Peter Schregle

Impuls computergestützte Bildanalyse GmbH
Buchloe

Kontakt

Prof. Dr.-Ing. Robert Pawlowski
Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft
Fakultät für Architektur und Bauwesen
E-Mail: robert.pawlowski@hs-karlsruhe.de



KARRIERE BEI ZÜBLIN

Seit über 110 Jahren setzt Züblin durch die erfolgreiche Realisierung anspruchsvoller Bauprojekte im In- und Ausland immer wieder Maßstäbe. Wir bieten unseren Kunden ein umfassendes Leistungsspektrum und entwickeln maßgeschneiderte Lösungen für technisch und wirtschaftlich optimierte Bauvorhaben jeder Art und Größe. Das Know-how und die Innovationskraft unserer rund 13.000 Mitarbeiter sind dabei die Basis unseres Erfolgs. Werden auch Sie Teil dieser Erfolgsgeschichte. Ob **Traineeprogramm**, **Direkteinstieg** oder **Praktikum**: Entscheiden Sie sich für eine Karriere bei Züblin – eine Karriere, die Maßstäbe setzen wird.

Ed. Züblin AG
Direktion Karlsruhe
An der Tagweide 18
76139 Karlsruhe
www.zueblin.de

ZÜBLIN

Bauen in Bestand: SynergieStrukturen – Kloster Frauenalb

The Synergy Structures Project for the Frauenalb Abbey dates back to the ProStudium tender launched by Karlsruhe University of Applied Sciences in 2009. More than one hundred students, members of staff and senior lecturers from the Faculties of Architecture and Construction Engineering, Electrical Engineering and Information Technology and Geomatics have spent over 2 years investigating the ruins of the former Frauenalb convent. They devoted their time to the history, the condition and the conservation and redevelopment potential of this historic monument. Due to the complexity of the project, it was necessary to explore new ways of working together and to build bridges between teaching, research and practical implementation.

1. Anlass und Projektziel

Das Projekt SynergieStrukturen – Kloster Frauenalb ging aus der Ausschreibung ProStudium der Hochschule Karlsruhe im Jahr 2009 hervor. Über zwei Jahre hinweg haben sich mehr als hundert Studierende, Mitarbeiter und Dozenten der Fakultäten für Architektur und Bauwesen, Elektro- und Informationstechnik sowie Geomatik mit der Geschichte, dem baulichen Bestand und dem Entwicklungspotenzial des Bau- und Kulturdenkmals Klosterruine Frauenalb befasst. Die Komplexität der Projektanforderungen machte es notwendig, neue Wege zu gehen und Brücken zwischen Lehre, Praxis und Forschung zu schlagen.

Das Kloster Frauenalb, dessen Geschichte bis ins 12. Jahrhundert reicht, besteht aus dem dringend sanierungsbedürftigen Abteigebäude, den Kirchenmauern samt Türmen und dem nur in Teilbereichen vorhandenen Mauern des Konventgebäudes.

Im Sommer finden in der Kirchenruine klassische Musikkonzerte statt und in der Winterzeit beherbergt die Anlage einen Weihnachtsmarkt. Im Mittelpunkt der

Projektarbeit stand die Frage nach einer neuen Nutzung der Klosteranlage unter Beachtung der architektonischen, technischen und wirtschaftlichen Gegebenheiten und Anforderungen.

2. Projektschritte

A – Geschichte und Bestandsanalyse

Zunächst wurde von Studierenden der Architektur und des Bauingenieurwesens die Geschichte des Ortes erkundet, die architektonische Typologie beschrieben und die vorhandene Bausubstanz analysiert. Dabei wurden Schäden aus unterschiedlichen Zeitphasen erfasst, Plangrundlagen erstellt und vielfältige technische Untersuchungen mithilfe von modernsten Techniken und Verfahren wie Wärmebildaufnahmen und Ionenchromatographie durchgeführt. Darüber hinaus wurde das gesamte Areal der Ruine mit seiner komplexen Geometrie dreidimensional detailliert erfasst und multimedial aufbereitet. Als besonders gut geeignet erwiesen sich hierfür Messverfahren, wie sie am Labor für 3D-Laserscanning von Studierenden des Studiengangs Vermessung und Geomatik eingesetzt werden. Im Rahmen einer Bachelorthesis wurde mithilfe eines Laserscans ein dreidimensionales CAD-Modell der Klosteranlage erstellt, mit dem einerseits die Integration der verschiedenen Planungsvarianten und eine sehr realitätsnahe Betrachtung der Ergebnisse aus beliebigen Blickwinkeln möglich ist und andererseits Planunterlagen wie Schnitte, Grundrisse und Ansichten automatisch generiert werden können.

B Variantenentwicklung

Architektur

Zunächst stellt das Projekt Frauenalb exemplarische Fragen nach dem Umgang mit historisch bedeutender Bausubstanz. Auch wenn das Weiterbauen an vorhandenen Strukturen schon immer zum Aufgabenfeld von Baumeistern, Architekten und Ingenieuren zählt, entzündeten sich gerade an historisch bedeutenden Objekten immer wieder kontroverse Debatten. Nun scheint



Abb. 1: Kloster Frauenalb, Kirchengebäude, Blick von Süden

sich in den letzten Jahren erneut ein Paradigmenwechsel zu vollziehen, der insbesondere die bauliche Fortschreibung der Geschichte bis hin zur Rekonstruktion angesichts aktueller Beispiele neu bewertet und damit auch die Kriterien der Denkmalpflege zum Teil infrage stellt. Hier besteht zweifelsohne Bedarf an Forschungsaktivitäten, mit denen unter Berücksichtigung der Geschichte der Bauwerke einerseits und der Nutzung modernster Bautechniken andererseits ein angemessener und ausgewogener Umgang mit Baudenkmalern aufgezeigt werden soll. Im Fall des Klosters Frauenalb geht es nicht um die Fortführung oder Wiederherstellung der ehemaligen Struktur und Nutzung, sondern um eine Adaption, Umdeutung und Metamorphose des fragmentierten Bestandes. Zwei konträre Forderungen stehen einander gegenüber: zum einen der Erhalt der Ruine als Zeitdokument, zum anderen der Wunsch, diesen Ort für neue Nutzungen zu erschließen und ihn damit baulich zu verändern.

Aufgabe der Architekturstudierenden war es, das Spektrum der Möglichkeiten auszuloten, die einzigartige Atmosphäre der Klosterruine beizubehalten und dabei gleichzeitig Raum zu schaffen für denkbare, neue bzw. ergänzende Nutzungen.

Bauingenieurwesen

Ausgangspunkt für die Arbeit der Bauingenieure in dieser Projektphase war die Entwicklung einer Überdachung des Kirchenraums, um ihn als wettergeschützten Veranstaltungsort für eine vielfältige Nutzung zu erschließen. Im Rahmen von Projekt- und Abschlussarbeiten entstand ein breites Spektrum an Varianten in Holz, Stahl und Glas. Eine wandelbare Alternative, mit der durch Auf- und Zumachen der Dachfläche auf verschiedene Wetterbedingungen schnell reagiert werden kann, wurde als ein leichtes Membrantragwerk entworfen.

Aufbauend auf den Ergebnissen der Entwürfe für das Kirchendach wurde der Fokus der Arbeit kontinuierlich auf die Gesamtanlage erweitert. Unterschiedliche Nutzungsmodelle bildeten die Grundlage sowohl für architektonische Konzepte als auch eine Reihe technischer Untersuchungen zur Tragsicherheit, zum Brand- und Wärmeschutz als auch zu den akustischen Bedingungen der Räume. Neben der Beantwortung von technischen Fragen erwies sich die Strukturierung der gewonnenen Daten und Erkenntnissen innerhalb des Projektes als eine besondere Herausforderung. Hierfür wurde von angehenden Bauingenieuren im Rahmen einer Projektarbeit im Masterstudiengang eine Datenbankstruktur mit flexiblen Abfragealgorithmen entwickelt, mit der eine prinzipielle Lösung zur schnellen

und zielsicheren Bereitstellung des Projektwissens aufgezeigt werden kann. Es wäre sinnvoll, diesen Ansatz innerhalb eines weiteren Forschungsvorhabens zu vertiefen.

Projektmanagement

Parallel erarbeitete der Masterstudiengang Baumanagement eine fiktive Machbarkeitsstudie zur wirtschaftlichen Sanierung der Klosteranlage. Die Bearbeitung orientierte sich an den real vorhandenen Randbedingungen, der Satzung der Stiftung Frauenalb, den Denkmalschutzanforderungen sowie den Eigentumsverhältnissen.

Die projektspezifische Organisation gliederte die Gruppe in dreizehn Teams. Unter der (studentischen) Gesamtprojektleitung war jedem Objekt (Abtei, Kirche, Konvent) ein Teilprojektleiter mit vier fachbezogenen Teams zugeordnet. Die Teams „Nutzung“ erarbeiteten neben den zu favorisierenden Nutzungskonzepten auch die daraus möglicherweise zu erzielenden Erträge. Die Teams „Sanierung“ hatten die Aufgabe, die für die vorgesehenen Nutzungskonzepte notwendigen baulichen Maßnahmen zu erarbeiten und Kostenermittlungen für die Investitions- und die Betriebsphase durchzuführen. Die Teams „Finanzierung“ kümmerten sich um eventuell nutzbare Fördermittel, stellten Finanzierungsmöglichkeiten zusammen und überprüften die Wirtschaftlichkeit der verschiedenen Nutzungskonzepte. Die Teams „Termine“ fassten alle relevanten Informationen in ein Ablaufkonzept und schließlich in gestufte Termin- und Mittelabflusspläne. Darüber hinaus wurden Überlegungen angestellt, wie ein Betrieb der Nutzungskonzepte organisatorisch geregelt werden könnte.

Eine Überprüfung der langfristigen Wirtschaftlichkeit der vorgesehenen Maßnahmen hat ergeben, dass unter bestimmten Annahmen und Voraussetzungen, die insbesondere die Einnahmenseite betreffen, für die Variante mit den Nutzungen: Abteil – Wohnen und Nebenräume; Kirche – kulturelle Veranstaltungen; Konvent – unverändert, eine geringe positive Eigenkapitalrendite erzielbar wäre.

Bestandsuntersuchungen und -bewertungen im Hinblick auf erforderliche Sanierungsmaßnahmen, Nutzungs- und Betreiberkonzepte, einschließlich baulicher Vorschläge, Betriebsaufwände und -erträge sowie langfristig angelegte Wirtschaftlichkeitsberechnungen sind die zentralen Elemente einer Machbarkeitsstudie dieser Art. Die Methoden und die erforderlichen Daten sind nur lückenhaft vorhanden bzw. aufbereitet. Hieraus ergeben sich u. a. folgende Forschungsansätze:

- Erarbeitung einer Methodik zur zuverlässigen Identifikation der Kostentreiber und Abschätzung der Sanierungskosten mit möglichst einfachen Untersuchungsmaßnahmen (→ Minimierung des Untersuchungsaufwands)
- Systematisierung und Aufbereitung von Betreiberkonzepten für zahlreiche Nutzungsarten hinsichtlich längerfristiger Kosten- und Ertragsentwicklungen (→ schnelle Verfügbarkeit zuverlässiger Daten)
- Entwicklung eines standardisierten Werkzeugs zur langfristigen Wirtschaftlichkeitsberechnung (→ Erzielen zuverlässiger Berechnungen)

C Lösungsvorschlag

In der letzten Phase wurde aus der Fülle von Vorschlägen und Ideen ein modularer Lösungsansatz mit drei Hauptbausteinen ausgearbeitet, dessen Realisierung in mehreren Stufen erfolgen könnte. Eine Synthese der beiden zuvor genannten, konträren Denkansätze „bewahren“ und „neu nutzen“ könnte dadurch entstehen, dass die Eingriffe auf ein notwendiges Mindestmaß beschränkt werden und dennoch ein kontinuierlicher Wandlungsprozess in Gang gesetzt wird. Der erste Baustein umfasst die Sanierung und Umnutzung des Abteigebäudes zu einer einfachen Unterkunft für Gäste, Musiker und Künstler, ergänzt durch eine kleine Gastronomie und ein Museum. Der zweite Baustein ist ein wandelbares Membrandach über der Kirche, das den vielfältigen Anforderungen Rechnung tragen soll – es bietet Witterungsschutz und akustischen Gewinn, gleichzeitig bleibt die Freilichtatmosphäre erhalten. Der dritte Baustein stellt eine begrünte Pergola dar, die – punktuell mit Funktionsräumen für Veranstaltungen (Sanitärräume, Catering, bei Bedarf Umkleieräume usw.) unterbaut – in ihrer filigranen Struktur die Spuren der historischen Klosteranlage nachzeichnet.

3. Resümee

In dem Projekt wurden drei Grundgedanken verwirklicht: Das Planen und Bauen im Bestand wurde entsprechend seiner stetig wachsenden Bedeutung stärker im Studium verankert, das interdisziplinäre Denken und Arbeiten innerhalb der Hochschule und darüber hinaus wurde gefördert und schließlich konnten die beiden genannten Aspekte an einer konkreten Aufgabe praxisorientiert angewandt werden.

Um diese Ziele zu erreichen, war es notwendig sowohl die fachlichen Aspekte intensiv zu behandeln als auch die soziale Komponente im Focus zu behalten: Berührungspunkte zwischen den Studierenden verschiedener Fakultäten mussten abgebaut werden,

die zum Teil sehr unterschiedlichen Arbeitsweisen mussten unter Beachtung der Lehrpläne und Studienordnungen aufeinander abgestimmt werden. Dabei galt es das prüfungsorientierte Lernen durch iterative Lösungsfindungs- und Entwurfsprozesse zu ersetzen, zunächst ohne einer Garantie für die Studierenden, dass ihre Suche erfolgreich sein wird. Natürlich war das Projekt vor diesem Hintergrund kein linearer Prozess mit einem stetigen Verlauf, bei dem die Leistungen von Woche zur Woche besser wurden, alleine deswegen, weil interdisziplinär gearbeitet wurde. Nicht selten wurde das Projekt durch gedankliche Schleifen, durchaus intensive Diskussionen und manchmal konträre Meinungen geprägt. Interessanterweise entstand dadurch immer wieder eine Eigendynamik, die, angemessen moderiert, zu konstruktiven und kreativen Denkansätzen und Lösungen geführt hat. So entwickelten sich im fachübergreifenden Zusammenspiel zwischen Studierenden und Dozenten neben praxisorientierten Lösungen Denkansätze und Ideen, die durchaus tragfähig sind, neue Forschungsthemen zu formulieren. Diese Interaktion war ausschlaggebend dafür, dass bereits innerhalb des Studiums Brücken zwischen Lehre, Praxis und der angewandten Forschung gebaut werden konnten.

Autoren

Prof. Dr.-Ing. Robert Pawlowski
Prof. Dipl.-Ing. Florian Burgstaller
Prof. Dr.-Ing. Hermann Hütter

Professoren an der Fakultät für Architektur und Bauwesen

Prof. Dr.-Ing. Tilman Müller

Professor an der Fakultät für Geomatik

Kontakt

Prof. Dr.-Ing. Robert Pawlowski
Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft
Fakultät für Architektur und Bauwesen
E-Mail: robert.pawlowski@hs-karlsruhe.de

Kältetechnologien in Deutschland – Energetische, ökologische Analysen sowie Potenziale der Entwicklung

Cooling technology is of great economic and environmental (energy) importance. About 15 % of electrical energy was used for refrigeration in Germany in 2009. The aim of the project “Cooling technology in Germany – Energetic, environmental analysis and development potential” is to quantify the present and future demand for energy, the associated equivalent CO₂ emissions and the potential of energy efficiency in the complete range of vapor compression applications.

Der grundlegende thermodynamische Prozess fast aller Kältetechnologien ist der in Abbildung 1 dargestellte Kaldampfkompressionsprozess, mit dem Wärme auf niedrigem Temperaturniveau aufgenommen und auf hohem wieder abgegeben wird. Dieser Prozess wird mithilfe von Kältemaschinen zur Lebensmittelkühlung, Raum- und Gebäudeklimatisierung und gewerblichen oder industriellen Prozesskühlung eingesetzt. Derselbe Prozess kann zur Wärmebereitstellung genutzt werden, z. B. zur Raumheizung oder Warmwasserbereitung. In diesem Fall nennt man die Maschine Wärmepumpe.

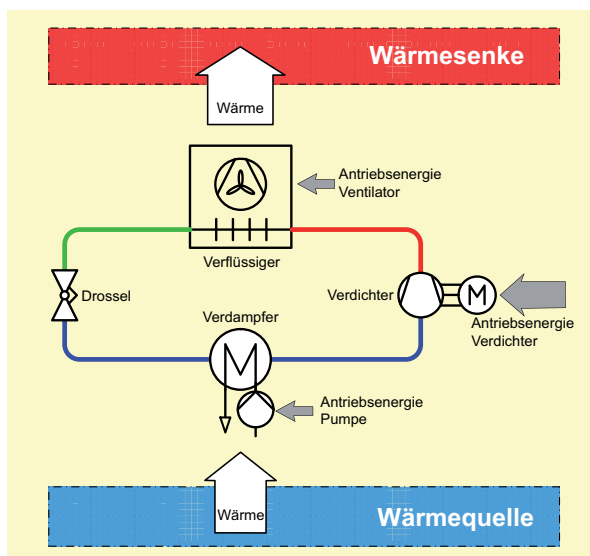


Abb. 1: Anlagenschaltbild einer einfachen Kompressionskältemaschine

Vielfältige Anwendungen des Kaldampfkompressionsprozesses sind für die Verbesserung menschlicher Lebensbedingungen sowie technischer und industrieller Prozesse von großer Bedeutung. Für moderne Industriegesellschaften sind sie unverzichtbar. Mit dem stetig wachsenden Bedarf in den letzten Jahren stiegen allerdings auch der Energiebedarf zum Antrieb von Kältemaschinen sowie die daraus resultierende Klimabelastung. Die Anzahl der in Deutschland

existierenden Kältemaschinen liegt gegenwärtig bei knapp 125 Millionen, von denen über 70 % elektrisch angetrieben werden. Deren Verbrauch an Antriebsenergie liegt nach Recherchen des Verbands Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) bei ca. 72 Mrd. kWh, was gegenwärtig ungefähr 15 % der in Deutschland insgesamt verbrauchten Elektroendenergie entspricht [1]. Die Anwendungsgebiete der Kältetechnik in Deutschland sowie der Energiebedarf werden aus Abbildung 2 ersichtlich.

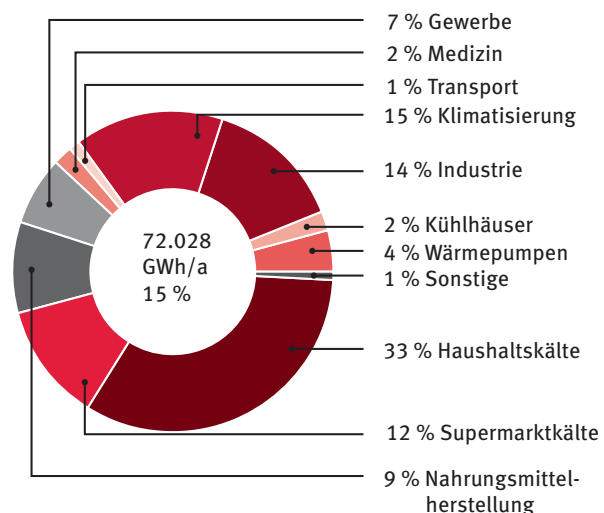


Abb. 2: Elektrischer Endenergieverbrauch für die Anwendungsbereiche der Kältetechnik in Deutschland im Jahr 2009. Die vom VDMA geschätzten ca. 72 Mrd. kWh entsprechen in etwa 15 % des nationalen Elektroenergiebedarfs, Daten aus [1]

Es wird erwartet, dass der Elektroenergieverbrauch ohne Gegenmaßnahmen weiter (ungebremst) steigt. Das Gleiche gilt für den nicht-elektrischen Energiebedarf, z. B. bei Fahrzeugklimaanlagen und Transportkühlfahrzeugen.

Im Rahmen des Projekts „Kältetechnologien in Deutschland – Energetische, ökologische Analysen sowie Potenziale der Entwicklung“ werden der gegenwärtige und zukünftige Energie- und Leistungsbedarf, die damit verbundenen CO₂-äquivalenten Emissionen, die Energieeffizienzpotenziale aller Anwendungsbereiche der

Kaltdampfkompensationstechnik sowie die Klimaschutzeffekte und -potenziale quantifiziert. Als Basis des Forschungsvorhabens dienen u. a. die älteren Veröffentlichungen von Steinborn [2] und vom Deutschen Kälte- und Klimatechnischen Verein [3] sowie die aktuelle Studie des VDMA [1].

Eine fundierte Untersuchung der energetischen Potenziale von Kälteanlagen setzt aktuelle Daten aus den verschiedenen Anwendungsbereichen voraus. Da diese Daten aus den vorgenannten Veröffentlichungen nur bedingt zur Verfügung stehen und sich zum Teil Bestandsveränderungen eingestellt haben, werden aktualisierte Datenerhebungen durchgeführt, die die Grundlage umfassender Betrachtungen sind. Neben der Darstellung der Effizienz der Kälteanlagen soll ein Best-Practice-Modell im jeweiligen Anwendungsbereich aufgezeigt werden. Das Best-Practice-Modell beschreibt die momentan optimale und sinnvollste Ausführung einer Kälteanlage. Dadurch wird eine nutzenspezifische Gegenüberstellung mit vorhandenen, branchenüblichen Anlagentypen möglich und das realistische Einsparpotenzial kann quantifiziert werden. Der objektive Vergleich mit dem Carnot-Prozess, der die theoretisch höchste Effizienz des Kreisprozesses bei vorgegebenen Temperaturen darstellt, liefert zusätzlich eine Vergleichsbasis über die Energieeffizienz der verschiedenen Kälteanlagen. Diese thermodynamischen Ansätze werden verständlich dargestellt und bieten somit den betroffenen technischen Branchen, Forschungseinrichtungen und der Politik eine fundierte Grundlage zur Bewertung kältetechnischer Anlagen.

In einem weiteren Schritt sollen die vorhandenen Klimaschutzpotenziale ermittelt werden. Neben den indirekten CO₂-Emissionen, die durch Elektroenergieerzeugung verursacht werden, leisten die ungewollten direkten Emissionen von Kältemitteln ebenso einen Beitrag zum Treibhauseffekt. Die Gesamtemissionen können durch Energieeffizienzmaßnahmen, Minimierung von Leckagen, Reduzierung der Füllmengen, Einsatz optimal geeigneter Kältemittel und Nutzung von Abwärmeströmen durch Wärmepumpen verringert oder sogar vermieden werden. Die Europäische Union hat das Ziel, die Treibhausgasemissionen bis 2020 im Vergleich zu 1990 um 20% zu reduzieren. Deutschland strebt sogar eine Reduzierung um 40% und gleichzeitig eine Senkung des Elektroendenergieverbrauchs um 10% an [4]. Um Erkenntnisse über die unterschiedlichen Einflüsse und Höhe von Kältemittlemissionen zu gewinnen und Entscheidungsgrundlagen zu schaffen, erfolgen im Rahmen

des Forschungsvorhabens Detailuntersuchungen zur nationalen Kältemittelverwendung. Zusätzlich werden thermophysikalische, ökologische und anwendungsspezifische Daten der aktuell verfügbaren natürlichen, halogenierten sowie der in der Entwicklung befindlichen Kältemittel zusammengestellt. Die Analyse einzelner Anwendungsbereiche soll Erkenntnisse hinsichtlich der aussichtsreichsten Energieeffizienzmaßnahme liefern, und die Untersuchung weiterer Potenziale wie übergeordnete Regelung von Kälteanlagen, systematische Nutzung der Abwärme, Möglichkeiten des „demand side managements“ sowie Speicherung von Kälte soll Grundlage von Empfehlungen sein.

Durch das Projektvorhaben soll die gegenwärtige und zukünftige Umweltrelevanz einer Anwendungstechnik analysiert werden, die sehr große Klimaschutzpotenziale aufweist. Diese Potenziale können genutzt werden, wenn allen Betroffenen zuverlässige Informationen zur Verfügung stehen und diese gewinnbringend und effektiv verwendet werden. Das Vorhaben soll Entscheidungsgrundlagen für industrielle und universitäre Forschung und Entwicklung sowie für Politik und die Weiterentwicklung öffentlicher Förderprogramme geben. Die durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung in Auftrag gegebene Studie wird vom Institut für Angewandte Forschung an der Hochschule Karlsruhe geleitet. Mitwirkende Projektpartner sind: Institut für Luft- und Kältetechnik gGmbH, Dresden, Forschungszentrum für Kältetechnik und Wärmepumpen GmbH, Hannover, Institut für Energie-, Kälte- und Klimatechnik, Gladbeck, Informationszentrum Wärmepumpen und Kältetechnik, Breuberg, Ice-TeX-Ingenieurbüro, Sponholz-Rühlow.

Literatur

- [1] G. Preuß, *Energiebedarf für Kältetechnik in Deutschland: Eine Abschätzung des Energiebedarfs von Kältetechnik in Deutschland nach Einsatzgebieten*, VDMA (Hrsg.), Frankfurt am Main, 04.04.2011, Tab. S. 6.
- [2] D. Steinborn, *Deutsche Kältebranche – vielfältige Einsatzgebiete bringen einen Umsatz von 17 Mrd. DM*, in: *Ki Luft und Kältetechnik*, 2(1998), S. 59–62.
- [3] ILK, FKW, Uni Essen, *Energiebedarf bei der technischen Erzeugung von Kälte in der Bundesrepublik Deutschland*, Statusbericht Nr. 22 des Deutschen Kälte- und Klimatechnischen Vereins (DKV), Juni 2002.

- [4] Umweltbundesamt (2009), *Klimaschutzprogramme und -maßnahmen in Deutschland*, www.umweltbundesamt-daten-zur-umwelt.de/umwelt-daten/public/theme.do?nodeId=3156 (Stand 12.10.2011).

Autoren

Prof. Dr.-Ing. Michael Arnemann

Professor an der Fakultät für Maschinenbau und Mechatronik

Dipl.-Ing. (FH) Thorsten Hauck

Akademischer Mitarbeiter am Institut für Angewandte Forschung (IAF) und Institut für Kälte-, Klima- und Umwelttechnik (IKKU)

Kontakt

Prof. Dr.-Ing. Michael Arnemann
Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft
Fakultät für Maschinenbau und Mechatronik
Institut für Kälte-, Klima- und Umwelttechnik
Moltkestr. 30
76133 Karlsruhe
E-Mail: michael.arnemann@hs-karlsruhe.de
Telefon: 0721 925-1842

Der Schlüssel zu Ihrer Karriere

Als international tätiges Familienunternehmen entwickelt und produziert OBE komplexe feinmechanische Elemente und Baugruppen in hohen Stückzahlen. Neben der Herstellung von Komponenten sind wir mit einem patentierten System zur Oberflächenkontrolle im Bildverarbeitungsmarkt tätig. Zu unseren Kunden zählen renommierte Unternehmen aus der Automobilbranche, der Medizintechnik, Telekommunikation und Optik.



OBE Ohnmacht & Baumgärtner GmbH & Co. KG
Turnstr. 22 · 75228 Ispringen
Tel. 07231-802-0
www.obe.de · personal@obe.de

Einstiegsmöglichkeiten:

Young Professionals (m/w)
Hochschulabsolvent (m/w)
Praktika/Abschlussarbeiten

Entwicklung von Mikrorobotern für den Einsatz in der medizinischen Labortechnik

This article is about the feasibility study which investigates the use of micro robots in medical laboratory technology. Based on a principle concept, a working platform with an integrated color navigation system is developed. On this platform several micro robots move completely autonomously based on the principle of the 'stick-slip effect'. In this case the structure is made up of a carrier and different functional units (gripper, pipette and microscope) that can handle a variety of exploratory tasks. This system is completed by a Bluetooth communication network and the control is carried out by a Host-PC with software especially programmed for this application.

Einführung

Die medizinische Labortechnik gilt als Schlüsseltechnologie der Labordiagnostik. Hierbei gilt es die unterschiedlichsten Proben, beginnend bei Blut und Urin bis hin zum Gewebe von Tumorzellen, zu untersuchen. Die dabei verwendeten Methoden reichen von der manuellen über die teil-/vollautomatische bis hin zur mikroskopischen Probenverarbeitung. Dieser weitgefassete Bereich erfordert einerseits hoch qualifizierte Mitarbeiter, andererseits auch entsprechende Laborautomaten.

An diesem Punkt knüpft der aktuelle Forschungsgedanke an, bei dem ein Mikrolabor zum Zweck der vollautomatischen Untersuchung von Laborproben im medizinischen Bereich entwickelt werden soll. Im Rahmen der laufenden Forschung gilt es nun den Einsatz von Mikrorobotern für derartige Aufgaben zu untersuchen.

Dabei liegt der Fokus auf Robotern, die sich auf einer ebenen, glatten Plattform autonom bewegen. Zum Erfüllen der unterschiedlichsten Aufgaben sind diese mit speziellen Werkzeugen ausgestattet. Die Fortbewegung beispielsweise erfolgt über zwei translatorische sowie einen rotatorischen Freiheitsgrad. Um auch kleinste Proben handhaben zu können, soll die Genauigkeit sämtlicher Bewegungen im Submillimeterbereich liegen. Ebenfalls besitzen die einzelnen Roboter eine eigene Energieversorgung, wodurch ein völlig eigenständiger Betrieb ermöglicht wird. Die gesamte Steuerung der Plattform inklusive Roboter erfolgt über eine drahtlose Kommunikationsschnittstelle mit einem PC.

Die Umsetzung dieses Konzepts basiert auf einer Bewegungs kinematik zu der eine Trägereinheit entwickelt wird. Parallel dazu werden Arbeitsplattform und Funktionseinheiten realisiert, die sich aus einem Greifer, einer Pipette und einem Mikroskop zusammensetzen.

Ergebnisse

Die Arbeitsplattform (s. Abb. 1) besteht aus einem Aluminiumgestell, das auf vier Nivelierfüßen gelagert ist.

Die eigentliche Arbeitsfläche ist 20 x 20 cm groß und besteht in Sandwichbauweise aus zwei Glasplatten, zwischen die ein Farbplot zur Navigation sowie eine Diffusorfolie zur Lichtstreuung eingebracht sind. Die Beleuchtung im Inneren der Plattform, die sowohl für die Navigation als auch für die Objektträger erforderlich ist, ist durch eine eingeklebte LED-Matrix mit einem Pixelabstand von 15 mm realisiert. Ferner sind vier Spulen, welche die Primärseite der induktiven Ladung darstellen, auf entsprechend konstruierten Halterungen aufgebracht und nahe der Bewegungsebene platziert. Oberhalb und beidseitig neben der Arbeitsfläche sind zur Probenaufnahme vier Positionen mit AmpliGrid Slides und Diagnostik-Objektträger vorgesehen, wodurch die Analyse unterschiedlichster Proben möglich ist. Zum Schutz vor Fremdeinwirkungen und zur Reduktion der Geräuscentwicklung aufgrund des Bewegungsprinzips der Roboter ist die gesamte Apparatur mit einer Haube aus Plexiglas umschlossen.

Die Trägereinheit (s. Abb. 2) als Herzstück dieses Projektes ist tonnenförmig ausgebildet und hat einen Durchmesser und eine Höhe von 30 mm. Sie be-

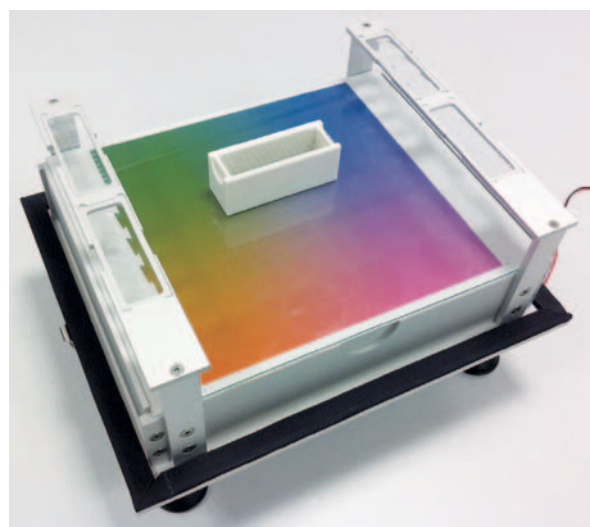


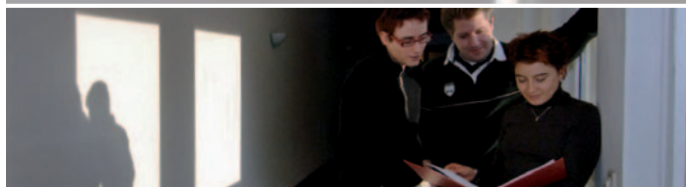
Abb. 1: Arbeitsplattform mit Farbplot und Objektträgern



Beratung



Forschung & Entwicklung



Aus- und Weiterbildung



Analysen & Expertisen

Steinbeis – Transferpartner der Hochschule Karlsruhe

Steinbeis und die Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft sind seit vielen Jahren gemeinsam erfolgreich im Wissens- und Technologietransfer aktiv, durch die gemeinsame Steinbeis Transferzentren GmbH an der Hochschule Karlsruhe ist seit 2009 eine noch engere Zusammenarbeit möglich.

Zahlreiche Steinbeis-Zentren an der Hochschule bieten insbesondere auch kleinen und mittelständischen Unternehmen maßgeschneiderte und innovative Problemlösungen an. Professoren, Studenten und Mitarbeiter der Hochschule nutzen mit Steinbeis ihr innovatives Potenzial in der angewandten Forschung für die Wirtschaft. Davon profitieren Hochschule und Wirtschaft gleichermaßen: die Praxisnähe sichert die Aktualität der Lehre und Ausbildung, der wissenschaftliche Fortschritt der Hochschule wiederum fördert direkt den Marktvorsprung der Unternehmen.



www.steinbeis-karlsruhe.de | www.stw.de

134678-2012-02



Dielektrikum

- für Senkerosion
- für funkenerosive Schnelllochbohrmaschinen
- für Drahterosion

oelheld ist Innovationsführer!
 Unsere Qualitäten werden von allen führenden Herstellern empfohlen.

Neue Forschungsprojekte sind der Katalysator für die permanente Weiterentwicklung unserer Produkte.



oelheld GmbH
 Ulmer Strasse 135-139 • 70188 Stuttgart
 Telefon: +49 (711) 168 63-0 • Fax: +49 (711) 168 63-40
hutec@oelheld.de • www.oelheld.de

Creative Thermal Solutions

DBK

DBK Award

Die Jahrgangsbesten. Der studentische Wettbewerb.

1. Preis, in Höhe von **1000,- Euro.** Bester Notendurchschnitt im Hauptstudium. **2. Preis,** in Höhe von **750,- Euro.** Zweitbeste Gesamtnote im Hauptstudium. **3. Preis,** in Höhe von **500,- Euro.** Für erbrachte Leistungen und gesellschaftliches Engagement. Verliehen durch die Fachschaft Elektrotechnik. Der **Innovationspreis,** in Höhe von **500,- Euro,** Innovativste Studienarbeit „Automotive“ im Studienjahr.

Teilnahmebedingungen. Teilnehmen können alle Studenten im Abschlussemester eines Jahrganges der genannten Studiengänge. Erstmals werden die Preise zum Ende des Studienjahrganges 2011 verliehen. Die Bewertung erfolgt anhand der erbrachten Leistungen und dem persönlichen Werdegang. Eine Einflussnahme Dritter erfolgt nicht.



DBK David+Baader GmbH
 Human Resources
www.dbk-group.de

in Kooperation mit der
Hochschule Karlsruhe
 Technik und Wirtschaft
Fakultät für Elektro- und Informationstechnik

steht aus vier Funktionsebenen, die den Rumpf der Mikroroboter sowohl mechanisch als auch elektrisch darstellen. Die unterste Ebene besteht aus einer piezoaktuierten Bewegungseinheit, die mittels Stick-Slip-Effekt die Fortbewegung und Drehung des Roboters ermöglicht. Je nach Bewegungsrichtung werden die Piezo-Keramiken sequenziell über ein analog erzeugtes Sägezahnsignal angesteuert. Außerdem ist die Sekundärseite der induktiven Ladevorrichtung, die den Antriebsstern umschließt, integriert. In Verbindung mit der Primärwicklung ist es gelungen durch eine 4 mm starke Glasscheibe eine Spannung von 5 V/30 mA zu induzieren, wodurch eine ausreichende Ladung des Akkumulators gegeben ist. Die zweite Ebene beinhaltet die Farbsensoren inklusive einer Verstärkerschaltung. Die gesamte Platine ist in eine Blende eingebettet, um Fremdlicht – was die Navigation beeinflussen würde – weitgehend abzuhalten. Aus Platzgründen ist hier zusätzlich die Elektronik für die Sekundärseite der Energieübertragung untergebracht. Darauf aufbauend ist der Lithium-Polymer-Akkumulator platziert, der mit einer Kapazität von 60 mAh einen Dauerbetrieb des Roboters von 20 Minuten ermöglicht. In der nächsten Ebene wird zum einen die Versorgungsspannung von 3,3 V für den gesamten Roboter, zum anderen direkt aus der Akkuspannung mittels eines integrierten Schaltkreises eine Hochspannung von 80 V/7 mA zum Betrieb der Piezo-Keramiken in der Schwingscheibe erzeugt. In der vierten und letzten Ebene ist die eigentliche Intelligenz des Roboters untergebracht. Hierbei übernimmt ein Mikroprozessor im Zusammenspiel mit

einem Bluetooth(BT)-Baustein sämtliche Steuerungs-, Regelungs- und Kommunikationsaufgaben. Ummantelt ist die gesamte Trägereinheit schließlich durch einen Kunststoffring, der die sensible Elektronik im Inneren vor äußeren mechanischen Einwirkungen schützt.

Die erste Funktionseinheit stellt der Greifer dar, der direkt auf der Trägereinheit fixiert wird. Die Neigung der Greiferspitze um $\pm 30^\circ$ erfolgt dabei durch einen piezoelektrischen Antrieb des Herstellers Elliptec. Die Detektierung der aktuellen Winkellage wird im laufenden Betrieb von einem magnetischen Absolut-Drehgeber in Kombination mit einem auf der Drehachse befindlichen Ringmagnet erfasst und der Elektronik übermittelt. Der zweite Aktuator ist ebenfalls piezoelektrisch betrieben und erlaubt eine Hubbewegung von 50 μm . Diese Bewegung wird bei nahezu gleicher Kraftwirkung durch eine FEM-optimierte Kinematik (s. Abb. 3) in einen Greifweg von bis zu 1,5 mm übersetzt. Dieser Mechanismus funktioniert durch das Zusammenspiel einer hochelastischen Nickel-Titanlegierung und einer sehr präzisen Fertigung mittels Drahterodierung im hochschuleigenen Institut für Fertigungstechnik und Produktion. Die für den Betrieb des Greifers notwendige Elektronik befindet sich auf einer an die Trägereinheit angepassten Platine direkt unterhalb der Mechanik.

Die Pipette besteht analog zum Greifer aus einer feststehenden Mechanik inklusive der Ansteuererelektronik und einem beweglichen Pipettenkopf. Dieser besteht aus einem Glaskörper, der eigentlichen Pi-

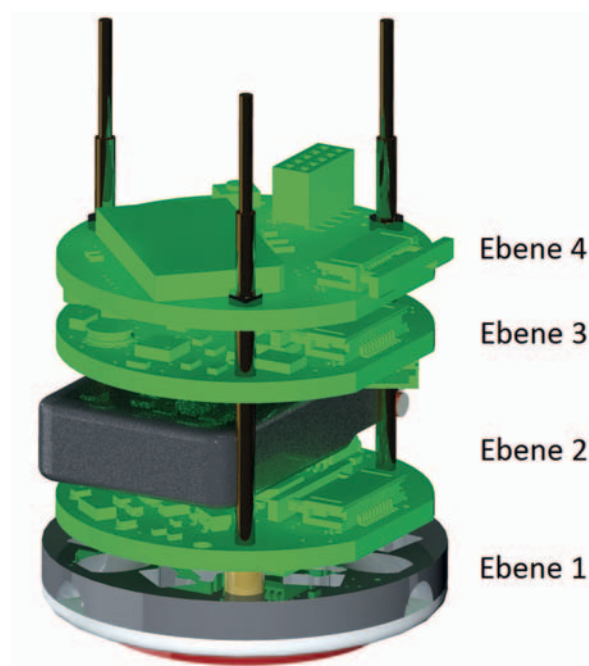


Abb. 2: Trägereinheit, bestehend aus der mechanischen Schwingscheibe und der Elektronik

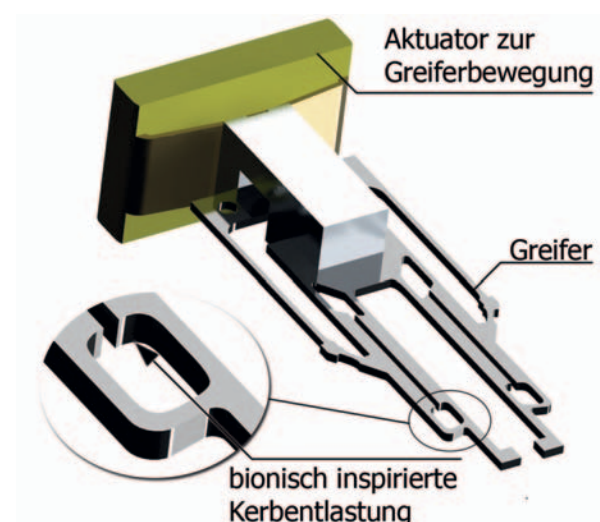


Abb. 3: Bionisch inspirierte Greiferspitze

pettiereinheit und einem Gegengewicht, das den Massenschwerpunkt im Zentrum des Roboters hält. Der Pipettiervorgang erfolgt durch die Drehbewegung eines Kleinstschrittmotors in Kombination mit einer Spindel. Die Spindelmutter wiederum ist an einem Teflonkolben befestigt, der innerhalb des Glaskörpers Flüssigkeitsmengen von 1-2 µl auf- und abgeben kann.

Das Mikroskop, als letzte Funktionseinheit, besteht im Kern aus einer Ein-Platinen-Funkkamera mit einer Auflösung von 510 x 492 Px und wiegt 16 g. Die zugehörige Funktechnologie arbeitet mit 2,4 GHz und ermöglicht das Senden sowohl von statischen als auch bewegten farbigen Aufnahmen. Die Optik der Kamera ist anwendungsbedingt auf eine Probengröße von 2 mm angepasst, die bildfüllend angezeigt werden kann. Da sich die Proben auf einer seitlichen Ablage befinden, wird der Strahlengang durch einen Spiegel entsprechend umgelenkt. Die Fokussierung des Bildes wird dabei durch einen linearen Piezoantrieb realisiert, der die auf einem Schlitten befindliche Kamera bezüglich der Spiegelposition um maximal 4 mm verfahren kann.

Zusammenfassung

Durch diese Machbarkeitsstudie, die im Rahmen eines Ideenwettbewerbs für Biotechnologie und Medizintechnik durchgeführt wurde, ist es ausgehend von einer Konzeptstudie gelungen eine Plattform für Mi-

kroroboter zu realisieren, die einzelne Aufgaben der medizinischen Labortechnik übernehmen kann. Das Potenzial dieser Entwicklung lässt sich durch folgende Punkte charakterisieren:

- Modulares Konzept, bestehend aus einer Trägereinheit und beliebigen Funktionseinheiten
- Autonomer Betrieb der Roboter durch drahtlose Energie- und Datenübertragung
- Wiederaufladen der Roboter über induktive Ladestationen in der Plattform
- Gleichzeitiger Betrieb mehrerer Roboter durch die Nutzung eines Bluetooth-Netzwerks
- Visualisierung und Steuerung aller Prozesse über eine eigens dafür entwickelte Software
- Sehr kompakter Aufbau des Mikrolabors für eine flexible Nutzung in den unterschiedlichsten Anwendungsfeldern

In den weiterführenden Tätigkeiten liegt der Fokus auf der Anpassung des Systems an konkrete labortechnische Anwendungen. Ein weiterer Schwerpunkt beinhaltet die Optimierung der Navigation, wobei hierbei ein Bildschirm unterschiedlichste Muster generieren soll.

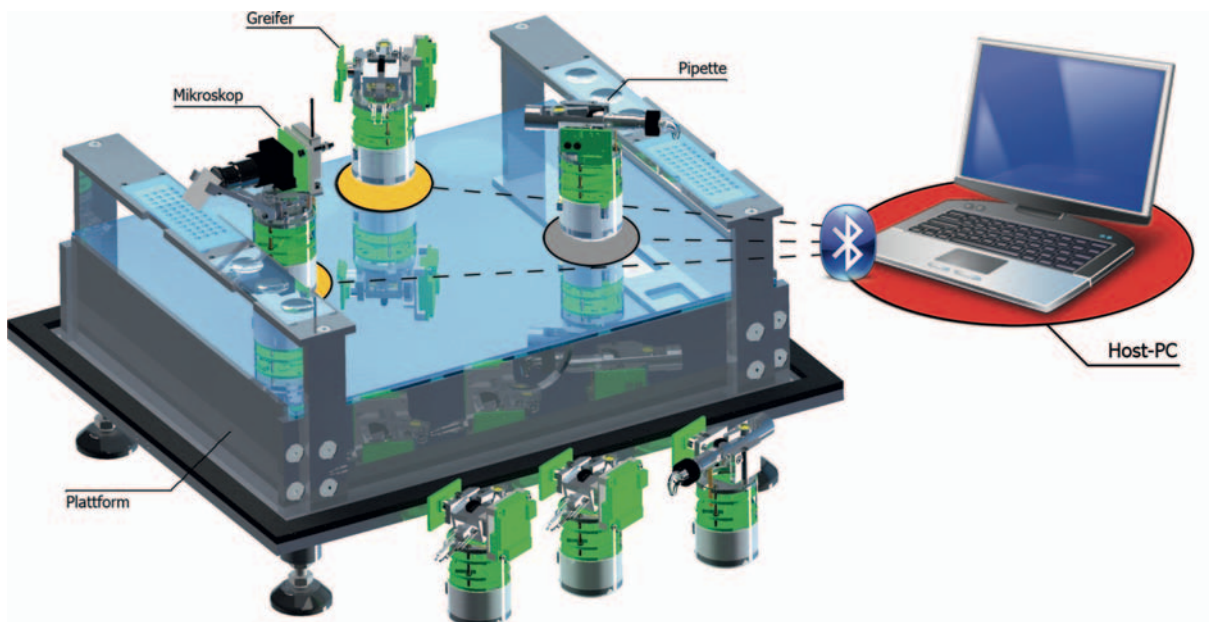


Abb. 4: Gesamtaufbau mit drei arbeitenden Robotern inklusive der zugehörigen Bluetooth-Kommunikation mit aktiven und passiven Teilnehmern

Autoren**Prof. Dr.-Ing. Ramon Estaña**

Professor an der Fakultät für Maschinenbau und Mechatronik

Julien Mintenbeck M.Sc.

Akademischer Mitarbeiter am Institut für Angewandte Forschung (IAF)

Kontakt

Julien Mintenbeck M.Sc.
Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft
Institut für Angewandte Forschung
Moltkestr. 30
76133 Karlsruhe
E-Mail: julien.mintenbeck@hs-karlsruhe.de
Telefon: 0721 925-2155

Innovativ, flexibel und schnell, haben wir als Entwicklungspartner namhafter Kunden die Nase vorn. In den Bereichen Automobil-, Maschinen- und Flugzeugbau sowie der Forschung betreuen wir zukunftsweisende Projekte auf hohem technischen Niveau vom Konzept bis zur Serienreife.



Für unsere Entwicklungsstandorte in Stuttgart, Landau, Wetzlar und Zürich (CH) suchen wir

Entwicklungsingenieure w/m

mit ProEngineer oder Catia V5 - Kenntnissen

Ihre Aufgaben:

Sie übernehmen Konstruktionsaufgaben in unseren Entwicklungsprojekten, die Sie im Team bis zur Serienreife eigenverantwortlich bearbeiten.

Ihre Freude, sich mit neuen Dingen auseinander zu setzen, sei es in der Analyse des konstruktiven Umfelds, der Konzepterarbeitung oder der konstruktiven Umsetzung der Aufgaben, erschließt Ihnen ein breites Aufgabengebiet.

Ihre Qualifikation:

Sie sind Dipl-Ingenieur/in (FH/TH) Maschinenbau- oder Fahrzeugtechnik oder haben eine adäquate Qualifikation. Sie verfügen möglichst über Erfahrung im Bereich Konstruktion und Projektbearbeitung sowie fundierte CAD-Kenntnisse in ProEngineer, Catia V5, oder einem vergleichbaren System. Ihr korrekter Umgang mit Kunden und Kollegen wird Ihrer Karriere ebenso zugute kommen wie gute Englischkenntnisse. Ein zeitlich begrenzter Entwicklungseinsatz im europäischen Ausland ist für Sie vorstellbar. Berufseinsteiger sind ebenfalls erwünscht.

Ein Anruf bei Herrn Husemann wird etwaige Fragen klären. Oder senden Sie uns einfach Ihre aussagekräftigen Bewerbungsunterlagen.

phi GmbH CAD Entwicklung & Konstruktion
Zweibrücker Str. 35, 76829 Landau
Telefon: 06341 / 38 11 - 0
martin.husemann@landau.phi-group.de
www.phi-group.de

Elasto-plastisches Materialverhalten – ein Mikrostrukturmodell für plastische Verformung

The magnitude of plastic deformation influences material properties such as for example the tensile or fracture strength to name a few. Furthermore, deformation can cause changes in microstructure which directly influences the mechanical properties of materials. Due to this, the estimation of the mechanical properties during a dynamic forming process is a complicated procedure and hence is tailor-made for a simulation type study. To effectively treat this coupled process of microstructure evolution during the forming process and its eventual feedback to the mechanical process, a phase-field type model is most efficient. In this way a small strain elasto-plasticity approach into a phase-field model was incorporated.

Motivation

Nach Überschreiten einer gewissen Belastungsgrenze folgt bei vielen Werkstoffen eine irreversible plastische Verformung. Treten solche plastischen Verformungen in großem Maßstab auf, führen sie in den meisten Fällen zu einer unzulässigen Bauteilverformung und damit zu einer Funktionsbeeinträchtigung. Jeder der beim rückwärts Ausparken schon einmal ein anderes Auto „plastisch verformt“ hat, wird dem zustimmen.

Auf mikroskopischer Ebene jedoch sind plastische Verformungen für zahlreiche Vorgänge verantwortlich, die zu einer Verbesserung der mechanischen Eigenschaften führen. So kann die Ausbreitung eines Risses in einem Werkstoff durch das Auftreten einer plastischen Zone und durch eine damit verbundene Minimierung der Verzerrungsenergie gestoppt werden. Die Bruchzähigkeit von Werkstoffen mit guter plastischer Verformbarkeit, beispielsweise von Stahl, ist deshalb weitaus höher als die von Werkstoffen mit schlechter Verformbarkeit, beispielsweise von Keramiken.

Ein weiterer wichtiger Vorgang tritt während der Kaltumformung von Metallen auf. Hier wird die Gefügestruktur des Werkstoffes durch die hohen plastischen Umformgrade maßgeblich verändert. Da diese Umformprozesse den Werkstoff meist in eine bestimmte Richtung verformen, weisen die Gefügestrukturen nach der Umformung ein hohes Maß an Kornorientierung auf (s. Abb. 1). Diese führt ebenfalls zu anisotropen mechanischen Eigenschaften, einem Effekt, der zum Beispiel beim Ziehen von Draht genutzt wird. Hier wird ein vormalis isotropes Gefüge durch das Ziehen des Drahtes durch eine konische Matrize stark in Längsrichtung ausgerichtet. Die Zugfestigkeit in Längsrichtung erhöht sich dadurch deutlich, während die Zugfestigkeit quer zur Ausrichtung des Gefüges abnimmt. Anwendung finden solche Werkstoffe beispielsweise in Stahlcord für Autoreifen.

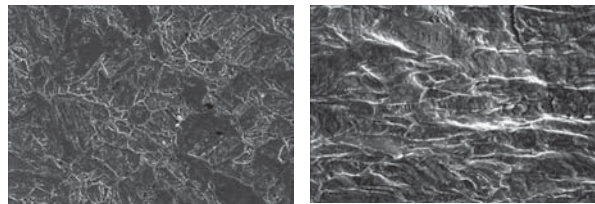


Abb. 1: Elektronenmikroskopische Aufnahmen eines Stahls vor (links) und nach der Verformung (rechts) Bild: V. Widak, KIT, IAM-AWP

Simulationsmethode und PACE3D-Software

Durch die komplexe Gefügestruktur polykristalliner Werkstoffe, die meist unterschiedliche Phasen mit unterschiedlichen Eigenschaften aufweisen, ist eine einfache analytische Berechnung dieser Vorgänge allerdings sehr schwierig. Eine genaue Aussage über die Vorgänge während der Umformprozesse und der resultierenden mechanischen Eigenschaften kann nur mithilfe einer rechnergestützten Simulation getroffen werden, jedoch stößt die konventionelle Finite-Elemente-Methode dabei auch an ihre Grenzen. Hier bietet die Simulation auf Basis der Phasenfeldmethode eine interessante Alternative. Dabei wird durch die Verwendung eines diffusen Phasengrenzbereichs die Beschreibung polykristalliner Materialsysteme mittels kontinuierlicher Gleichungen ermöglicht. Eine auf der Phasenfeldtheorie basierende Simulationssoftware, mit der sich polykristalline Systeme berechnen lassen, ist die am Institute of Materials and Processes der Hochschule Karlsruhe entwickelte PACE3D-Software. Diese wurde im Rahmen des Projekts um ein Stoffgesetz zur Simulation elastoplastischen Materialverhaltens erweitert. Um ein solches Verhalten beschreiben zu können, müssen drei Faktoren berücksichtigt werden: Der Spannungsgrenzwert, bei dem die plastische Deformation einsetzt, sowie dessen Entwicklung mit zunehmender plastischer Verformung müssen bekannt sein. Des Weiteren muss die zeitliche Entwicklung der plastischen Verformung beschrieben werden. Ein einfaches Modell, das diese drei Faktoren ver-

knüpft, ist das Prandtl-Reuss-Modell, bestehend aus der assoziierten Fließregel in Kombination mit der Fließbedingung nach von Mises sowie der linear isotropen Verfestigung. Dieses Modell wurde in die PACE3D-Software implementiert und erste Validierungsversuche wurden durchgeführt.

Anwendung: Einachsiger Zugversuch

Um das plastische Verhalten von Werkstoffen charakterisieren zu können, bedient man sich meistens einfacher zyklischer Zugversuche. Dabei werden zylindrische Proben in Längsrichtung abwechselnd gedehnt und gestaucht und die Kraft-Ausdehnungskurven bzw. Spannungs-Dehnungskurven gemessen. Solche Versuche wurden mit dem implementierten Modell durchgeführt. In Abbildung 2 ist links die Spannungs-Dehnungskurve einer einphasigen Zugprobe (grau) zu sehen. Rechts hingegen wurde eine polykristalline Struktur modelliert. Bei dieser wurden in eine plastisch verformbare Matrix (grau) elastische Einschlüsse (rot) eingebracht. Die Simulationsergebnisse zeigen bei beiden Zugproben einen linearen Verlauf im elastischen Bereich. Im plastischen Bereich verhält sich die einphasige Zugprobe – wie erwartet – ebenfalls linear. In der polykristallinen Zugprobe entstehen aufgrund der Einschlüsse lokale Spannungsüberhöhungen, die dazu führen, dass sich die Matrix lokal plastisch verformt. Dies führt zu einem nichtlinearen Verhalten der gesamten Zugprobe im plastischen Bereich. Verursacht durch die irreversiblen plastischen Verformungen entsteht bei beiden Spannungs-Dehnungskurven nach mehrmaligem Be- und Entlasten eine Hysterese.

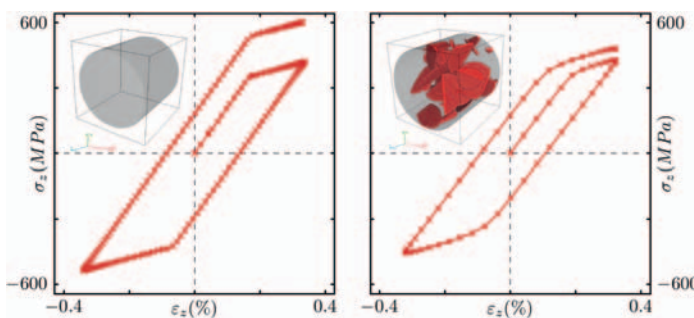


Abb. 2: Spannungs-Dehnungsdiagramm einer einphasigen (links) und einer mehrphasigen Zugprobe (rechts)

Simulation: Rissausbreitung

Wie schon erwähnt, spielt das plastische Verformungsverhalten bei der Ausbreitung von Rissen eine große Rolle. Um dieses Verhalten genauer untersuchen zu können, wurde die Rissausbreitung in einem rein elastischen Werkstoff mit der in einem ideal plastischen Werkstoff verglichen (s. Abb. 3). Die Randbedingungen, d. h. die Spannungszustände an den Rändern des Simulationsgebietes, wurden in beiden Simulationen

gleich gewählt. Es ist zu erkennen, dass die Risspitze zu einer Spannungsüberhöhung im elastischen Werkstoff führt. Im plastischen Werkstoff wird diese Spannungsüberhöhung durch das Auftreten plastischer Verformungen abgebaut. Dies hat zur Folge, dass der Riss im rein elastischen Werkstoff wächst, während er im plastischen Werkstoff stagniert.

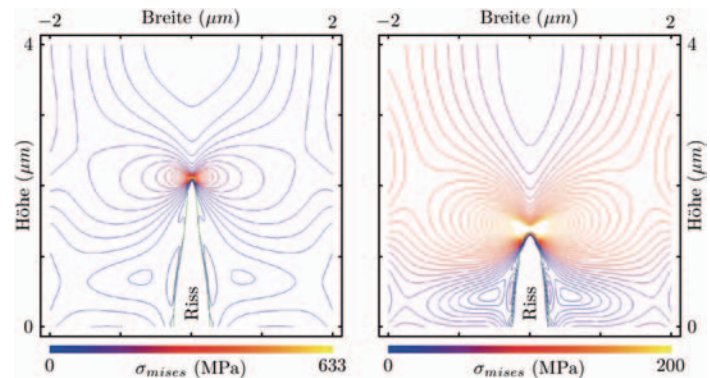


Abb. 3: Rissausbreitung unter Zugspannung bei elastischem Werkstoff (links) und ideal plastisches Materialverhalten (rechts)

Autoren

Dipl.-Ing. Jan Höhn¹

Dipl.-Phys. Daniel Schneider²

Dipl.-Ing. (FH) Stefan Schmid¹

Akademische Mitarbeiter am ¹Institute of Materials and Processes (IMP) der Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft bzw. ²Institut für Angewandte Materialien – Zuverlässigkeit von Bauteilen und Systemen (IAM-ZBS) am Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Prof. Dr. rer. nat. Britta Nestler

Professorin an der Fakultät für Informatik und Wirtschaftsinformatik und Leiterin des Institute of Materials and Processes der Hochschule Karlsruhe sowie Professorin am Institut für Angewandte Materialien – Zuverlässigkeit von Bauteilen und Systemen (IAM-ZBS) des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT)

Kontakt

Dipl.-Phys. Daniel Schneider

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Institut für Angewandte Materialien – Zuverlässigkeit von Bauteilen und Systemen (IAM-ZBS)

Haid-und-Neu-Str. 7

76131 Karlsruhe

E-Mail: daniel.schneider@kit.edu

Vom Kabelsalat zur funktionsfähigen Fahrzeugvernetzung einer BMW-Premiumklasse

The continuously increasing numbers of ECUs (Electronic Control Units) in today's cars represent highly complex distributed systems. The systems only work correctly in connection with the other ECUs in the network. A missing or incorrectly operating ECU may cause a system to shutdown. Usually communication processes between the systems are operated by the CAN-Bus (Controller Area Network), an established automotive bus system [1]. The aim of this project at the Laboratory of Automotive Electronics and Diagnostics was the initiation of an automotive wiring harness with almost all the ECUs of a BMW Series 5 working as a laboratory vehicle.

Einführung

Durch eine Spende der BMW AG wurde dem Labor für Fahrzeugelektronik und -diagnose an der Hochschule Karlsruhe ein nahezu kompletter elektronischer Kabelsatz eines BMW 5er mit Steuergeräten, Bedienelementen und Anzeigeinstrumenten zur Verfügung gestellt. Die Ausstattung sollte nicht nur als Projektplattform für Studierende dienen. Es wurde auch ein Forschungsprojekt mit dem Ziel definiert, diesen Kabelsatz als „fahrbaren“ Laboraufbau für Lehr- und Laborveranstaltungen wieder in Betrieb zu bringen. Der Brett Aufbau enthält alle Steuergeräte des ursprünglichen Fahrzeugs auf der Vorderseite und den kompletten Kabelsatz an der Rückseite. Ein Kürzen des Kabelbaums war aufgrund der Komplexität und des Umfangs nicht möglich. Der Brett Aufbau dient in erster Linie zur softwareseitigen Simulation von Steuergeräten bzw. Steuergerätefunktionalitäten mittels der im Fahrzeug verbauten Bussysteme CAN, LIN (Local Interconnect Network) und MOST (Media Oriented Systems Transport) sowie zur Simulation der an den Steuergeräten befindlichen Sensoren und Aktuatoren. Der vorliegende Artikel beschreibt die Herausforderungen, Fehlerquellen und Lösungswege zur Wiederinbetriebnahme des Kabelsatzes als Laborfahrzeug.

Programmierung der Steuergeräte

Aufgrund des Fehlens einiger weniger Steuergeräte sowie nicht codierter Steuergeräte aus baugleichen Fahrzeugen waren viele Systeme bei der Inbetriebnahme aus sicherheitsrelevanten Gründen deaktiviert oder arbeiteten im Notbetrieb. Eine Programmierung bzw. Änderung der Fahrzeugkonfiguration konnte aufgrund des unvollständigen Fahrzeugverbunds selbst mit den BMW-Diagnosesystemen nicht mehr durchgeführt werden [1]. Mithilfe von speziellen Entwicklertools und den erforderlichen Steuergerätedateien ist es gelungen, die Einheiten einzeln über den CAN-Bus zu programmieren. Somit konnten Änderungen der Fahrzeugkonfiguration durchgeführt und die fehlenden Steuergeräte aus der Konfiguration entfernt werden.

Die Fahrgestellnummer des Fahrzeugs wird ab Werk in jedes Steuergerät codiert. Aufgrund der unterschiedlichen Herkunft der Steuergeräte weisen diese folglich nicht die gleiche Fahrgestellnummer auf. Durch die Anpassung der Fahrgestellnummer der nicht codierten Steuergeräte an die des Laborfahrzeugs wurde ein fehlerfreier Betrieb der am Fahrzeugnetz befindlichen Steuergeräte realisiert.

Steuergerätesimulation

Durch das physikalische Trennen der realen Steuergeräte vom Fahrzeugverbund ist es möglich, die Busfunktionalität zu simulieren. Hierbei werden die Steuergerätefunktionen bzw. die CAN-Botschaften per Software nachgebildet und mittels Mikrocontroller dem Bus zur Verfügung gestellt. Eine Bereitstellung aller benötigten Nachrichten während der Simulation signalisiert dem Fahrzeuggesamtsystem ein funktionsfähiges Steuergerät. Unter anderem wurde mittels Simulation der Raddrehzahlimpulse des ESP-Steuergeräts (Elektronisches Stabilitätsprogramm), der Motordrehzahl des Motormanagements und bestimmter Nachrichten des CAS-Steuergeräts (Car Access System), das den Fahrzeugzugang überwacht, den übrigen Busteilnehmern ein fahrendes Fahrzeug simuliert. Zusätzlich konnte das Steuergerät der elektronischen Einparkhilfe mittels Abstandssimulationen der Ultraschallsensoren per Software nachgebildet werden. Hierbei konnte ein simulierter Einparkvorgang des Fahrzeugs auf einem Monitor im Fahrzeug visualisiert werden.

Absicherung der Datenübertragung

Zur Absicherung der Datenübertragung zwischen den Steuergeräten werden beim BMW 5er auf Applikationsebene zwei Verfahren angewandt, die einen Ausfall und/oder eine Dateninkonsistenz einer Nachricht detektieren. Um Nachrichtenausfälle zu erkennen oder Lebendigkeitsnachweise von Steuergeräten zu erhalten, werden Alive-Zähler in das Datenpaket integriert. Ein Inkrementieren des Alive-Zählers stellt eine Indikation für einen vollständigen Funktionsdurchlauf bzw. die Aktu-

alität in einer Funktion dar, die die Signale des Sendersteuergeräts berechnet. Auch bei einer vom Dateninhalt unveränderten Nachricht wird somit die Aktualität erkannt. In sicherheitsrelevanten Botschaften ist die Implementierung einer Prüfsumme wegen der Datenkonsistenz sowie möglicher Manipulationen unumgänglich. Mithilfe eines bestimmten Berechnungsverfahrens wird der Dateninhalt sowie der Identifier der Botschaft im Sendersteuergerät codiert und in Form einer n-Bit langen Prüfsumme mit der Botschaft übertragen. Im BMW 5er kommen in der Regel beide Absicherungsverfahren zur Anwendung. Abbildung 1 zeigt den zeitlichen Verlauf eines Alive-Zählers sowie die Prüfsumme einer vom Dateninhalt konstanten CAN-Botschaft.

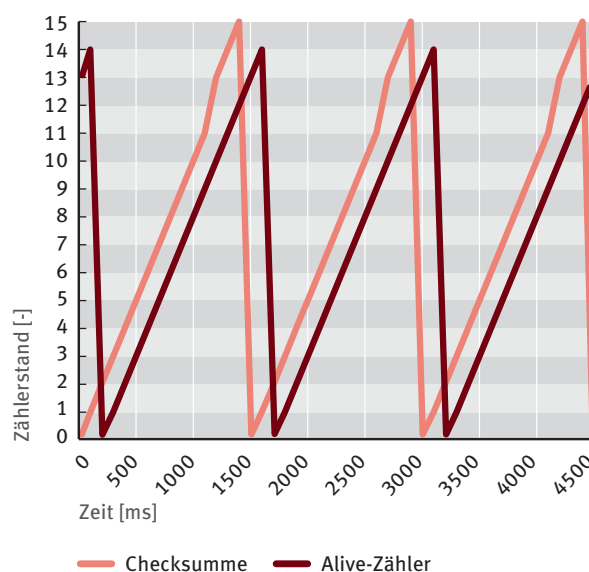


Abb. 1: Grafische Darstellung von Alive-Zähler und Prüfsumme einer CAN-Botschaft

Für die Simulation bestimmter Bus-Botschaften wie der Motordrehzahl ist es zwingend notwendig die Absicherungsmechanismen zu implementieren. Anderenfalls werden die Nachrichten vom Empfängersteuergerät nicht akzeptiert und Fehlermeldungen generiert. Beide Absicherungsverfahren konnten in Form von C-Funktionen im Quellcode der Steuergerätesimulationen erstellt werden. Somit wird gewährleistet, dass die Berechnung des Alive-Zählers sowie der Prüfsumme nach jedem Funktionsdurchlauf durchgeführt und die Zustände in die Botschaft integriert werden. Durch die Implementierung der Absicherungsmechanismen in den CAN-Botschaften wurde die Möglichkeit geschaffen, mittels Mikrocontroller gültige sicherheitsrelevante Botschaften an die Busteilnehmer zu versenden.

Schlussbetrachtung

Neben der wachsenden Vernetzung von Elektroniksystemen moderner Kraftfahrzeuge gewinnt die Buskommunikation bzw. die Interaktion zwischen den Systemen eine immer größere Rolle [2]. Um den Anforderungen der heutigen Automobilhersteller und Zulieferer gerecht zu werden, ist die Integration der genannten Themenfelder sowie deren Simulation im Kraftfahrzeug ein wichtiger Bestandteil der heutigen Lehre. Durch dieses Projekt wurde den Studierenden ein fahrzeugnahes Arbeiten und Entwickeln ermöglicht. Aufgrund der Vielzahl an Steuergeräten und Anschlussmöglichkeiten für Sensoren und Aktuatoren bietet das Laborfahrzeug viele Themenstellungen für mögliche Projekt-, Bachelor- und Masterarbeiten.

Literaturangaben

- [1] BMW AG, Workshop System Management (WSM), 2011.
- [2] W. Zimmermann, R. Schmidgall, *Bussysteme in der Fahrzeugtechnik*, 2008.

Autoren

Benedict Jäger M.Eng.

Akademischer Mitarbeiter an der Fakultät für Maschinenbau und Mechatronik

Prof. Dr.-Ing. Reiner Kriesten und Prof. Dr. rer. nat. Peter Neugebauer

Professoren an der Fakultät für Maschinenbau und Mechatronik

Kontakt

Benedict Jäger M.Eng.
Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft
Fakultät für Maschinenbau und Mechatronik
Moltkestr. 30
76133 Karlsruhe
E-Mail: benedict.jaeger@hs-karlsruhe.de
Telefon: 0721 925-1651

The New Manufactron Production Technology Paradigm

Das internationale Konsortium des von der EU geförderten Forschungsprojekts XPRESS, bestehend aus 18 Partnern, hat ein neues Produktionssoftware-Paradigma geschaffen und implementiert: die Manufactronische Produktion. Es definiert den Übergang von „smart factories“ zur wissensbasierten Produktion, die aus sogenannten Manufactronen besteht. Die Basiskonzepte wurden von der Hochschule Karlsruhe und der Harm & Wende GmbH & Co. KG vorgeschlagen und von den XPRESS-Forschungspartnern gestaltet. Die praktische Umsetzung erfolgte durch Industriepartner und wurde dann von den Anwendern Airbus, Premium Aerotech, Fiat, Kuka und Technax in der Luftfahrt-, Automobil- und Elektroindustrie evaluiert.

The international 18 partner consortium of the XPRESS research project created and implemented a new production software paradigm with the financial support of the Commission of the European Union: The Manufactronic production. It defines the transition from “smart factories” to knowledge-based production, which is composed of so-called Manufactrons. The basic concepts were proposed by the Karlsruhe University of Applied Sciences and the company Harms & Wende. The concepts were created by the XPRESS research partners, converted into a real world system by partners in industry and evaluated by the end users Airbus, Premium Aerotech, Fiat, Kuka and Technax in aeronautics, automotive and electrical industrial production.

Manufactrons co-operate like a team of experts (having solution capabilities for tasks in their field of ex-

pertise) headed by a team leader (called super-Manufactron in our context), who defines and distributes the team work according to a given team task. Many such teams are orchestrated by an even higher-level Manufactron. The production is therefore partitioned into a production hierarchy. The highest Manufactron is the so-called Production Configuration System (PCS), which uses the product definition to find the most efficient production team configuration. For this purpose it uses knowledge about how to break down the production goal into team tasks. Knowledge is the key point here as for all other Manufactrons alike.

The expert knowledge represented in a Manufactron allows it to understand and analyse a given task and to find the best way called “method” to fulfil the task. A team leader Manufactron will find an optimum set of

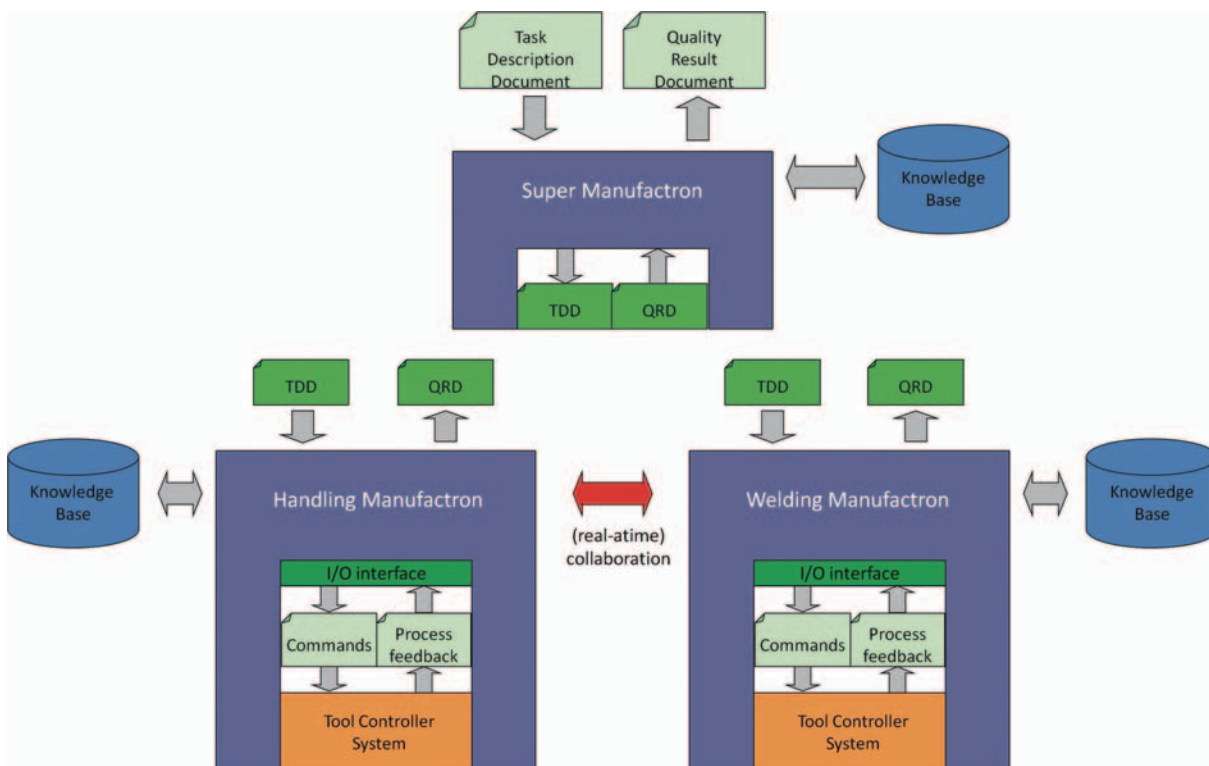


Fig. 1: Super Manufactrons coordinate other Manufactrons

tasks for his team members as his solution method. This also comprises of information about synchronisation in the team. Finally the team member Manufactrons at the lowest level will find and execute the best set of machine settings. After process execution the Manufactrons determine and return the achieved quality in response to each task request. Super-Manufactrons collect and assess the quality reports returned from their team members and generate a common quality report.

This communication scheme of exchanging TDDs (Task Description Documents) and QRDs (Quality Result Documents) is enhanced with MSDs (Manufactronic Self Description) for the purpose of team planning and with synchronisation signal exchange for real-time co-operation. This Manufactronic communication was defined and formalised to capture all possible production process needs. A software framework was developed, which allows easy implementation of manufactronic concepts in any production system.

The central skill of Manufactrons – regardless of their level of production – is their ability to interpret and understand the task defined in a TDD (which describes the process goals and the process conditions) and to find an optimum method to execute the process in order to reach the goals under the given conditions at minimum cost.

The so-called Task-to-Method Transformation (T2MT) represents this capability and is composed of process knowledge and intelligent mechanisms to use the knowledge for task interpretation and method finding. The methods are either process execution methods or methods on how to interpret process signals in order to determine the achieved quality. XPRESS uses four major basic concepts to represent the process knowledge: (1) knowledge bases, (2) formal, logic-based systems (ontologies), (3) mathematical functions and equations and (4) numerical process simulation. The T2MT-system created in XPRESS allows the systematic capturing and application of process knowledge needed for a dedicated production process. Once established, it can flexibly perform any task in the domain covered by the represented knowledge. If a task goes beyond this, the Manufactron will start a learning cycle to close the gap.

Scheduling and re-routing are capabilities, which are inherent to higher-level Manufactrons, in order to make lower-level Manufactrons co-operate flexibly. As a result XPRESS is offering all this as a framework, which allows conventional manufacturing machines, work cells, lines and factories to be Manufactrons. Even the workplaces of workers can be integrated by creating a Manufactronic Workplace based on XPRESS worker-assistance systems.

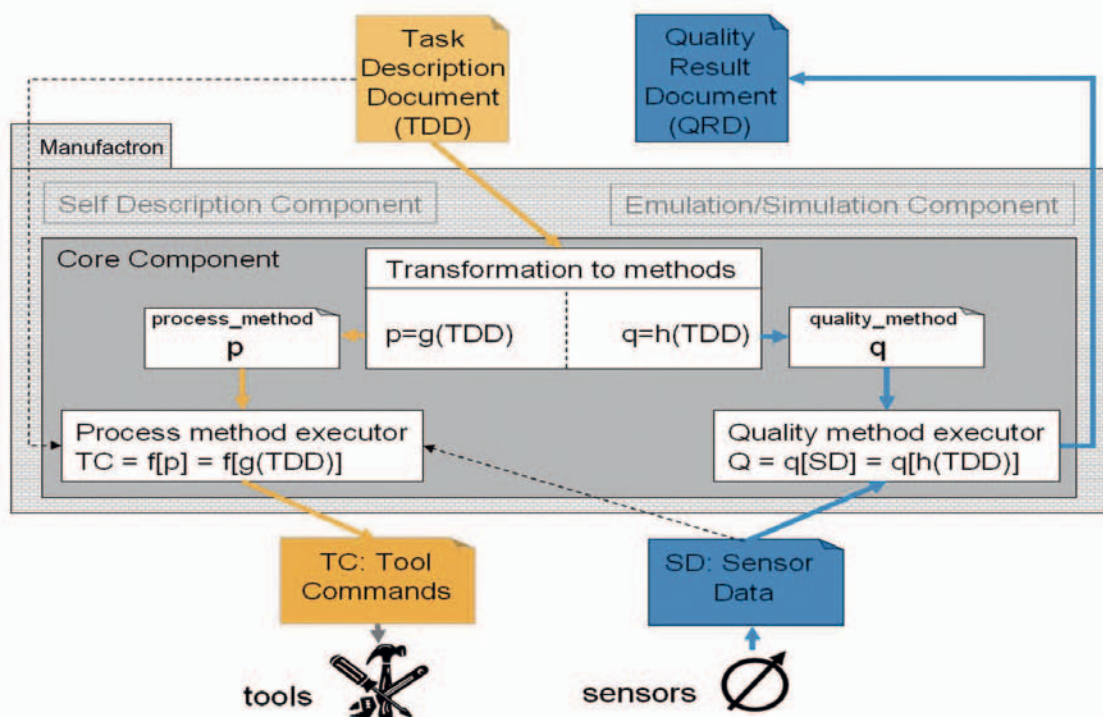


Fig. 2: Core Structure for Intelligent, Task-driven Manufacturing

The concepts and the framework were applied to four demonstrators. A work cell for car door production was “manufactronised” comprising of robots, clamping and welding equipment, now intelligent enough to find appropriate motion paths and welding parameters to produce a door according to a task description. The same capability is shown with the “robot Manufactron” being replaced by a “Manufactronic Workplace”. Another demonstrator is the Manufactron version of aircraft fuselage panel production. An entire small Manufactronic factory could be demonstrated, which produces electrical components such as starter motors.

Manufactrons are beneficial wherever domain-specific, generalised knowledge can be identified to solve varying tasks. XPRESS has found and developed con-

cepts and tools to allow this for most production tasks. It is already beneficial to have single Manufactrons in an otherwise conventional environment, but the benefit can be increased even more by fully expressing Manufactronic production. Manufactrons mark the transition to knowledge-based production, where encapsulation, availability and progress put process knowledge at the core of competitiveness.

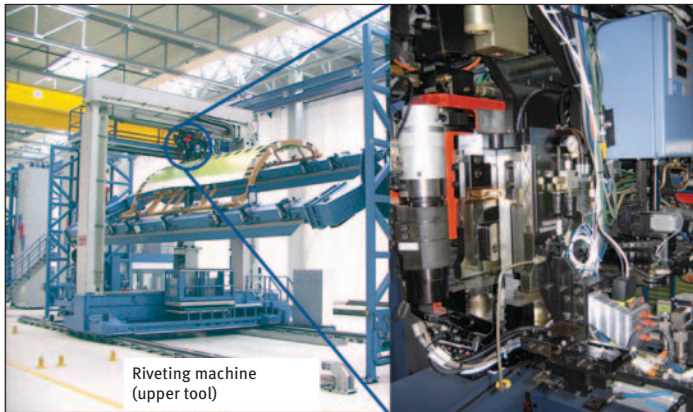


Fig. 3: Riveting Manufactron at Airbus

Autoren

Prof. Dr. Norbert Link

Professor an der Fakultät für Informatik und Wirtschaftsinformatik und Projektleiter am Institut für Angewandte Forschung (IAF)

Michael Peschl

Mitarbeiter bei Harms & Wende GmbH und Koordinator des Projekts XPRESS

Kontakt

Prof. Dr. Norbert Link
Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft
Fakultät für Informatik und Wirtschaftsinformatik
Moltkestr. 30
76133 Karlsruhe
E-Mail: norbert.link@hs-karlsruhe.de
Telefon: 0721 925-1476



Qualifizierung für Ingenieure

Das Karlsruher Hochschulkolleg für die Wirtschaft bietet zwei berufsbegleitende Studiengänge an (Unterricht freitags und samstags):

- Technische Dokumentation
- International Marketing and Project Management in englischer Sprache

Voraussetzung ist ein Studium an einer FH/TH oder Universität.



Bildungszentrum
Karlsruhe GmbH

Lammstraße 13-17
76133 Karlsruhe
Tel +49 (07 21) 1 74-2 53
Fax +49 (07 21) 1 74-2 82

Chancen nutzen. Kompetenz gewinnen. Erfolgreich leben.

www.ihk-biz.de

Mobile BI mit Jaspersoft und Android

Mobile BI and Open Source Business Intelligence are two of the current trends in Business Intelligence. The authors combined these two trends in order to develop a mobile BI application based on Google's operating system Android with Jaspersoft's OSBI-suite as back-end. The example is based on an application called Praxisbörse in use at the Faculty of Computer Science and Business Information Systems. The data was extracted and consolidated with an ETL process in a new database. The webservice of the JasperReports server uses the SOAP-protocol for communication to export the required data to the front-end. Dynamically generated charts visualize the data interactively. In this way, students and academic staff of the computer science department will not only be able to access actual reports from the Praxisbörse via mobile devices but also to analyze them in any way they want to in the near future.

Business Intelligence

Unter Business Intelligence (BI) ist ein analytischer Prozess zu verstehen, der Unternehmens- und Wettbewerbsdaten zur Entscheidungsunterstützung in handlungsgerechtes Wissen überführt [1]. Am Anfang steht hier der sogenannte ETL-Prozess (Extract-Transform-Load). Dabei werden Daten aus verschiedenen geschäftsrelevanten Datenquellen extrahiert, für die weitere Verarbeitung entsprechend der definierten Bedürfnisse transformiert und anschließend in eine bereinigte Datenbank – das Data-Warehouse – geladen. Durch entsprechende Reports werden den Führungskräften die wichtigsten Kennziffern des Unternehmens präsentiert, wodurch sie bei der Entscheidungsfindung unterstützt werden. Aufgrund des zunehmenden Angebots an Open-Source-BI-Lösungen wird der Einsatz von BI auch für kleine und mittlere Unternehmen realisierbar [2].

JasperReports Server

Der JasperReports Server wird von der Firma Jaspersoft entwickelt und als OSBI-Anwendung unter der GPL verbreitet. Mit dem JasperReports Server lassen sich interaktive Berichte erstellen, die zur übersichtlichen Darstellung der BI-relevanten Daten genutzt werden. Über ein Rollenkonzept werden verschiedene Rechte einzelner User bezüglich der Reports festgelegt. Des Weiteren lässt sich die Benutzeroberfläche an das Corporate Design des Kunden anpassen. Im hier vorgestellten Projekt wurden die externen Schnittstellen des Servers genutzt, über die man z. B. eine Authentifizierung der User oder das Ausführen von Reports ansprechen kann. Neben dem dabei genutzten Protokoll SOAP sind auch andere Protokolle möglich, wie in den umfangreichen API-Dokumentationen des Servers nachzulesen ist [3].

Google Android

Android ist ein auf dem Linux-Kernel basierendes Open-Source-Betriebssystem für mobile Endgeräte wie Smartphones und Tablets [4]. Die für die Plattform

verantwortliche Open Handset Alliance besteht aus Software-, Hardware- und Telekommunikationsunternehmen und entwickelt seit 2007 das System beständig weiter. Anwendungen für Android werden in Java geschrieben, ergänzt durch diverse Bibliotheken. Über die letzten Jahre hinweg hat sich der Marktanteil von Android als mobiles Betriebssystem gegenüber Symbian, Windows Phone und iOS vervielfacht und es wird laut Gartner im Jahr 2011 Marktführer im Bereich der mobilen Betriebssysteme für Smartphones sein [5]. Die in diesem Projekt erstellte Anwendung ist ab der Android-Version 2.1 lauffähig.

Datenquelle

Für das Erstellen von Reports benötigt man Daten. Im bearbeiteten Projekt kamen die Daten aus einem internen System der Fakultät für Informatik und Wirtschaftsinformatik, der Praxisbörse. In der Praxisbörse haben sowohl Studierende der Fakultät als auch IT-Firmen der TechnologieRegion Karlsruhe die Möglichkeit Praktika, Werkverträge oder Abschlussarbeiten zu suchen bzw. zu inserieren. Diese Quelle liefert u. a. folgende Informationen: Firmendaten (Anschrift, Standort, Branche), Studierendendaten (Kenntnisse der Studierenden, Kontaktdaten, Interessen/Präferenzen). Diese Daten wurden zunächst mit dem oben beschriebenen OSBI-Server von Jaspersoft aufbereitet. Anschließend konnten im Vorfeld definierte Reports erstellt werden, die für die Weiterverarbeitung zur Darstellung auf dem mobilen Gerät notwendig sind.

Kommunikation: Android und Server

Der Prototyp der mobilen BI-Anwendung nutzt die bestehenden Schnittstellen des JasperReports Servers. Über einen angepassten SOAP-Client wurde ein Webservice des Servers angesprochen (s. Abb. 1).

Der Server lässt sich von externen Anwendungen heraus über Befehle steuern, die wie LIST oder RunReport von den Schnittstellen zur Verfügung gestellt werden. So kann man nicht nur Reports ausführen, Ergebnisse

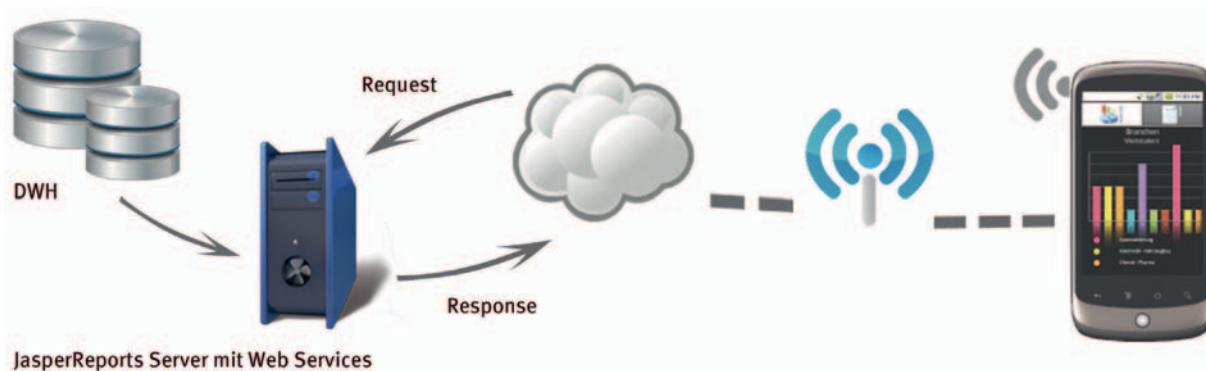


Abb. 1: Kommunikationsmodell zwischen Server und mobilem Gerät

anzeigen und weiterverarbeiten, sondern auch ganze Verzeichnisse auslesen. Die Authentifizierung erfolgt komplett über das bestehende Rechtemodell des JasperReports Servers.

Darstellung auf dem mobilen Gerät

Die vom JasperReports Server erzeugten Berichte lassen sich zur besseren Visualisierung beliebig grafisch aufbereiten, wobei die Grafiken aus den Daten der Reports dynamisch generiert werden (s. Abb. 2). Zudem wurden Events implementiert, die dem Benutzer mehr Interaktivität bieten und ein so genanntes Drill-down, also ein schrittweises Verfeinern der Daten, ermöglichen.

Zusätzlich zu den Daten aus der Praxisbörse wurden andere Quellen hinzugezogen. So wurde Google Maps Web Services genutzt, um die Lokalisierung der Firmen zu gewährleisten. Im ETL-Prozess, der für dieses Projekt entwickelt wurde, wurden hierzu die Koordinaten beschafft und visualisiert.

Zusammenfassung

Das Ergebnis des Projekts zeigt, dass Mobile BI mehr als nur ein kurzfristiger Hype ist. Ganz im Gegenteil wird Mobile BI einer der Trends der nächsten Jahre werden. Die zukünftigen Entwicklungen sollten sich jedoch mehr auf Tablets und die plattformunabhängige Entwicklung mittels Skriptsprachen konzentrieren. Dadurch erspart man sich mehrfachen Implementierungsaufwand für die gängigen mobilen Betriebssysteme wie Android, iOS, Windows Mobile und Blackberry. Durch die größeren Displays von Tablets gegenüber Smartphones ist die Gestaltung von benutzerfreundlicheren Oberflächen möglich.

Literatur

- [1] T. Gansor, A. Totok, St. Stock, *Von der Strategie zum Business Intelligence Competence Center (BICC)*, Hanser, München, 2010.
- [2] Haneke et al., *Open Source Business Intelligence, (OSBI): Möglichkeiten, Chancen und Risiken quell-offener BI-Lösungen*, Hanser, München, 2010.



Abb. 2: Grafische Visualisierung der Reports mithilfe generischer Programmierung

[3] <http://www.jaspersoft.com/de>

[4] <http://www.android.com/>

[5] <http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=1622614>

Autoren

Prof. Dr. Uwe Haneke

Professor an der Fakultät für Informatik und Wirtschaftsinformatik

Valentina Gossen

Klaus Schmidt

Denis Schwab

Alexander Swetlow

Studierende des Masterstudiengangs Informatik

Kontakt

Prof. Dr. Uwe Haneke

Fakultät für Informatik und Wirtschaftsinformatik

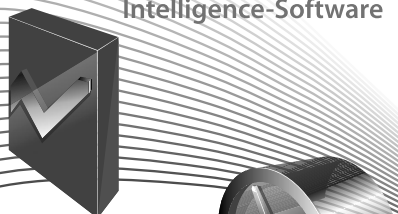
Moltkestr. 30

76133 Karlsruhe

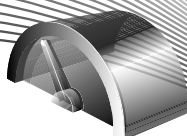
E-Mail: uwe.haneke@hs-karlsruhe.de



Die weltweit am häufigsten
eingesetzte Business
Intelligence-Software



Reporting-Software



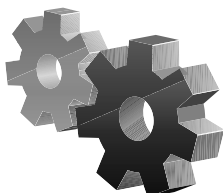
Dashboards



Analyse



Dataintegration



BI Platform

Jaspersoft Mobile BI ist da!

- Embedded Mobile BI Toolkit
- Auswahl zwischen nativer Lösung oder Browser-Architektur
- Unterstützung für iPad und iPhone-Geräte



sales-emea@jaspersoft.com

www.jaspersoft.com

Innovative Lernanwendungen mit „Augmented Reality“ auf dem Smartphone

Modern Smartphones make it possible to communicate from almost anywhere with the global knowledge base of the internet. This can be used to enhance the user's reality with additional information. The article describes two projects: In „Biodiversity 2.0“ the smartphone is used as a taxonomical guide to determine plant species, and in a new game a camera view of the university provides extra information to enhance the game.

Einführung

Der Markt für Smartphones, also Mobiltelefone mit vielfältigen zusätzlichen Möglichkeiten, ist im Jahre 2010 um sagenhafte 55,4 % gewachsen – und für 2011 wird eine ähnlich große Zunahme erwartet [1]. Wer ein solches Gerät besitzt, kennt den Grund dafür: Die intuitiv bedienbare Kombination aus Telefon, Kalender, Adressbuch, Navigationssystem, Kamera und Internet-PC führt zu einem enormen Produktivitätszuwachs. Tausende von sogenannten „Apps“, also kleinen Programmen, sind entweder für wenig Geld oder gar kostenlos erhältlich.

Auch unter Schülern und Studierenden setzt sich dieser Trend mit erstaunlicher Geschwindigkeit durch, und Anwendungsmöglichkeiten zum mobilen Lernen gibt es in großer Vielfalt. So etwa kann im Internet die Lernplattform der Hochschule abgerufen oder in einer Vorlesung schnell mal ein Hinweis des Dozenten geogogelt werden. Man kann davon ausgehen, dass die Generation der „Digital Natives“ künftig noch sehr viel mehr auf den mobilen Netzzugriff vertraut – und auch mit den entsprechenden Paradigmen, die wir erst langsam erlernen mussten, zu uns an die Hochschule kommt.

Das neue mobile Lernen sorgt dafür, dass sich auch komplett neuartige didaktische Fragen stellen – die hier aus naheliegenden Gründen nicht erschöpfend diskutiert werden können. Es wirft aber auch eine grundsätzliche Frage auf: Welche Aspekte der technologischen Innovation „Smartphone“ können eventuell verwendet werden, um Innovationen in der Lehre voranzutreiben? Dieser Frage nach möglichen Lehr-Innovationen sind wir in zwei Projekten nachgegangen.

Biodiversity 2.0

Seit mehreren Jahrzehnten wird beklagt, dass die technologische Entwicklung uns immer mehr der „Natur“ entfremdet – wobei unter „Natur“ paradoxerweise ein durch Menschen sehr stark veränderter Kulturraum verstanden wird, aber eben ein „Draußen“. Als

Symptom dafür gilt, dass immer weniger Menschen über die Vielfalt der biologischen Arten Bescheid wissen. Dabei sind Pflanzen offenbar noch stärker betroffen als Tiere – denn sie bewegen sich nicht, sind nicht „interaktiv“ [2]. Die neuen mobilen Lernparadigmen erlauben allerdings, diesen Trend umzukehren.

Dazu haben wir eine Anwendung entwickelt, mit deren Hilfe man in der freien Natur seine Artenkenntnis erweitern kann. Basis dafür ist ein Semantic Media Wiki (SMW), also eine Wikipedia-ähnliche Textsammlung, die aber mit semantischen Annotationen versehen ist. Dabei handelt es sich um Attribut-Wert-Paare, die das Subjekt des Artikels in einer Vielzahl von Dimensionen klassifizieren [3]. Der Zugriff auf dieses SMW kann per Internet erfolgen – und selbstverständlich können Autoren auch eigene Beiträge einstellen oder die bestehenden Artikel ergänzen.

Der Zugriff kann aber auch – und hier setzt das Projekt „Biodiversity 2.0“ an – über eine spezielle Schnittstelle erfolgen, die von einem mobilen Endgerät abgefragt werden kann. Die zugehörige App stellt zunächst dar,

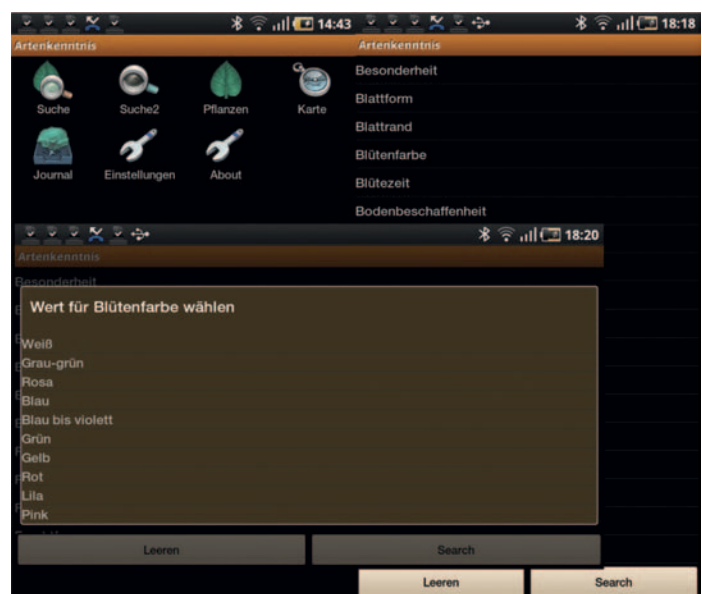
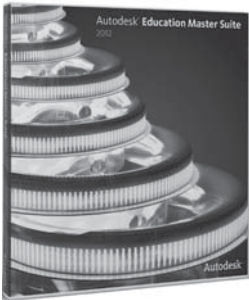


Abb. 1: Screenshots aus der Biodiversity-Anwendung

Autodesk für die Hochschule

Education Suite 2012 Master Suite



Die **Autodesk Master Suite for Education** vereint alle CAD Branchen-Suites in einer allumfassenden Lösung. Damit decken Sie die Bereiche Mechanik, Maschinenbau, Produktdesign, Tiefbau, Bautechnik, Geoinformation, Design, Fabriklayout, Fabrikoptimierung sowie Anlagenplanung und Anlagenkonstruktion ab.

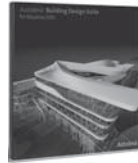
- Architektur und Bauwesen
- Tiefbau, Bautechnik und Geoinformation
- Mechanik, Maschinenbau und Produktdesign
- Fabrikbau

Einzelplatzlizenz: 440,30 €

Lizenz für 10 Plätze: 1.511,30 €

Autodesk für Auszubildende

in Unternehmen



Autodesk Education Suite 2012 Building Design

- ☒ AutoCAD
- ☒ Inventor Pro
- ☒ Mechanical
- ☒ u.v.m.

Autodesk ermöglicht Unternehmen für Ihre Auszubildenden günstige EDU-Versionen zu beziehen.

Einzelplatzlizenz: 392,70 €

Autodesk für Studenten



**Inventor 2012
3D Action Bundle**

Autodesk Inventor Professional Suite 2012 und SpaceNavigator in einem Paket zum Vorteilspreis. Nutzen Sie dieses Bundle zum Vorteilspreis und steigen Sie ein in 3D.

nur 145,00 €



**AutoCAD Revit
Architecture Suite 2012**

- ☒ AutoCAD
- ☒ AutoCAD Architecture
- ☒ Revit Architecture

nur 71,40 €



Lassen Sie sich beraten:
08031 - 26 35 0

www.cotec.de/autodesk.html

co.Tec
Medien für die Bildung

co.Tec GmbH
Traberhofstraße 12
83026 Rosenheim
info@cotec.de

Alle Preise inklusive 19% MwSt., zzgl. Versandkosten. Downloadlizenzen versandkostenfrei, Fehler, Irrtümer und Änderungen vorbehalten

Anzeige



Ihr Partner für Fluidsystemlösungen

Swagelok Karlsruhe

B.E.S.T. Fluidsysteme GmbH
Heinrich-Hertz-Strasse 5a
76694 Forst
Telefon 0 72 51 - 97 22-0
info@best-ka.de

www.swagelok.de/karlsruhe

facebook.com/SwagelokStgKa
twitter.com/SwagelokStgKa

Swagelok

welche Attribute in der SMW-Datenbank eigentlich vorliegen. Beispielsweise sind dies

- Blattform – mit den möglichen Ausprägungen pfeilförmig, gefiedert, doppelt gefiedert, lanzettförmig, gefingert, nierenförmig, rundlich-herzförmig, eiförmig, länglich, dreieckig herzförmig, elliptisch, gelappt, gezähnt etc.
- Blattrand, Blütenfarbe, Blütezeit
- Fruchtart, Fruchtfarbe, Fruchtform, Fruchtgröße, Fruchtreife

und ca. 15 weitere Attribute mit jeweils einer Vielzahl von möglichen Werten. Die Anwendung erlaubt dann, aus dieser Vielfalt mehrere Attribute zu kombinieren – beispielsweise soll eine Pflanzenart gefunden werden, deren Blütenfarbe weiß ist und die in unserem Wald von Mai bis Juni blühen kann. Ein Druck auf den Suchbutton liefert dann die Antwort: „Knoblauchsrauke“ – mit Bild und dem gesamten Wikipedia-ähnlichen Artikel. Die Biodiversity-Anwendung ersetzt also das biologische Bestimmungsbuch, wenn man in der Natur unterwegs ist. Die Realität wird damit also um semantische Informationen erweitert: Objekte der biologischen Umgebung werden nicht nur gesehen – sondern ihre Bedeutung wird erkannt.

Mit einem Smartphone ist aber noch mehr möglich. Beispielsweise kennt das Gerät aufgrund seines GPS-Empfängers die eigene Position – und kann diese an den zentralen Server übermitteln. Dabei kann die Position entweder eine Einzelpflanze oder die Grenze eines Bewuchses markieren – und somit zur Errichtung einer semantisch reichen Karte dienen, die mit dem SMW verlinkt ist. Als Beispiel hierfür sei das kommunale Wissensmanagementsystem WB3 genannt, das bereits über entsprechende Visualisierungsmöglichkeiten verfügt [4].

Mit der eingebauten Kamera des Smartphones ist es auch möglich, eine unbekannte Pflanze vor Ort zu erfassen und in der Datenbank abzulegen. Stellt man dann irgendwann fest, dass es sich nur um eine etwas verwelkte Version einer bekannten Pflanze handelt, werden die Einträge zusammengeführt und konsolidiert. Somit sind über die reine Lernanwendung hinaus noch eine Vielzahl von weiteren Anwendungsfällen zum Wissensmanagement denkbar. Offensichtlich ist auch, dass dieses System nicht nur auf Pflanzen beschränkt ist, sondern an andere biologische Bereiche ebenso angepasst werden kann wie an nichtbiologische, in denen eine ausgeprägte Taxonomie, also systematische Objektklassifikation vorliegt.

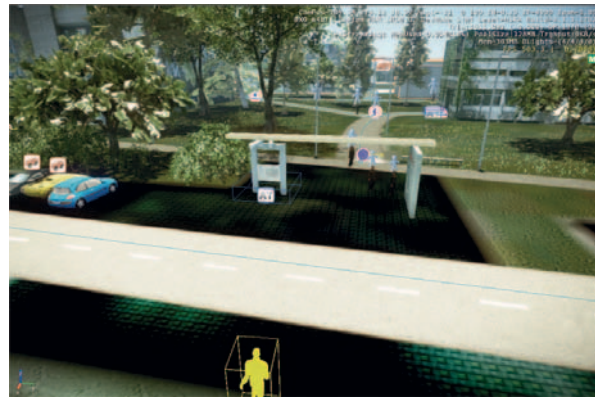


Abb. 2: Die Hochschule Karlsruhe in einer „Gaming-Engine“

„Augmented Reality“ im Spiel

Moderne Computerspiele bieten eine hoch realistische Darstellung virtueller Welten, die schon sehr stark den Charakter einer Simulation haben. Sie bedienen sich dazu meist sogenannter „Gaming Engines“, das sind komplexe Softwaresysteme, die eine solche virtuelle Spielwelt für einen oder mehrere Spieler darstellen und für realitätsnahe Abläufe darin sorgen. Sie verfügen meist über eine Möglichkeit, 3D-Datenmodelle zu importieren, die vorher in einem anderen Computerprogramm erzeugt worden sind.

Das bereits erwähnte kommunale Wissensmanagementsystem WB3 [4, 5] erlaubt einen anderen Weg zu beschreiten. Dazu werden zunächst echte kommunale Katasterdaten – oder eben biologische Bestandsdaten aus der Biodiversity-Anwendung – in 3D-Modelle umgewandelt. Das ermöglicht den Import in handelsübliche „Gaming Engines“ ebenso wie ihre Verwendung auf eigenen Plattformen – etwa einer neuartigen und sehr performanten Multiplayer-Umgebung auf Smartphones mit dem Betriebssystem Android [6]. Auf diese Weise lassen sich bereits Computerspiele realisieren, in denen die Umgebung der Realität entstammt.

Die vielfältigen Möglichkeiten der Smartphones lassen jedoch noch weitergehende Verschränkungen zwischen realer und virtueller Welt zu. So wurde jüngst eine Erweiterung von WB3 entwickelt, welche die Einblendung von Gebäudedaten aus dem WB3-System in Kamerabilder der „echten“ Realität ermöglicht [7]. Das Smartphone dient dabei als ein Fenster in diese erweiterte oder „augmentierte“ Realität. Solche Anwendungen existieren inzwischen auch kommerziell schon in großer Anzahl; sie dienen Werbezwecken ebenso wie der multimedialen Erweiterung von Zeitschriftenpublikationen oder dem Tourismus. An der Hochschule Karlsruhe haben wir die Möglichkeit geschaffen, Studienanfänger mit dieser Anwendung durch die Hochschule zu „lotsen“.



Abb. 3: Erweiterung der Realität: Einblendung von Zusatzdaten in ein Kamerabild

Eine echte Innovation ergibt sich aber, wenn man die Fähigkeiten einer Multiplayer-Spielumgebung mit den Augmented-Reality-Darstellungen auf einem Smartphone koppelt: nämlich ein Spiel, dessen Spieler in der realen Welt handeln, deren Informationen aber aus der augmentierten Realität stammen. Jeder Spieler muss zu diesem Zweck ein eigenes Smartphone haben, das beim zentralen Server angemeldet ist. Er erhält dadurch zusätzliche Daten über die reale Welt, die ihm normalerweise verborgen sind – etwa die Position anderer Spieler oder Anweisungen über den nächsten Spielzug. Ein Regelwerk sorgt dafür, dass sich die virtuellen Fähigkeiten der Spieler ändern können – und somit auf ihr Verhalten in der Realität auswirken.

Die Vorstellung einer Gruppe von Menschen, die mit vorgehaltenem Smartphone durch eine Stadt laufen, ist nur auf den ersten Blick absurd. Auf den zweiten Blick schafft sie – natürlich abhängig von den Spielregeln – einen hohen Grad der sozialen Interaktion und der realen Bewegung durch diese Stadt.

Zusammenfassung

Das computergestützte Lernen bietet gegenüber traditionellen Verfahren in manchen Bereichen schon viele Vorteile [8]. Durch den Übergang zu mobilen Zugangsgeräten werden diese einer erneuten Erweiterung unterworfen. Smartphones bieten Interaktionsmöglichkeiten zwischen der realen und der virtuellen Welt, die weit über die Darstellung multimedialer Inhalte hinausgehen. Sie werden deshalb die Arbeitsweise vieler „Wissensarbeiter“ dramatisch verändern.

Literatur

- [1] IDC-Studie, www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS22871611, Juni 2011.
- [2] M. Hammann, *Wie groß ist das Interesse von Schülerinnen und Schülern an Heilpflanzen?*, in: Zeitschrift für Phytotherapie, 32(2011), S. 15–19.
- [3] J. Henning, O. Eichner, P.A. Henning, <http://www.ice-karlsruhe.de/wiki/index.php/Kategorie:Pflanzen>, Mai 2011.
- [4] P.A. Henning, *Multi-format semantically rich XML based visualization of urban structures*, in: Zeitschrift für Photogrammetrie und Fernerkundung, 2(2008), S. 121–132.
- [5] P.A. Henning, S. Burger, S. Maier, *Konzepte eines kommunalen Wissensmanagementsystems*, in: HMD – Praxis der Wirtschaftsinformatik, 277(2011), S. 86–97.
- [6] T. Roes, Bachelor-Thesis, Hochschule Karlsruhe, Oktober 2011.
- [7] S. Schmidt, K. Lehmann, T. Etling, Projektarbeit, Hochschule Karlsruhe, Juni 2011.
- [8] P.A. Henning, A. Schnur, *eLearning in continuing medical education: A comparison of knowledge gain and learning efficiency*, in: Journal of Medical Marketing, Vol. 9(2009), p. 156–161.

Autor

Prof. Dr. Peter A. Henning

Professor an der Fakultät für Informatik und Wirtschaftsinformatik

Kontakt

Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft
Institut für Angewandte Forschung
Institute for Computers in Education
Moltkestraße 30
76133 Karlsruhe
Telefon: 0721 925-2323

Visualisierung komplexer Beziehungsstrukturen in relationalen Datenbeständen

In this article, we will present an approach to visualizing arbitrary relational database contents in the form of object graphs via the World Wide Web. The focus is on the relationships between the datasets rather than on the data itself. The tool allows definition of different node types representing the datasets and edges representing the foreign keys and relationship tables in the database schema. Each node type has a label, and optionally a short description and a user definable image associated with it. The information for these fields can be extracted 1:1 from the corresponding database tables or otherwise be aggregated from different tables. Along the edges, it is possible to navigate through the content of the database. At any time, exactly one node represents the center of the object graph. Starting from this graph, edges and other nodes down to a user-definable depth n are visualized. The depth n may vary along different node and edge types, so that it is possible to customize the representation of the object graph.

Einleitung

Im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Projekts DaNa¹ sollte ein Web-Portal über Nanotechnologie für die breite, interessierte Öffentlichkeit entwickelt werden. Das Projekt hat zum Ziel, Forschungsergebnisse zu Nanomaterialien und deren Auswirkungen auf den Menschen und die Umwelt so aufzubereiten, dass sie für interessierte Laien verständlich sind [1].

Vorgehensweise

In einer ersten Version des Web-Portals wurden die Ergebnisse wissenschaftlicher Studien textlich zusammengefasst und mittels eines Content-Management-Systems auf der Webseite des Projekts publiziert. Dazu wurden Informationen zu Nanomaterialien wie physikalisch-chemische Eigenschaften, Anwendung, Auftreten und Herstellung in einer Übersicht zusammengestellt und durch detaillierte Informationen über die in Anwendung befindlichen Nanomaterialien unter besonderer Berücksichtigung ihres Verhaltens in biologischen oder physiologischen Untersuchungssystemen ergänzt. Es hat sich jedoch gezeigt, dass diese Repräsentationsform für das Zielpublikum (breite Öffentlichkeit) weniger gut geeignet ist, da dieses vor allem an den Anwendungen in der Nanotechnologie interessiert ist. Ziel einer zweiten, überarbeiteten Version des Web-Portals war es somit, mehr auf die Beziehungen zwischen Anwendungen (Produkten) und Nanomaterialien sowie auf potenzielle Risiken einzugehen.

Anforderungen

Um die zu entwickelnde Anwendung auf eine breitere Basis zu stellen, sollte aber keine DaNa-spezifische

Lösung realisiert, sondern ein universelles Werkzeug zur Visualisierung von Datenbankinhalten im WWW entwickelt werden. Die im Folgenden formulierten Ziele beziehen sich demnach nicht nur auf die konkreten Anforderungen, wie sie im Rahmen der DaNa-Anwendung vorlagen, sondern auf einer abstrakteren und auch komplexeren Ebene eines Werkzeugs für die Visualisierung beliebiger Datenbankinhalte.

Zielpattform: Der Inhalt muss innerhalb eines aktuellen Web Browsers angezeigt werden können, ohne dass zusätzliche Plugins installiert werden müssen (Javascript erlaubt).

Visualisierung: Zu jedem Zeitpunkt wird ein Ausschnitt der Datenbank angezeigt. Dazu werden Datensätze als Knoten und Beziehungen als Kanten repräsentiert. Knoten können von unterschiedlichem Typ sein (Knotentyp), je nachdem, welches Konzept sie in der realen Welt repräsentieren. Knoten haben Label und optional ein Bild. Zusätzlich können weitere Informationen (z. B. in Form einer Beschreibung, als Tooltip) hinzugefügt werden.

Visualisierungsbereich: Zu jedem Zeitpunkt stellt ein Knoten das Zentrum des Objektnetzes dar. Ausgehend von diesem Knoten werden alle Knoten, die innerhalb einer konfigurierbaren Anzahl von Kanten erreichbar sind, angezeigt.

Knotentypen: Es ist möglich, unterschiedliche Knotentypen zu definieren. Es muss auch möglich sein, unterschiedliche Knotentypen für dieselbe Datenquelle (Tabelle) zu definieren, d. h. die Knotentypen müssen anhand der Werte eines Datensatzes unterschieden werden können (z. B. Unterscheidung: Angestellter, Vorgesetzter).

¹ Erfassung, Bewertung und breitenwirksame Darstellung von gesellschaftlich relevanten Daten und Erkenntnissen zu Nanomaterialien

Navigation: Durch Anklicken eines Knotens erscheint dieser im Zentrum des Objektnetzes. Auf diese Weise kann durch den Datenbestand navigiert werden.

Internationalisierung: Falls es das Datenbankschema ermöglicht, soll die Anwendung in der Lage sein verschiedene Sprachen zu unterstützen (entsprechend der Benutzerauswahl).

Unterstützung verschiedener Arten von Beziehungen: Neben 1:1- und 1:n-Beziehungen müssen auch n:m-Beziehungen unterstützt werden.

Aggregation: Es muss möglich sein, Daten aus mehreren Tabellen oder Datensätzen zu aggregieren (als Label und/oder Beschreibung).

Kontextsensitive Visualisierung: Die visuelle Erscheinung eines Knotens soll in Abhängigkeit des Abstands zum Zentralknoten konfiguriert werden können. Dies betrifft sowohl die Anzahl an Informationen, die mit dem Knoten abgelegt werden, als auch die dargestellten Kanten und die Größe des Knotens.

Suchfunktionalität: Zusätzlich zur Navigation muss auch die Möglichkeit bestehen nach konkreten Knoten zu suchen. Dies kann beispielsweise durch eine Freitextsuche mit „autocomplete“-Mechanismus realisiert werden.

Callback-Funktion: Es muss möglich sein beliebige, benutzerdefinierbare Funktionen an Knoten und/oder Kanten zu hängen. Diese werden dann beim Anklicken (oder „Rechts-Klick“) mit dem entsprechenden Knoten-/Kantenkontext ausgeführt. Diese Funktionalität ist z. B. sinnvoll um zusätzliche Informationen zu einem Knoten innerhalb eines Fensters anzuzeigen.

Konzept

Obwohl es eine Reihe von hervorragenden Anwendungen und Frameworks zur Visualisierung verschiedenster Daten gibt (z. B. in [2]), zeigte sich kein Tool flexibel genug, die oben beschriebenen Anforderungen zu erfüllen und insbesondere mit beliebigen Daten umzugehen, sodass man gezwungen war ein eigenes Werkzeug zu entwickeln. Einige bestehende Frameworks (z. B. [3], [4]) konnten jedoch die Realisierung der graphischen Visualisierung unterstützen. Die Gesamtanwendung wurde als klassische Mehrschichtenarchitektur realisiert (s. Abb. 1). Kernkomponente ist eine Abbildungsschicht, die ähnlich einem objektrelationalen Mappingtool (z. B. Hibernate [5]) eine Abbildung zwischen dem relationalen Datenbestand und einem Objektnetz herstellt. Darüber befindet sich eine Schicht,

die diese Informationen in eine geeignete graphische Repräsentationsform (ein Objektnetz) bringt. Diese Schicht kann auch für die eigentliche Visualisierung verantwortlich sein; es ist jedoch auch möglich, dass dies von einer separaten Schicht durchgeführt wird.

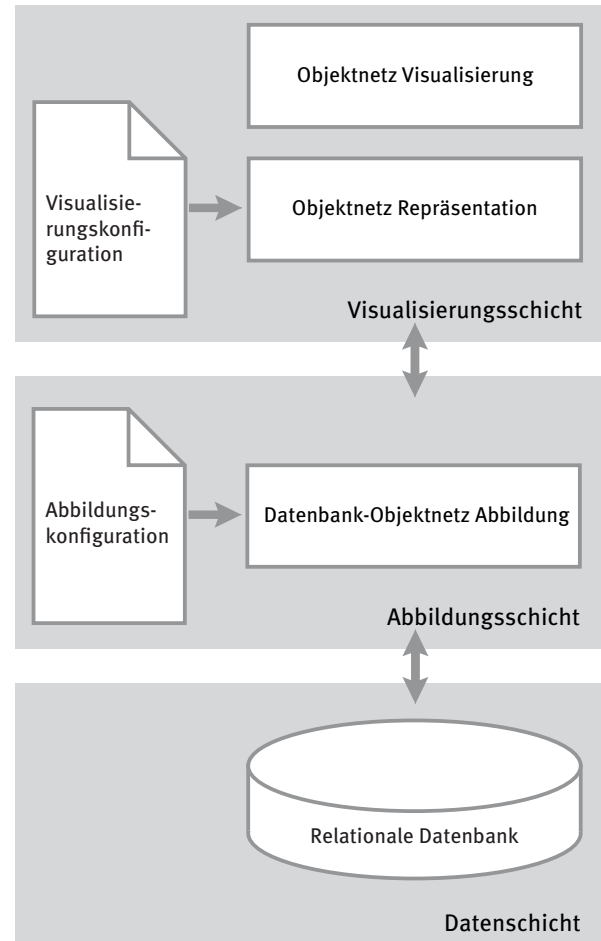


Abb. 1: Architektur des Visualisierungstools

Konfiguration

In der Konfiguration werden die verschiedenen Knotentypen sowie die darzustellenden Beziehungen definiert. Zu jedem Knotentyp werden ein Label, eine optionale Kurzbeschreibung und die Zusammensetzung des Knotentyps festgelegt. Optional kann für jeden Knotentyp oder jede Knoteninstanz noch eine alternative graphische Repräsentation angegeben werden. Für die Beziehungen kann noch angegeben werden, bis zu welcher Tiefe sie – ausgehend vom Ursprungsknoten im Zentrum der Darstellung – rekursiv verfolgt und visualisiert werden sollen.

Implementierung

Eine erste Version mit eingeschränkter Funktionalität wurde im Rahmen des DaNa-Projekts bereits entwickelt [5]. Aufgrund der beschränkten Datenmenge wurde eine Version implementiert, die alle benötigten

ten Daten zu Beginn in den Cache der Mapping Tier lädt. Das Objektnetz im Browser wurde mittels der von Belmonte entwickelten Bibliothek Javascript InfoVis Toolkit (JIS) [5] realisiert. Intern baut JIT auf ei-

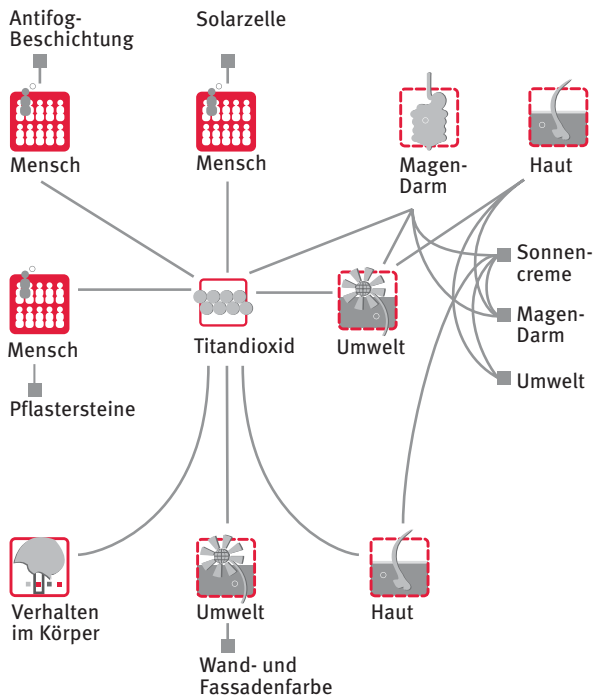


Abb. 2: Nanomaterial Titandioxid im Zentrum; Anwendungen mit Auswirkungen auf Mensch und Umwelt gruppieren sich um dieses herum. Details zur Anwendung „Sonnencreme“ rücken zur Seite.

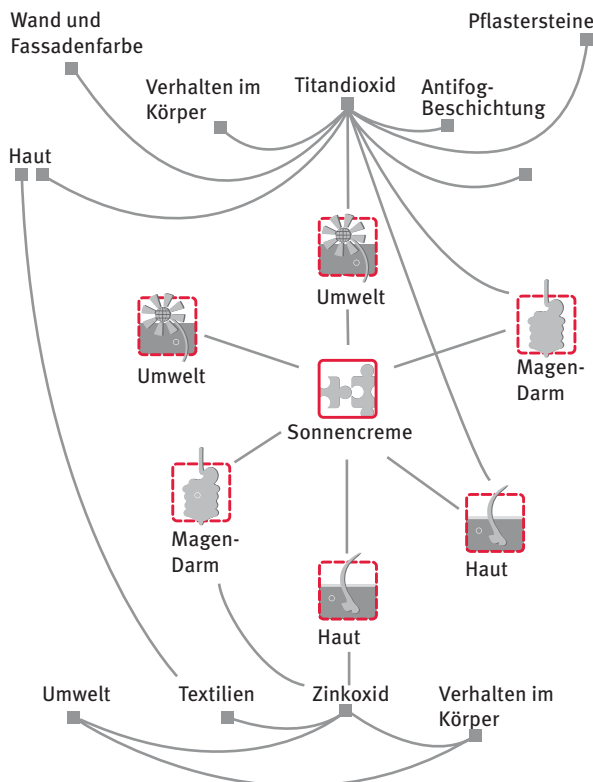


Abb. 3: Anwendung „Sonnencreme“ mit den Auswirkungen im Zentrum; Materialien Titandioxid und Zinkoxid rücken an die Seite

ner JSON-Repräsentation der Objekte auf. Daneben kommt clientseitig noch die jQuery Library [6] zum Einsatz. Abbildung 2 und 3 zeigen zwei Screenshots des implementierten Prototyps. In Abbildung 2 befindet sich das Nanomaterial Titandioxid im Zentrum. Anwendungen und Informationen zur Auswirkung auf Mensch und Umwelt gruppieren sich um dieses herum. In Abbildung 3 rückt die Anwendung „Sonnencreme“ in den Mittelpunkt.

Die Kommunikation zwischen Client und Mapping Tier basiert auf asynchronen Javascript-Aufrufen; das Austauschformat ist JSON. Für die Kommunikation zwischen Client und Mapping Tier wurde auf beiden Seiten eine API entwickelt, die Funktionen zum Laden aller unterstützten Knotentypen, dem Laden aller „Nachbarn“ eines Knotens sowie dem Laden aller Knoten innerhalb einer bestimmten Distanz zu einem Ursprungsknoten unterstützt.

Ausblick

In einer nächsten Version sind zahlreiche Erweiterungen und Verbesserungen vorgesehen [6]. So soll es z. B. möglich sein, interaktiv einzelne Knoten- und Kantentypen ein- und ausschalten zu können. Kanten sollen nur beim Vorliegen bestimmter Bedingungen auf den Daten angezeigt werden (z. B. um alle wichtigen Beziehungen darzustellen). In der aktuellen Version ist der Gesamtdatenbestand so klein, dass er komplett im Client gehalten werden kann. Im Allgemeinen ist dies aber nicht der Fall, sodass intelligente Caching- und Preloading-Strategien eingesetzt werden sollen. Schlussbemerkung: Die Aufgabe in der Thesis [5], die diesem Artikel zugrunde liegt, bestand darin, verschiedene Visualisierungsvarianten für das DaNa-Projekt zu entwickeln und zu evaluieren. Für die Portalseite wurde schließlich eine ebenfalls im Rahmen der Arbeit entwickelte Variante gewählt, die auf dynamischen Tabellen beruht.

Literatur

- [1] DaNa – KnowledgeBase Nanomaterials, <http://www.nanopartikel.info>.
- [2] J. Steele, N. Iliinsky, *Beautiful Visualization: Looking at Data through the Eyes of Experts*, O'Reilly Media, Sebastopol, 2010.
- [3] N. Belmonte, Javascript InfoVis Toolkit, <http://the-jit.org/>, 2010.
- [4] B. Bibeault, Y. Katz, *jQuery in Action*, Manning Publications, 2008.

- [5] A. Atli, *Konzeption und Realisierung eines adaptiven Systems zur graphischen Visualisierung von Zusammenhängen in komplexen Beziehungsstrukturen*, Bachelor Thesis, Fakultät für Informatik und Wirtschaftsinformatik, Hochschule Karlsruhe, August 2010.
- [6] A. Atli, K. Nau, A. Schmidt, *Navigation along Database Relationships – An Adaptive Framework for Presenting Database Contents as Object Graphs*, 7th International Conference on Web Information Systems and Technologies (WEBIST 2011), 6.–9. May 2011, Noordwijkerhout, Netherlands.
- [7] C. Bauer, G. King, *Java Persistence with Hibernate*, Manning Publications Co., Greenwich, CT, USA, 2006.
- [8] Wikipedia, Blut-Hirn-Schranke, <http://de.wikipedia.org/wiki/Blut-Hirn-Schranke>.

Autoren

Prof. Dr. Andreas Schmidt

Professor an der Fakultät für Informatik und Wirtschaftsinformatik der Hochschule Karlsruhe und wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Angewandte Informatik des Karlsruher Instituts für Technologie

Dr. Katja Nau

Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Angewandte Informatik des Karlsruher Instituts für Technologie und Projektleiterin des DaNa-Projekts

Ahmet Atli B.Sc.

Student im Masterstudiengang Wirtschaftsinformatik an der Fakultät für Informatik und Wirtschaftsinformatik der Hochschule Karlsruhe

Kontakt

Prof. Dr. Andreas Schmidt
Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft
Fakultät für Informatik und Wirtschaftsinformatik
E-Mail: andreas.schmidt@hs-karlsruhe.de
Telefon: 0721 925-2962



Die .riess engineering europe gmbh ist auf die Beratung, Einführung und Migration von SAP PLM spezialisiert. Sie bietet zahlreiche Lösungen für die Datenmigration und Prozessoptimierung an, um so einen möglichst reibungsfreien Umstieg auf SAP PLM zu erreichen und Konstrukteure bei ihrer täglichen Arbeit zu unterstützen. Die langjährigen Mitarbeiter können auf weitreichende Erfahrungen in der Konstruktion und in den Entwicklungsprozessen zurückgreifen und so die Kundenprozesse optimal in SAP PLM abbilden.

Seit dem Jahr 2000 ist .riess engineering Entwicklungspartner der SAP AG und verantwortlich für die Entwicklung der SAP PLM Integration für Pro/ENGINEER. Neben der Installation, dem Customizing und der Weiterentwicklung des SAP Preislistenproduktes werden auch kundenindividuelle Softwarelösungen entwickelt.

Wenn Sie Lust haben in einem dynamischen Team in internationalen Projekten zu arbeiten, melden Sie sich bei uns. Wir suchen Unterstützung im Vertrieb, der Entwicklung und in der Beratung.

.riess engineering europe gmbh
Draisstr. 10
D-76307 Karlsbad

Tel. +49 (0)7202 / 707 - 0
box@riess.de • www.riess.de



Analyse der gesamtwirtschaftlichen Einkommensverteilung

On a macroeconomic level changes in the distribution of income can be analyzed by studying the developments of income shares of the main factors of production, i.e. labour and capital. In a recent study labour income shares of six advanced economies since the early 1960s were scrutinized. The innovation of the study is in the empirical approach that is used to shed light on the question of why the labour income share has declined in the last 20-30 years. The developments were analyzed in detail by decomposing changes of the constituent factors that make up the numerator and the denominator of the labour income share.

Bei der Verteilung des gesamtwirtschaftlichen Einkommens auf die beiden wichtigsten Produktionsfaktoren Arbeit und Kapital lässt sich für die vergangenen 50 Jahren in fast allen Industrieländern ein ähnliches Muster feststellen: die Arbeitseinkommensquote – das Verhältnis der gesamtwirtschaftlichen Arbeitseinkommen zum Volkseinkommen – erreichte in der ersten Hälfte der 1980er Jahre ihren historischen Höchststand und ist danach tendenziell immer weiter gefallen. Dies gilt sowohl für Deutschland als auch für die ebenfalls untersuchten Länder USA, Frankreich, Großbritannien, Österreich und die Niederlande. In den meisten Ländern entfielen in dieser Zeit mehr als 80 Prozent des Volkseinkommens auf Löhne und Gehälter, in Großbritannien oder Österreich waren es zeitweilig sogar über 90 Prozent (vgl. Abbildung 1).

Seit Anfang/Mitte der 1980er Jahre fällt der Anteil der Arbeitseinkommen am Volkseinkommen in den betrachteten Ländern – ein Trend, der sich in den letzten beiden Jahrzehnten teilweise deutlich beschleunigt hat. Dies bedeutet, dass die Einkommen aus Unternehmertätigkeit und Vermögen in diesen Ländern deutlich stärker als die Arbeitsentgelte wuchsen. Die Hintergründe dieser Entwicklung werden in einer von der Hans-Böckler-Stiftung geförderten Studie genauer analysiert [1]. Darin wird auch die Entwicklung in Deutschland über fünf Jahrzehnte skizziert: Nach einem Anstieg in den 1970er Jahren erreichte die Arbeitseinkommensquote im Jahr 1981 gut 83 Prozent. Seitdem ist sie auf rund 74 Prozent gefallen und liegt damit wieder auf dem Niveau von 1960. In der Bundesrepublik sank sie allein seit der Jahrtausendwende um fast sechs Prozentpunkte. Ähnlich stark fiel der Rückgang in diesem Zeitraum in Österreich aus, weniger ausgeprägt verlief er in den USA und Großbritannien. In den Niederlanden stagnierte der Anteil der Arbeitseinkommen. Nur in Frankreich stieg die Arbeitseinkommensquote im vergangenen Jahrzehnt – allerdings war diese Größe dort im Jahrzehnt zuvor bereits kräftig gesunken.

In der wirtschaftswissenschaftlichen Literatur werden zahlreiche Faktoren für das Zurückbleiben der Arbeits-

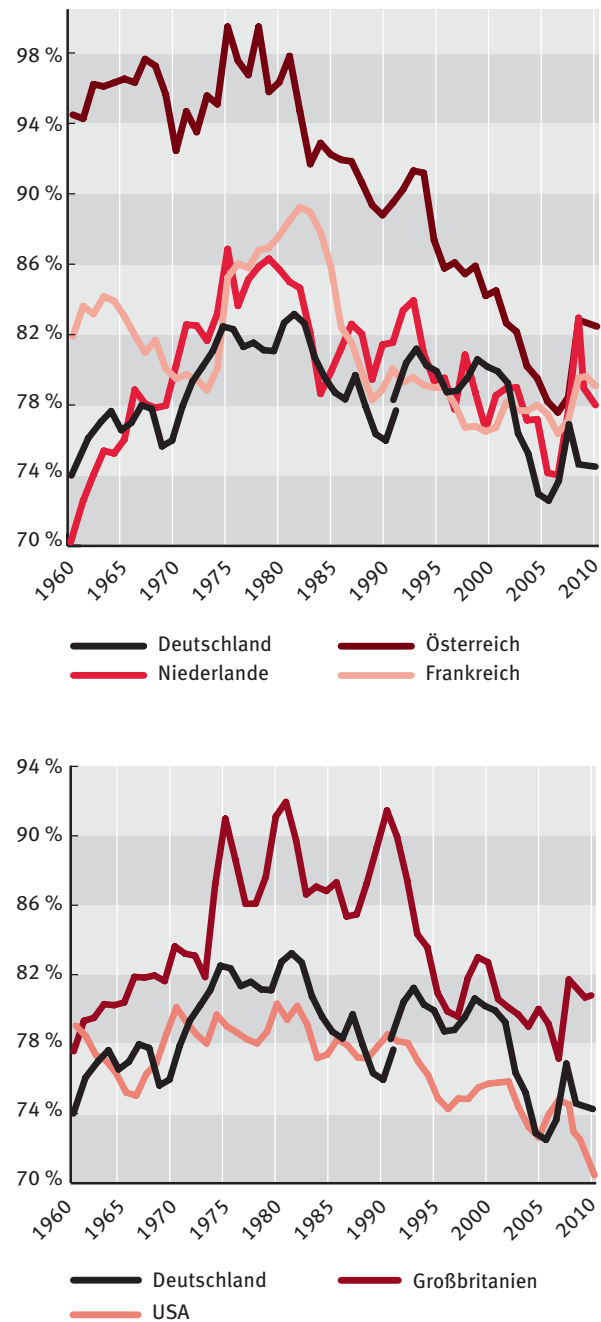


Abb. 1: Arbeitseinkommensquoten in sechs Industrieländern 1960–2010; Quelle: Böckler-impuls 11/2011, S. 6; Grafik nach Krämer/GÖM (2011)

im Vergleich zu den Kapitaleinkommen diskutiert. Als zentrale Determinanten gelten die hohe Arbeitslosigkeit und die Globalisierung, die die Verhandlungsmacht von Arbeitnehmern und Gewerkschaften geschwächt haben, sodass verteilungsneutrale Einkommenszuwächse nicht realisiert wurden. Viele Unternehmen erwogen in zunehmenden Maße Produktionsverlagerungen oder den Ausstieg aus dem Flächentarif. Für Arbeitnehmervertreter hatte daher die Sicherung von Arbeitsplätzen häufig eine höhere Priorität als mögliche Einkommenssteigerungen. Zudem wurde in Deutschland bis Anfang der 1990er Jahre ein gewisser Teil des Verteilungsspielraums für Arbeitszeitverkürzungen genutzt.

Für die Länder, für die entsprechende Daten vorlagen, wird in der Studie eine statistische Feinanalyse für den Zeitraum 1999–2010 vorgenommen, die deutlich macht, wie sich der Rückgang der Arbeitseinkommensquote im Einzelnen vollzogen hat. Im Fall der Bundes-

republik konstant geblieben wäre. Da diese Arbeitseinkommen im letzten Jahrzehnt diesen Spielraum bei weitem nicht ausschöpften, sank die Arbeitseinkommensquote in Deutschland deutlich. Für Deutschland gilt daher, dass praktisch der gesamte Anstieg des gesamtwirtschaftlichen Einkommens, das in den 2000er Jahren auf die Empfänger von Arbeits- und von Kapitaleinkommen zu verteilen war, dem Faktor Kapital zugutegekommen ist.

Da auf die funktionale Einkommensverteilung eine Vielzahl von Faktoren einwirkt, stellt sich die Frage nach der Bedeutung der einzelnen Bestimmungsgrößen. Der innovative Ansatz der Studie besteht nun darin, durch eine Komponentenzerlegung der Arbeitseinkommensquote zu analysieren, wie die verschiedenen Determinanten („Effekte“) dieses Verteilungsmaßes beeinflusst haben. Dazu wird die Arbeitseinkommensquote durch eine Reihe von tautologischen Erweiterungen und Umformungen wie folgt dargestellt:

$$AEQ = \frac{\overbrace{\left(1 + \frac{AGB}{BLG}\right)}^{E_3} \cdot \overbrace{\left(\frac{1}{1 - (AN/BNE)}\right)}^{E_4} \cdot \overbrace{\frac{1}{(1 - NPA)/BNE - AB}}^{E_5}}{\underbrace{\frac{BNE^r}{E}}_{E_1} \cdot \underbrace{\frac{p^{BNE}}{p^{IV}}}_{E_2}} \cdot \frac{\overbrace{\frac{\overline{TL}}{\overline{Std}}}^{E_6}}{\underbrace{\frac{1}{\overline{p^{IV}}}}_{E_9}} \cdot \frac{\overbrace{\overline{Std}}^{E_7}}{\overline{Mo}} \cdot \frac{\overbrace{\overline{LDF}}^{E_8}}{\overline{LDF}}$$

Dabei bedeuten:

AB:	Nominale Abschreibungen	BNE ^r :	Bruttonationaleinkommen in konstanten Preisen
AGB:	Arbeitgeberbeiträge zur Sozialversicherung (tatsächliche und unterstellte)	p ^{BNE} :	Sozialproduktsdeflator
BLG:	Bruttolöhne- und Gehälter	p ^{IV} :	Preisindex der inländischen Verwendung
BNE:	Bruttonationaleinkommen in lfd. Preisen	NPA:	Nettoproduktionsabgaben (Saldo aus Produktions- und Importabgaben und Subventionen)
TL:	Tariflöhne pro Arbeitnehmer		
LDF:	Lohndriftfaktor		
E ₁ , E ₂ , ... E ₉ stellen die neun wichtigsten Determinanten (Effekte) dar.			

republik Deutschland zeigt sich beispielsweise, dass sich das gesamtwirtschaftliche Produktivitätswachstum im letzten Jahrzehnt stark abgeschwächt hat. Da zugleich die Preise relativ mäßig stiegen, war der neutrale Verteilungsspielraum aus Produktivitätsfortschritt und Preissteigerung mit einem jahresdurchschnittlichen Wachstum von 1,81 % im Zeitraum 1999–2010 so gering wie nie zuvor in der Wirtschaftsgeschichte der Bundesrepublik.

Noch weitaus langsamer als der Verteilungsspielraum entwickelten sich allerdings die effektiven Bruttolöhne pro Kopf. Ein Ausschöpfen des Verteilungsspielraums hätte dazu geführt, dass die Arbeitseinkommensquote

Auf Basis von Daten der Deutschen Bundesbank lässt sich zum Beispiel berechnen, dass die nominalen tariflichen Monatsverdienste zwischen 1999 und 2010 um 1,76 Prozent im Jahresdurchschnitt gestiegen sind. Das war ein moderater Zuwachs, der gleichwohl klar über der geringen Preisentwicklung von jährlich 1,08 Prozent lag. Da viele Unternehmen aber gleichzeitig übertarifliche Leistungen kürzten und die Tarifbindung insgesamt zurückging, schlugen die Steigerungen bei den Tarifverdiensten nur zum Teil auf die Effektivverdienste durch. Daneben beeinflussten überbetriebliche Struktureffekte die Statistik, denn die „negative Lohndrift“ – das Zurückbleiben der Brutto-Effektivverdienste hinter den Tarifverdiensten – wird auch durch die zunehmende Zahl

von Teilzeitbeschäftigten beeinflusst. Vom Anstieg der Tarifverdienste führte daher fast ein Drittel nicht zur Erhöhung der effektiven Bruttolöhne und -gehälter.

Der relative Rückgang der Arbeitseinkommen kann auch für die Gesamtwirtschaft negative Folgen haben. Denn zwischen Einkommensverteilung und Wirtschaftswachstum besteht ein wechselseitiger Zusammenhang. So gilt, dass nicht nur die wirtschaftliche Stagnation in der ersten Hälfte des vergangenen Jahrzehnts auf das Wachstum der Arbeitseinkommen gedrückt hat, sondern dass umgekehrt auch die Umverteilung zuungunsten der Arbeitseinkommensbezieher eine Stagnation der Konsumgüternachfrage bewirkte, was einen wachstumsabschwächenden Effekt auslöst hat.

Literatur

- [1] H. Krämer, *Die Entwicklung der funktionalen Einkommensverteilung und ihrer Einflussfaktoren in ausgewählten Industrieländern 1960–2010*, IMK Studies, Nr. 1(2011), Düsseldorf.

Autor

Prof. Dr. Hagen Krämer

Professor an der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften

Kontakt

Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft

Fakultät für Wirtschaftswissenschaften

Moltkestr. 30, 76133 Karlsruhe

E-Mail: hagen.kraemer@hs-karlsruhe.de

Ihre Werbung braucht so nicht zu enden!

VMK

Verlag für Marketing
und Kommunikation

GmbH & Co KG

■ Faberstraße 17
■ D-67590 Monsheim
■ Tel.: 06243/909-0
■ Fax: 06243/909-400
■ ISDN: 06243/909-499
■ www.vmk-verlag.de
■ info@vmk-verlag.de

Was kommt nach der Digitalen Fabrik?

Today the computerized development and design of new products is standardized in almost all branches. The planning processes as well as applied software use an integrated data basis. In this paper it is shown why a similar degree of computerization in the planning and design of production systems will not be established industry wide. If adapted planning processes are used the advantages of computer aided planning can be combined with the flexibility of manual planning.

„Lean“-Konzepte auch in der Planung

Produktionssysteme unterliegen dem permanenten Drang zur Verschlankeung und Vereinfachung, wie der breite Einsatz der „Lean“-Konzepte in der Praxis zeigt. Diese Tendenz wirkt sich auch auf die Methodik zur Gestaltung der Produktionssysteme aus. Hier wie dort kommt nicht zum Einsatz, was technisch möglich ist, sondern nur, was sich bei scharfer und höchstens mittelfristiger Nutzenbetrachtung als notwendig erweist. Die Automatisierung der Produktionssysteme entspricht in dieser Analogie dem Einsatz rechnergestützter Planungswerkzeuge sowie deren Kopplung [1]. Auch wenn diese Entwicklung in der Praxis teilweise groteske Züge annimmt – bis hin zum Verbot von Simulationen – hat sich der Ansatz einer schlanken Planung insbesondere bei der Gestaltung von Arbeitssystemen bewährt.

Sind Konzept und Technologie der Digitalen Fabrik also gescheitert?

Diese These ist natürlich provokant – zumal die Digitale Fabrik selbst unter Berücksichtigung ihrer sehr ambitionierten Definition [2] in einzelnen Hochtechnologie-Industrien in der Tat umgesetzt ist – allen voran bei den OEMs der Automobilindustrie [3]. Eine vollständige Realisierung ist aber schon bei den Tier-1-Lieferanten und in vielen anderen Industrien weder erfolgt noch absehbar.

Digitale Fabrik bedeutet ein „umfassendes Netzwerk ... von digitalen Modellen, Methoden und Werkzeugen ..., durchgängiges Datenmanagement ..., ganzheitliche Planung und Evaluierung ... aller wesentlichen Strukturen, Prozesse und Ressourcen“ [4]. Abbildung 1 zeigt beispielhaft die Vielzahl der zu koordinierenden und

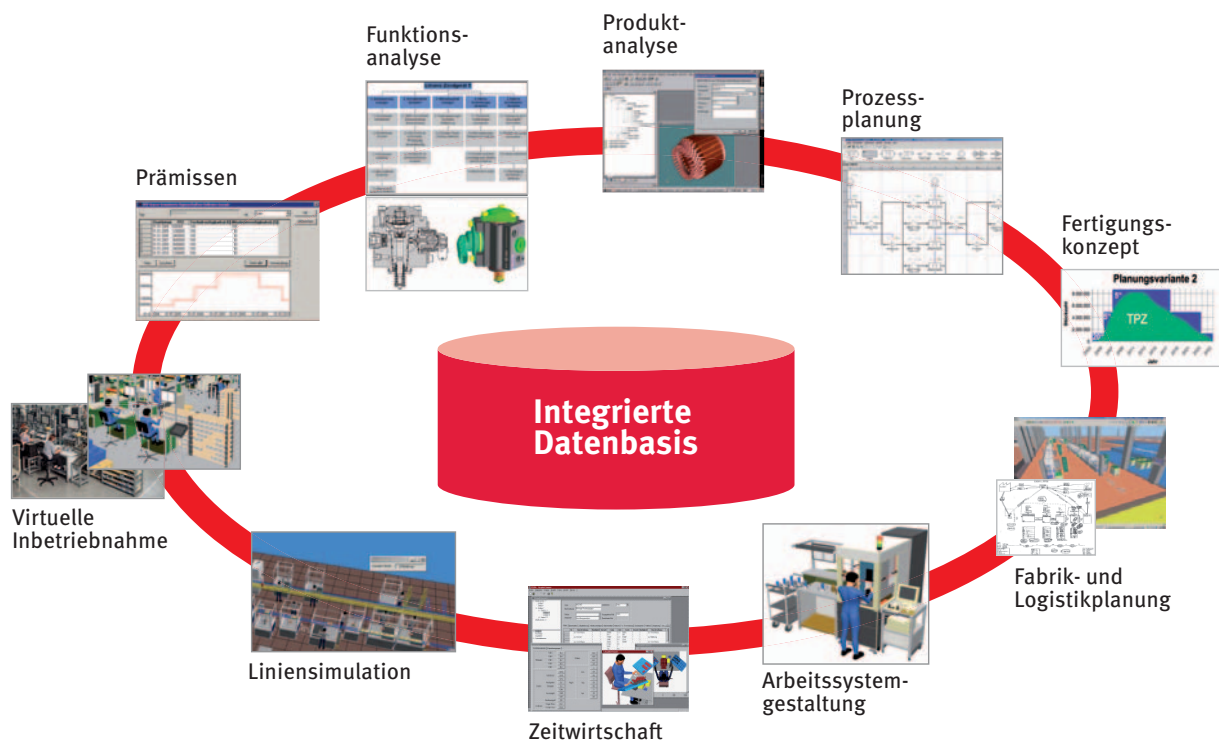


Abb. 1: Module der Digitalen Fabrik mit integrierter Datenbasis

datentechnisch zu integrierenden Planungsaufgaben der Digitalen Fabrik. Die resultierenden, digitalen Planungsprozesse sind ausgesprochen leistungsfähig: Kurzfristige Änderungen am Produkt können so zum Beispiel schnell auf ihre Wirkung im Montageprozess untersucht werden (s. Abb. 2). Es wird sehr schnell deutlich, ob ergonomische Probleme entstehen oder z. B. kritische Taktzeiten überschritten werden.

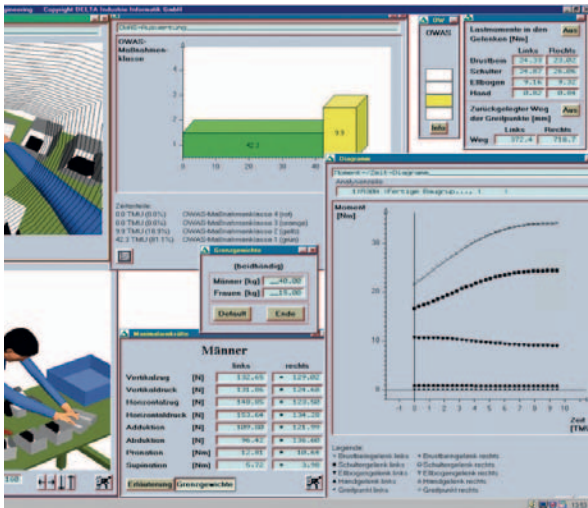


Abb. 2: Dynamische Belastungsanalyse am Computermodell

Gerade in der Gestaltung von Arbeitssystemen mit hohem Anteil an manuellen Arbeitsinhalten hat sich in der industriellen Praxis jedoch eine Vorgehensweise bewährt, wie sie in Abbildung 3 gezeigt wird: der Aufbau von Modellen (Mock-up) in Originalgröße u. a. aus Pappe auf der späteren Betriebsfläche oder in der Nähe. Ein solches Modell kann problemlos in einem zweitägigen, interdisziplinären Workshop aufgebaut werden, um eine Planung zu verifizieren und optimieren. Änderungen sind schnell umgesetzt und können vom Planungsteam und ggf. den zukünftigen Nutzern sofort beurteilt werden. Auch werden die realen baulichen Rahmenbedingungen berücksichtigt, ohne dass hierfür ein aufwendiges Aktualisieren von Modellen notwendig ist. Spezifische Fragestellungen an einzelnen Stationen werden im Nachgang mit Einzelanwendungen aus dem Portfolio der Digitalen Fabrik beantwortet (z. B. MTM-Studien, Simulation der peripheren Logistik etc.).

Schlanke, hybride und heterogene Geschäftsprozesse für die Gestaltung von Produktionssystemen

Während also der Einsatz der Digitalen Fabrik im Sinne der o. g. Definition auf einzelne Unternehmen oder Unternehmensbereiche beschränkt bleiben wird, ist die zuvor beispielhaft gezeigte Vorgehensweise ins-



Abb. 3: Arbeitsplatzgestaltung mit Pappmodellen

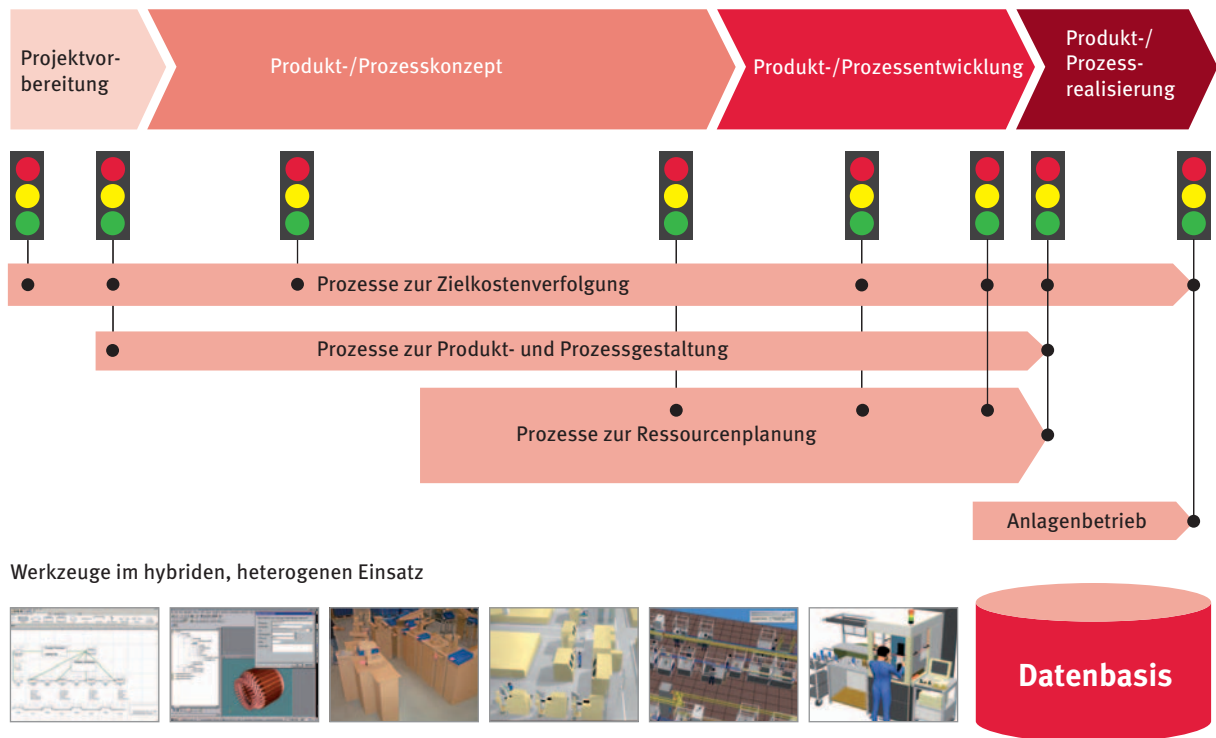


Abb. 4: Geschäftsprozesse für die Planung von Produktionssystemen

besondere auch für kleine und mittlere Unternehmen sinnvoll. Um diese mit maximaler Effizienz auch unter Berücksichtigung der branchen- und unternehmensspezifischen Rahmenbedingungen zu nutzen, werden neue Vorgehensweisen mit Elementen der Digitalen Fabrik benötigt. Sie müssen jeweils planungsfallbezogen in hybrider Weise manuelle und rechnergestützte sowie in heterogener Weise integrierte und singuläre Datenbestände nutzen, in ihrer logisch/methodischen Abfolge aber strikt durchgängig sein (s. Abb. 4): Schlanke, hybride und heterogene Geschäftsprozesse bestimmen die Gestaltung der Produktionssysteme.

Literatur

- [1] J.-C. Blumenau, C.C. Wuttke, *Lean Planning*, in: Proceedings of the 38th CIRP International Seminar on Manufacturing Systems, Florianopolis, Brasil, 2005.
- [2] H. Bley, et al., *CAX für Ingenieure*, Berlin Heidelberg, 2009.
- [3] U. Bracht, et al., *Digitale Fabrik*, Kap. 7, Berlin Heidelberg, 2011.
- [4] VDI-Richtlinie 4499, Blatt 1, Berlin, 2008.

Autor

Prof. Dr.-Ing. Claas Christian Wuttke

Professor an der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften

Kontakt

Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft
Fakultät für Wirtschaftswissenschaften
Moltkestraße 30
76133 Karlsruhe
E-Mail: claas-christian.wuttke@hs-karlsruhe.de
Telefon: 0721 925-1952

BioNexGen: Entwicklung neuer Membrantechniken zur Wasserreinigung

The objective of the BioNexGen project is to develop a new class of functional low fouling membranes for membrane bioreactor technology with high and constant water flux and high rejection of low molecular weight organic pollutants. The consortium consists of 11 partners from 8 countries including 3 countries in the Middle East and North Africa (Germany, Italy, United Kingdom, Greece, Turkey, Syria, Egypt and Tunisia). They will develop a novel MBR operated by low energy consumption. Compact, flexible design and automated operation make it ideal for localized, decentralized wastewater treatment and recycling in the European and MENA countries. Successful delivery will have a major impact on the competitiveness of the SME partners in the project and the European and MENA MBR market. Furthermore it will be a significant contribution to scientific and technological cooperation between European and MENA countries in the provision of safe water.

1. Einleitung

BioNexGen ist ein europäisches Forschungsprojekt, das durch die Europäische Union im 7. Rahmenprogramm mit insgesamt 3,4 Mio. Euro für eine Laufzeit von 42 Monaten gefördert wird. Elf Projektpartner aus Europa und den MENA-Ländern (Middle East and North Africa) haben sich in diesem Projekt zusammengeschlossen, um Membranen mit neuen nanoskalierten Funktionsschichten zur Wasserreinigung zu entwickeln. Unter der Federführung der Hochschule Karlsruhe sind dies das Steinbeis-Europa-Zentrum Karlsruhe, das Unternehmen Microdyn Nadir in Wiesbaden, das italienische Institute for Membrane Technology, die britische Swansea University, aus Griechenland die Foundation for Research and Technology sowie das Unternehmen Nanothinx, das türkische Izmir Institute of Technology, die syrische Al Baath University Homs, das ägyptische Central Metallurgical Institute Cairo und das tunesische Centre of Biotechnology Sfax.

2. Membrantechnik

Immer häufiger wird bei der Wasserbehandlung, also der Reinigung und dem Recycling, Membrantrenntechnik eingesetzt. Sie basiert auf einem Trennverfahren, bei dem das zu filternde Medium unter Druck quer zu einem Filter mit feinsten Poren geleitet wird (Membran). Im Gegensatz zu herkömmlichen Filtern erlaubt die Membrantechnik eine Trennung der Stoffe bis zu ihrer molekularen Größe, wie dies z. B. in der sogenannten Umkehrosmose zur Meerwasserentsalzung geschieht. Zur Abwasserreinigung werden bereits Mikro- und Ultrafiltrationsmembranen eingesetzt, die feinste Partikel und Keime zurückhalten können, sodass sich das gereinigte Wasser in der Landwirtschaft oder in der Industrie wieder einsetzen lässt. In den letzten Jahren hat insbesondere der Einsatz der sogenannten Membranbioreaktortechnik an Bedeutung gewonnen [1]. Dabei handelt es sich um eine Kombi-

nation aus dem biologischen Reinigungsprozess einer Kläranlage und Mikro- bzw. Ultrafiltrationsmembranen, die in den meisten Fällen direkt in das Klärbecken eingetaucht werden. Das gereinigte Abwasser wird dann typischerweise über eine Saugpumpe durch die Membranen geleitet. Die wesentlichen Vorteile dieser Technologie sind:

- geringer Platzbedarf, da kein Absetzbecken für die Abtrennung der Biomasse notwendig ist
- hohe Wasserqualität, die ideal zum Recycling geeignet ist
- hohe Abbaueffizienz auch für nicht leicht abbaubare organische Stoffe

3. Projektziele

Insbesondere in den Mittelmeer-Anrainerstaaten bzw. nordafrikanischen Ländern wird die Wiederverwendung von gereinigtem Wasser/Abwasser immer wichtiger, da diese vor allem in den Sommermonaten unter akutem Wassermangel leiden. Und dies wird sich durch den Klimawandel noch verstärken. Ziel des gemeinsamen Projekts „BioNexGen“ ist daher die Entwicklung neuartiger nanostrukturierter Membranmaterialien für Membranbioreaktoren, die vor Ort, also in den beteiligten MENA-Ländern, in Pilotversuchen getestet werden sollen. Damit soll die Reinigungsleistung gegenüber den bisher in Bioreaktoren eingesetzten Membranen deutlich gesteigert werden. Zu erreichen ist dies nur, wenn die neuen Membranen nicht nur als rein physikalische Barriere dienen, sondern auch funktionelle Eigenschaften aufweisen. Insbesondere muss verhindert werden, dass sich Deckschichten (Fouling) auf der Membranoberfläche ablagern, da dies den Wasserdurchfluss und damit auch die Reinigungsleistung reduziert. Zudem sollen die neuen Materialien die Trennleistung der Membranen in

Als globaler Technologieführer entwickelt, fertigt und vertreibt Agilent Messtechnikprodukte und -systeme für die Bereiche Chemische Analysentechnik, Life Sciences, Elektronik und Kommunikation.

www.agilent.de



Agilent Technologies

Zahnradbearbeitung in einer neuen Dimension **HÖFLER Schleif- & Fräsmaschinen** Kraftvoll. Präzise. Zuverlässig



Höfler-Innovationen setzen Maßstäbe in der Zahnradbearbeitung:
Kraftvolles Fräsen grösster Werkstücke in einem Schnitt und in Höchstgeschwindigkeit.
Präzises Schleifen, topologisch absolut korrekt, bei einer rasanten Schleifgeschwindigkeit.
Zuverlässiger Fertigungsprozess durch Ergonomie, Flexibilität und Langlebigkeit.

HÖFLER Zahnrad-Schleifmaschinen - bis 8000 mm
HÖFLER Zahnrad-Fräsmaschinen - bis 8000 mm



HÖFLER Maschinenbau GmbH
Industriestr. 19 76275 Ettlingen

T.07243 / 599-0 F.07243 / 599-165

www.hoefler.de

Ideen haben kann ich überall.
Realisieren kann ich sie hier.



Hightech seit 1931.

Studierende und
Hochschulabsolventen/-
absolventinnen gesucht

Menschen mit Pioniergeist und Leidenschaft haben E.G.O. international und über Branchengrenzen hinweg zu einem technologischen Impulsgeber gemacht. Lust, diese Tradition noch im Studium fortzusetzen? Ihrem Talent, den Freiraum und die Unterstützung zu gönnen, die es zum Entfalten braucht? Dann tun Sie es einfach: im Rahmen eines Praktikums, ihrer Werkstudententätigkeit oder Ihrer Abschlussarbeit. www.egoproducts.com/karriere

Bioreaktoren verbessern, sodass sie auch gelöste niedermolekulare Verbindungen wie beispielsweise gelöste Farbstoffe im Abwasser der Textilindustrie zurückhalten können [2]. Im Bereich Wasserrecycling würde sich dadurch eine deutliche Steigerung der Wasserqualität ergeben. Eine zusätzliche Herausforderung ist dabei die Trennwirkung und gleichzeitig die Reinigungsleistung zu erhöhen, nicht aber den benötigten Energieaufwand. Denn bei den bisherigen Membranbioreaktoren konnte eine solche Verbesserung der Wasserqualität nur durch eine aufwendige nachträgliche Behandlung z. B. mittels Nanofiltration erreicht werden (s. Abb. 1).

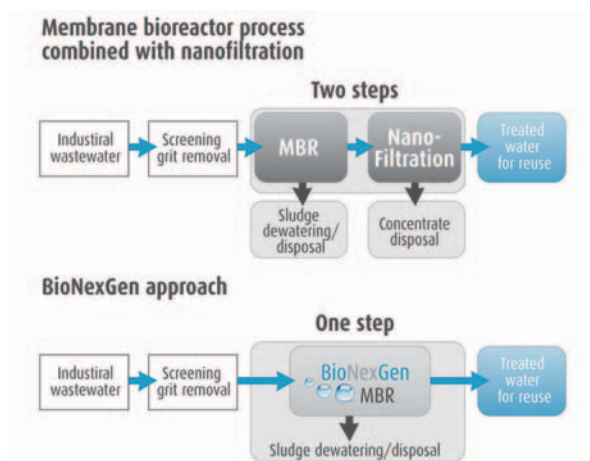


Abb. 1: Strategieansatz von BioNexGen

BioNexGen fokussiert sich insbesondere auf den Einsatz der neu entwickelten Membranen für die Behandlung von Abwässern, die in den MENA-Ländern eine wichtige Rolle spielen, wie solche aus der Produktion von Olivenöl, Textilien und Kosmetik (s. Abb. 2). Die Abwässer der Kosmetikindustrie sind generell durch hohe Belastungen an organischen Stoffen charakterisiert. In der Textilindustrie liegen Abwässer mit überwiegend biologisch schwer abbaubaren Substanzen vor (z. B. Farbstoffe), während die Abwässer der Olivenölindustrie durch ihre bakterientoxischen Eigenschaften charakterisiert sind, wodurch auch die Filtrationseigenschaften negativ beeinflusst werden.

Die BioNexGen Forschungsstrategie zielt im Wesentlichen darauf ab, bereits existierende Membranmaterialien mit neuen Funktionsschichten zu versehen und anschließend im Rahmen von Pilotversuchen vor Ort in den MENA-Ländern zu testen. Für diesen praktischen Einsatz mit realem Abwasser wurden bereits entsprechende kleine Pilotanlagen bei den MENA-Partnern aufgebaut und in Betrieb genommen. Diese werden momentan mit bereits existierenden Membranen getestet. Die Ergebnisse sollen im weiteren Verlauf des Projekts mit den Daten für die neuentwickelten Mem-

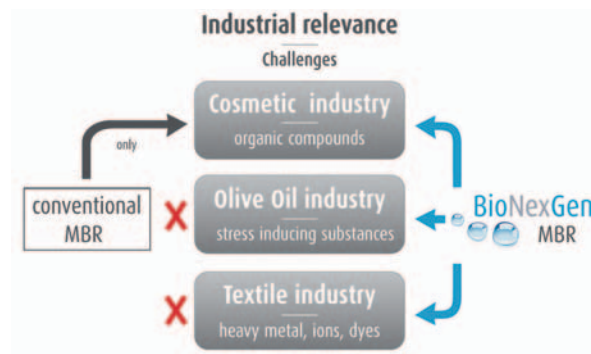


Abb. 2: Industrielle Relevanz des BioNexGen Projekts

branen verglichen werden. Erste vielversprechende Ansätze für neue nanoskalierte Funktionsschichten liegen auf Laborebene bereits vor. Weitere Informationen zum Projekt sind unter [3] zugänglich.

Literatur

- [1] S. Judd, *The MBR Book: Principles and Applications of Membrane Bioreactors for Water and Wastewater Treatment*, Elsevier, 2006.
- [2] R. Huang, J. Hoinkis, et al., *Treatment of dyeing wastewater by hollow fiber membrane bioreactor*, in: *Desalination and Water Treatment*, 11(2009), S. 1–6.

- [3] www.bionexgen.eu

Autor

Prof. Dr. Jan Hoinkis

Professor an der Fakultät für Elektro- und Informationstechnik und Geschäftsführender Direktor des Instituts für Angewandte Forschung (IAF)

Kontakt

Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft
 Fakultät für Elektro- und Informationstechnik
 Moltkestraße 30
 76133 Karlsruhe
 E-Mail: jan.hoinkis@hs-karlsruhe.de
 Telefon: 0721 925-1372

Bessere Karten mit Anamorphosen?

Eine empirische Studie über Kartenanamorphosen zur Visualisierung von Geodaten

This empirical study investigates the effectiveness and efficiency of choropleth maps with equivalent cartograms. The overall result shows that the choropleth map is slightly more effective and more efficient than the cartogram. However, map effectiveness and efficiency also depend significantly on the inference task complexity for both map types, and more surprisingly, on the shape characteristics of the depicted enumeration units. For simple tasks, cartograms seem as effective and efficient as the more traditional choropleth maps. For complex inference questions, inference performance with cartograms is significantly dependent on whether regular or irregular zones are used in the map.

Bei einem großen Teil von Karten, insbesondere zu demographischen und sozio-demographischen Themen, handelt es sich um Choroplethenkarten. In der Helligkeit abgestufte Farben zeigen in Klassen eingeteilte relative Werte für administrative Flächeneinheiten. Damit werden komplexe geo-räumliche Sachverhalte dargestellt, die, je nach Vorwissen des Kartenlesers, aber auch zu Fehlinterpretationen führen können, weil sich die Daten nicht auf die Fläche, sondern auf die dort lebende Bevölkerung beziehen. Der thematische Inhalt wird relativ über die Flächenfärbung visualisiert. Diese Form der Darstellung ist nur dann in letzter Konsequenz korrekt, wenn alle räumlichen Bezugseinheiten gleich groß sind oder ausreichend Vorwissen über die dort lebende Bevölkerung vorhanden ist [1].

Eine Möglichkeit zur Lösung dieses Problems besteht in der Verwendung von Kartenanamorphosen. Darunter versteht man absichtlich verzerrte Karten, deren räumliche Eigenschaften nicht direkt mit der Lage auf der Erdoberfläche, sondern mit dem Wert der zugrundeliegenden thematischen Daten zusammenhängen [1]. Bei der Anamorphose verhält sich die Bezugsfläche proportional zur dargestellten thematischen Variable. Dabei wird der Gebietsumriss je nach Variablenwert vergrößert oder verkleinert. Mittlerweile sind Kartenanamorphosen nicht zuletzt durch das Projekt Worldmapper (www.worldmapper.org) einer breiten Öffentlichkeit zugänglich. Hier stellt sich die Frage, wie dieser Kartentyp den Wahrnehmungsprozess beim Kartenleser hinsichtlich der Interpretierbarkeit des Karteninhalts im Vergleich zur herkömmlichen Choroplethenkarte beeinflusst.

Im Studiengang Kartographie und Geomatik der Fakultät für Geomatik wurde deshalb eine empirische Studie (20-minütige Onlineumfrage) als Teil einer Diplomarbeit unter den Studierenden durchgeführt. Die

Studie ist in Zusammenarbeit mit der Universität Zürich am Institut für Geographie, in der Forschungsgruppe Geographische Informationsvisualisierung und Analyse (GIVA), entstanden. Im Rahmen der Studie wurden Choroplethenkarten mit Kartenanamorphosen verglichen. Als Datengrundlage standen die Anzahl der erwerbsfähigen Personen (absolute Werte) und der Anteil der erwerbslosen an den erwerbsfähigen Personen in Prozent (relative Werte) zur Verfügung. Als räumliche Bezugseinheiten dienten die Gemeinden der Region Basel und die Counties des US-Bundesstaats Kansas. Den Probanden wurde nicht mitgeteilt, um welche der Regionen es sich handelt, damit möglicherweise vorhandenes Vorwissen über die Regionen das Ergebnis nicht verfälschen kann. Für beide Regionen wurde zuerst eine Übersichtskarte mit den Gebietsumrissen einer Choroplethenkarte gegenübergestellt. Dann wurde wieder für beide Regionen die Übersichtskarte einer Kartenanamorphose gegenübergestellt (s. Abb. 1–4). Das Design der Umfrage wurde so angelegt, dass die Richtigkeit der Antworten und die für die jeweilige Antwort benötigte Zeit als abhängige, gemessene Variablen betrachtet wurden. Kartentyp (Choroplethenkarte/Kartenanamorphose), Region (Basel/Kansas) und Fragentyp (einfache/komplexe Frage) bildeten die unabhängigen, kontrollierten Variablen.

Als wesentliches Ergebnis der Studie hat sich gezeigt, dass die Fragen – bezogen auf die herkömmliche Choroplethenkarte – effektiver und effizienter beantwortet wurden. Das hängt möglicherweise damit zusammen, dass die Darstellungsform der Kartenanamorphose, wie Dent [2] und Aschwanden [3] bereits herausfinden konnten, vom Kartennutzer häufig als irreführend und unübersichtlich beschrieben wird. Es wurde in der Studie aber auch deutlich, dass Korrektheit und Schnelligkeit der Antworten von der Komplexität der Fragen abhängen, überraschenderweise aber auch

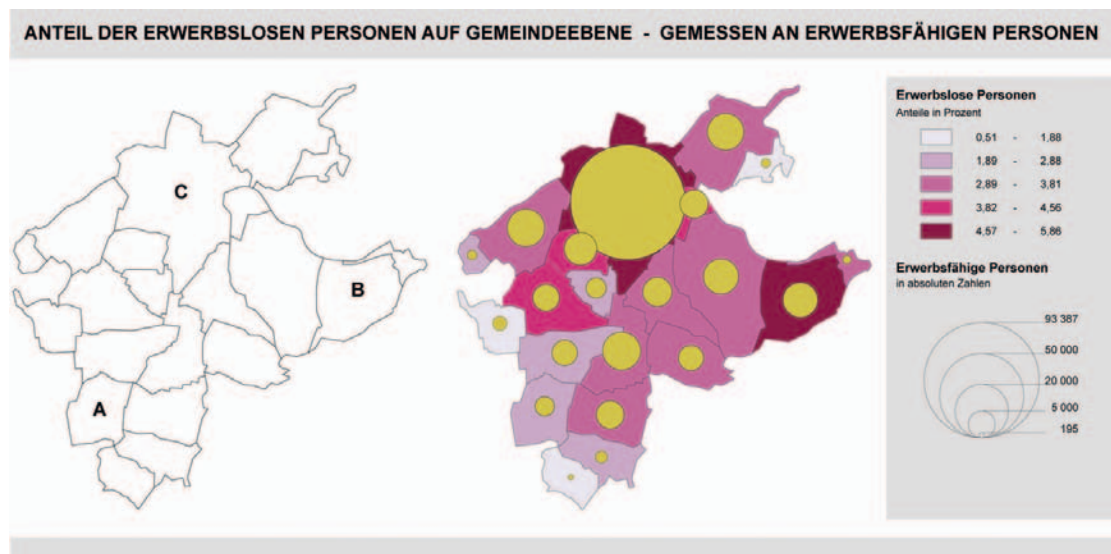


Abb. 1: Region Basel, Choroplethenkarte

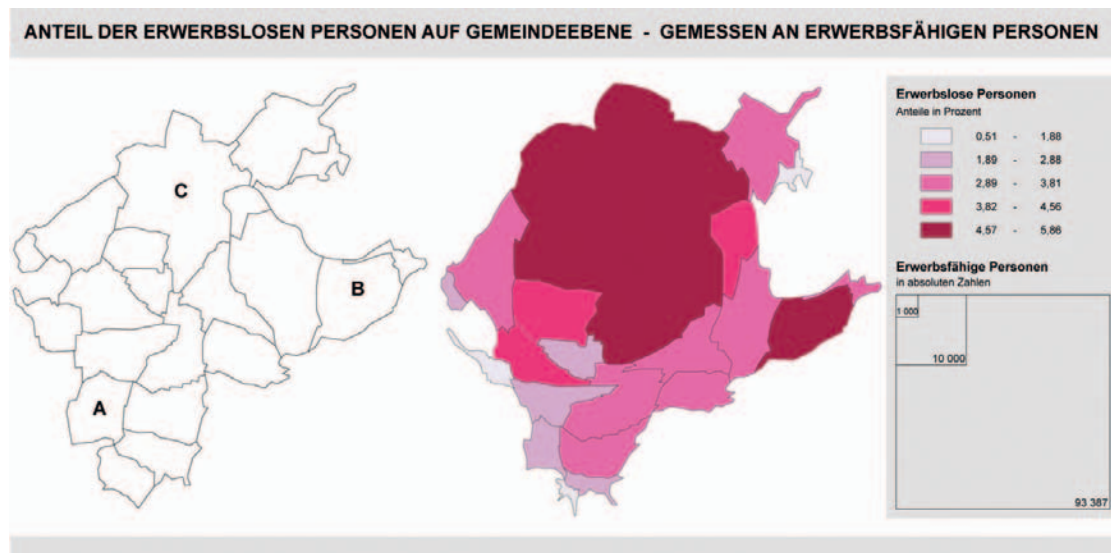


Abb. 2: Region Basel, Kartenanamorphose

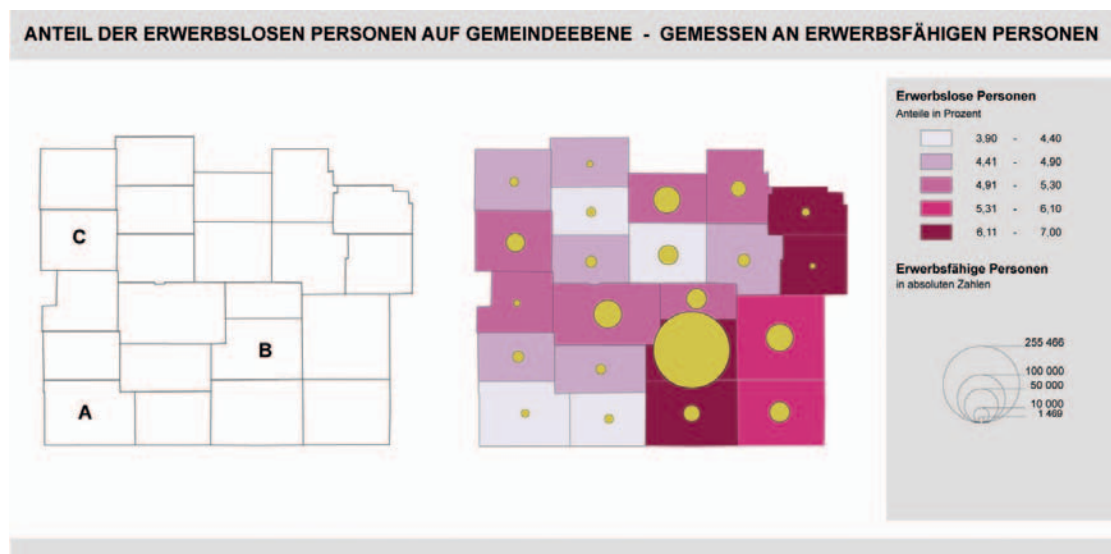


Abb. 3: Region Kansas, Choroplethenkarte

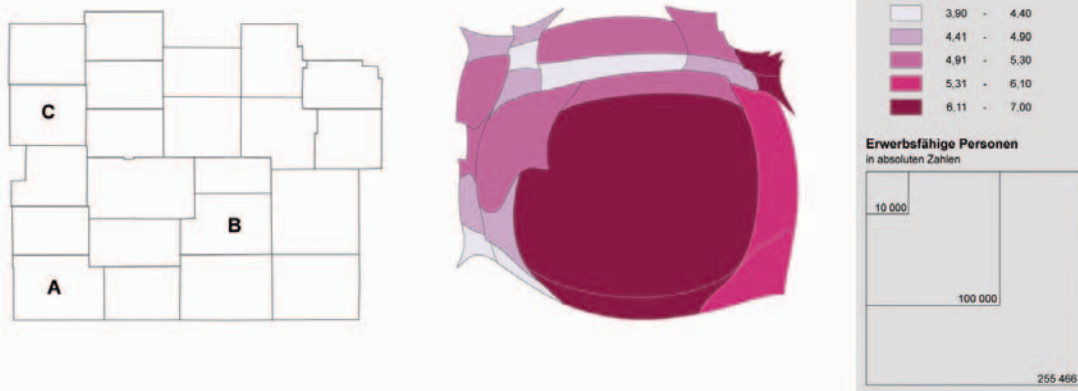
ANTEIL DER ERWERBSLOSEN PERSONEN AUF GEMEINDEEBENE - GEMESSEN AN ERWERBSFÄHIGEN PERSONEN


Abb. 4: Region Kansas, Kartenanamorphose

von der Regelmäßigkeit bzw. Unregelmäßigkeit der Gebietsumrisse. Unabhängig vom Kartentyp hatten die Probanden große Schwierigkeiten komplexere Fragen korrekt und schnell zu beantworten. Bei einfachen Fragen ergab sich zwar ein signifikanter Unterschied zwischen Choroplethenkarte und Kartenanamorphose – jedoch ist die allgemein hohe Richtigkeit zu beachten ($\mu = 95,25\%$ und mehr). Komplexe Fragen wurden im Wesentlichen auf gleichem Niveau für beide Kartentypen beantwortet, solange es sich um die unregelmäßigen Gebietsumrisse der Region Basel handelte. Das bedeutet umgekehrt, dass die richtige Interpretation der Kartenanamorphose von der Charakteristik der Gebietsumrisse beeinflusst wird. Ausschlaggebend für das schlechte Abschneiden der Region Kansas ist die Transformation zwischen Übersichtskarte (rechteckig) und Anamorphose (unregelmäßig). Diese Transformation lässt die flächenmäßige Verzerrung sehr schlecht schätzen, die für die komplexen Fragen von Bedeutung ist. Soweit es sich also um einfache Fragestellungen und unregelmäßige Gebietszuschnitte handelt, wird die Kartenanamorphose im Wesentlichen richtig interpretiert. Sie stellt damit eine gute Ergänzung zur Choroplethenkarte dar, um Fehlinterpretationen bei diesem Kartentyp vorzubeugen.

Literatur

- [1] M. Burgdorf, *Verzerrungen von Raum und Wirklichkeit in der Bevölkerungskartographie*, in: Kartographische Nachrichten 58(5), 2008, S. 234–242.
- [2] B.D. Dent, *Communication Aspects of Value-by-Area Cartograms*, in: Cartography and Geographic Information Science 2(2), 1975, S. 154–168.

- [3] C. Aschwanden, *Kognitionsstudien mit mengen-treuen Flächenkartogrammen*, in: Kartographische Nachrichten 48(6), 1998, S. 221–228.

Autoren

Prof. Dr. Peter Freckmann

Professor an der Fakultät für Geomatik

Prof. Dr. Sara Irina Fabrikant

Universität Zürich, Mathematisch-naturwissenschaftliche Fakultät, Institut für Geographie, Geographische Informationsvisualisierung und Analyse (GIVA)

Dipl.-Ing. (FH) Silvan Kaspar

Absolvent der Fakultät für Geomatik

Kontakt

Prof. Dr. Peter Freckmann

Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft
Fakultät für Geomatik

Moltkestr. 30

76133 Karlsruhe

E-Mail: peter.freckmann@hs-karlsruhe.de

Telefon: 0721 925-2677

Sprachsymbole und Sprachmuster in rechtsextremen Musikszenen

Right-extremist music is the most important means for getting young people to join the right-extremist scene. From 2006 to 2010 the German Research Foundation DFG funded the project „Speech symbols and speech patterns in right-extremist music scenes“. The project was carried out in co-operation with the German Federal Criminal Police Office and the Federal Office for the Protection of the Constitution. The project's aim was to identify on which concepts of an enemy and patterns of argumentation the ideology of the German right-extremist subculture is based by analysing a corpus with more than 5.500 lyrics.

Rechtsextreme Musik bildet seit mehr als drei Jahrzehnten die zentrale Basis für den Einstieg vieler Jugendlicher in die rechtsextreme Szene, insbesondere bzgl. der subkulturell geprägten Rechtsextremisten und Neonazis [1]. Erklärtes politisches Ziel der rechten Szene ist in jüngerer Zeit der Vorstoß in die bürgerliche Mitte der Gesellschaft [2].

In Deutschland transportierten 2010 etwa 200 Musikgruppen in ihren Texten offen oder unterschwellig rechtsextremistische Feindbilder und Ideologiefragmente, die sich in der Szene zu einem meist diffusen rechtsextremen Weltbild verdichten. Die Bandbreite der Musik reicht von Liedermachern und traditionellem NS-Liedgut über Hip-Hop, Techno bis hin zu Dark Wave und NS-Black-Metal/ „Hatecore“. Als Verbreitungsmedium fungieren 87 kommerzielle Musikvertriebe sowie Web-2.0-Dienste (Musik- und Videoportale, Internetradios). Insbesondere Konzerte von Bands mit Namen wie *Endlöser*, *Zyklon B*, *Volkszorn*, *Landser*, *Rassenkrieg* u. ä. vermitteln jenes Gemeinschaftserlebnis, das für das jugendliche Publikum durch den „Nimbus des gesellschaftlich Verpönten“ und einer Kombination aus Bühnenshow, raufenden Skinheads und Alkohol geprägt ist. Aussteiger aus der Szene konzidieren, dass die Liedtexte auf Dauer die Hemmschwelle zur Anwendung von verbaler wie physischer Gewalt gegen „Feinde“ sinken lassen. Die Texte und ihre Inhalte fungieren als zentraler Schlüssel zum Verständnis der Alltagskultur der jungen, militanten rechtsextremen Subkultur.

Das Projekt, das in Zusammenarbeit mit Prof. Dr. Peter Schlobinski von der Universität Hannover durchgeführt und von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördert wurde, hat in Kooperation mit dem Bundeskriminalamt (BKA) und dem Bundesamt für Verfassungsschutz (BfV) rechtsextreme Musiktexte von 2006 bis 2010 analysiert. Als Datenbasis diente ein Korpus mit über 5.500 von der Polizei und dem BKA auf Tonträgern beschlagnahmten und z. T. gerichtlich indizierten

Liedern, die durch die Projektgruppe wissenschaftlich ediert worden sind. Praktisches Anwendungsfeld der Untersuchung war die rechnergestützte, teil-automatisierte Textanalyse für den Bereich der Strafverfolgung durch das BKA und die Staatsanwaltschaften.

Zwei Fragestellungen standen im Fokus der Analyse:

- [1] Welche Lexeme werden verwendet, welche Wortfelder konstruiert, um rechtsextreme Ideologeme und Feindbilder zu konstituieren? Welche Rolle spielen hierbei Metaphern?
- [2] Welche Argumentationstypen und -muster treten in rechtsextremen Musiktexten auf?

Auf Basis einer sowohl quantitativ (Frequenz und Kollokation der Schlüsselwörter) wie auch qualitativ-kontextsensitiv orientierten Analyse (Einbettung in den Diskurs) der Lexik von Einzeltexten und Korpus wurden Schlüsselkonzepte und Ideologeme ermittelt, die für die inhaltlichen Aussagen der Liedtexte und das durch sie vermittelte Weltbild relevant sind. Aufschluss über Ideologeme lieferten hierbei deren lexikalische Repräsentanten, insbesondere hochfrequente Schlüsselwörter. Diese dienen in einem Drittel des Korpus der Selbstdarstellung der rechten Szene und ihrer Ziele. 40 Prozent aller Texte des Korpus entwerfen demgegenüber ein dezidiertes Bild jener Personen und gesellschaftlichen Gruppen, die aus Sicht der rechten Szene als Feinde wahrgenommen werden.

Zentrale rechtsextreme Feindbilder

Die Untersuchungen zeigen, dass gegenwärtig *Ausländer und Migranten* (Türken, Afrikaner, Ost-/ Südosteuropäer), *politisch links orientierte Menschen* (einschl. Punks/„Hippies“) sowie *rassistisch motivierte Feindbilder* den Antisemitismus als „Feindbild Nr. 1“ im Rechtsradikalismus abgelöst haben. Die Ergebnisse legen nahe, dass die Feindbilder der „Neuen Rechten“ primär losgelöst vom historischen Nationalsozialismus untersucht werden können.

Signifikant viele Liedtexte greifen aktuelle, in weiten Kreisen der Gesellschaft hochemotional diskutierte Themen auf (Kindesmissbrauch, straffällig gewordene ausländische Intensiv- und Mehrfachtäter, islamistisch motivierte Gewalttaten etc.). In diesen Texten werden einzelne Feindbilder semantisch wie argumentativ vielschichtig mit dem Ziel verknüpft, rechtsextreme Positionen durch die Rezipienten der Musik in den gesellschaftlichen Diskurs einzubringen. Als zentrale Feindbilder fungieren primär der als ohnmächtig und handlungsunfähig beschriebene *Staat* (Politik, Justiz, Polizei) sowie die *Presse und Medien*, deren verharmlosende Berichterstattung die Bevölkerung davon abhalte, die Ziele der rechten Szene zu unterstützen. Als Lösungsansatz scheint in einer Mehrheit der Texte die Forderung nach einer nationalen, nach dem Führerprinzip aufgebauten „Volksgemeinschaft“ durch, die gesellschaftliche Probleme unter Ausblendung universeller Freiheitsrechte/Gleichheitsgrundsätze gewaltsam löst. Die rechte Szene weist sich in ihrem Selbstbild die Aufgabe des elitären Vorreiters in dieser Bewegung zu.

Rechtsextreme Argumentationsmuster

Die menschenverachtende Perfidie jener Präsuppositionen, mit denen ideologische Geltungsansprüche erhoben und durchgesetzt werden sollen, erweist sich erst durch eine Argumentationsanalyse (nach Toulmin), hier exemplarisch für den Text zu „Die Straßen frei“ der Band Agitator (2005):

„Abschaum bevölkert unsere Straßen / und unsere Städte ersticken im Müll. / Lasst uns unser Land von Dreck befreien, / steht endlich auf und seid nicht länger still. / Verbrechen geschehen hier jeden Tag. / In Banden rauben und töten sie. / Wir erobern unsere Straßen zurück. / Denn unsere Heimat überlassen wir ihnen nie. / [...] Wir [...] wollen am Ende Sieger sein.“

Metaphorisch geprägter Sprachgebrauch ist für das vorliegende Textkorpus charakteristisch. Feinde werden überwiegend durch hochfrequent verwendete Schmutz- (*Dreck*), Ungeziefer- (*Zecke*, *Parasiten*) sowie Krankheits-/ Katastrophenmetaphern (*Pest*, *Flut*) benannt. Obwohl weder in der Metaphorik noch in der Argumentationsstruktur konsistent aufgebaut, erfüllen die Metaphern semantisch-pragmatisch mehrheitlich den Zweck der Diffamierung und Entmenschlichung. Dass es sich im Text bei der Wahl des Archilexems *Schmutz* darüber hinaus auch um einen Tötungsapell handelt, ist zunächst nicht offensichtlich. Erst die Argumentationsanalyse zeigt, dass hier über Implikaturen zur Tötung von unliebsamen Subjekten als Vertretern der Feindbildkategorie „Kriminalität“ aufgerufen wird. Implizit erklärtes Ziel ist die Tötung der Fremd-

gruppe *kriminelle Banden*, auf die mit verschiedenen lexikalischen Vertretern (*Müll*, *Dreck*) des negativ konnotierten Metaphernfelds *Schmutz* referiert wird.

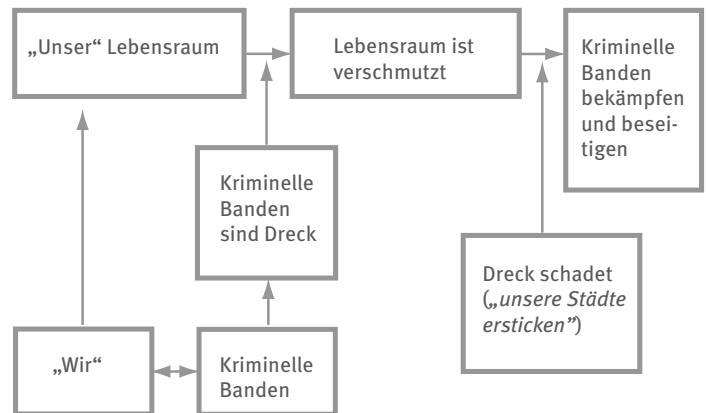


Abb. 1: Argumentationsschema zu „Die Straße frei!“ (Agitator, 2005)

Explizite Tötungsabsichten wie in „[...] also werden wir sie einfach alle töten müssen“ (Stahlgewitter) bzw. Tötungsbekundungen: „Nigger, sei schneller als ein Tier/wir töten dich, ich versprech’ es dir“ (Macht & Ehre) nehmen im Korpus ab 2000 vor dem Hintergrund des Bemühens um Anschlussfähigkeit an bürgerliche Diskurse wie auch aus Furcht vor Strafverfolgung signifikant ab.

Fazit

Das Skandieren von rechtsextremer Musik bei zahlreichen rechtsextremen Gewalttaten und Tötungsversuchen belegt in erschreckender Weise, dass die Liedtexte den Boden für eine Gewaltspirale bereiten, die von der verbalen Herabsetzung und Diffamierung über die Androhung der Vertreibung und dem indirekten Aufruf zur Tötung hin zum Akt des Tötens reicht. Die Sprachwissenschaft kann sprachliche Gewalt prinzipiell bewusst machen und Einsichten in deren Funktionsmechanismen gewinnen. In Kooperation mit Schulen, Justiz und Strafverfolgungsbehörden (BKA, BfV) kann sie mithelfen, verbale Gewalt letztlich auch einzudämmen.

Literatur

- [1] Bundesministerium des Inneren (Hrsg.), *Verfassungsschutzbericht 2010*: http://verfassungsschutz.de/de/publikationen/verfassungsschutzbericht/vsbericht_2010/
- [2] Decker, Oliver et al., *Vom Rand zur Mitte. Rechts-extreme Einstellungen und ihre Einflussfaktoren in Deutschland* [= Friedrich-Ebert-Stiftung], Berlin, 2006.

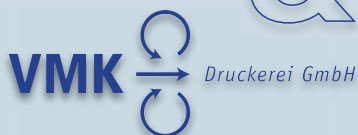
Autor

Prof. Dr. Michael Tewes

Professor an der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften

Kontakt

Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft
Fakultät für Wirtschaftswissenschaften
Moltkestraße 30
76133 Karlsruhe
E-Mail: michael.tewes@hs-karlsruhe.de



**Ihre Partner rund
um Publikation
und Druck**



Verlag

Faberstrasse 17
67590 Monsheim
P: +49.6243.909-0
F: +49.6243.909-400
E: info@vmk-verlag.de
www.vmk-verlag.de

Druckerei

Faberstrasse 17
67590 Monsheim
P: +49.6243.909-110
F: +49.6243.909-100
E: info@vmk-druckerei.de
www.vmk-druckerei.de

Mit uns treffen Sie
mitten ins Schwarze.

Sehen Sie rosigen
Zeiten entgegen.

Grüner wird's nicht,
versprochen.

karriere-ist-lila.de

Ihre Freunde wissen nicht,
wo Bruchsal liegt?

**Sagen Sie einfach:
an der Spitze
der Antriebstechnologie.**



Menschen mit Weitblick und Schaffenskraft gesucht. Was halten Sie von einem Einstieg bei einem der führenden Spezialisten für Antriebstechnologie? Wir suchen Könnner, Macher, Denker und Lenker. Menschen, die mit Kompetenz und Tatkraft Spitzenleistungen erbringen wollen, um Gutes noch besser zu machen. Menschen, die die Möglichkeiten eines weltweit erfolgreichen Unternehmens ebenso schätzen wie seine familiären Wurzeln. Menschen, die täglich Mut und Einsatz zeigen für neue Ideen: für Getriebe, Motoren und Antriebssysteme, die in Zukunft Maßstäbe setzen werden. Menschen, die Visionen haben und wissen, wie man sie verantwortungsvoll verwirklicht. Menschen, die das Ganze sehen. Menschen wie Sie? Herzlich willkommen bei SEW-EURODRIVE.

www.karriere.sew-eurodrive.de