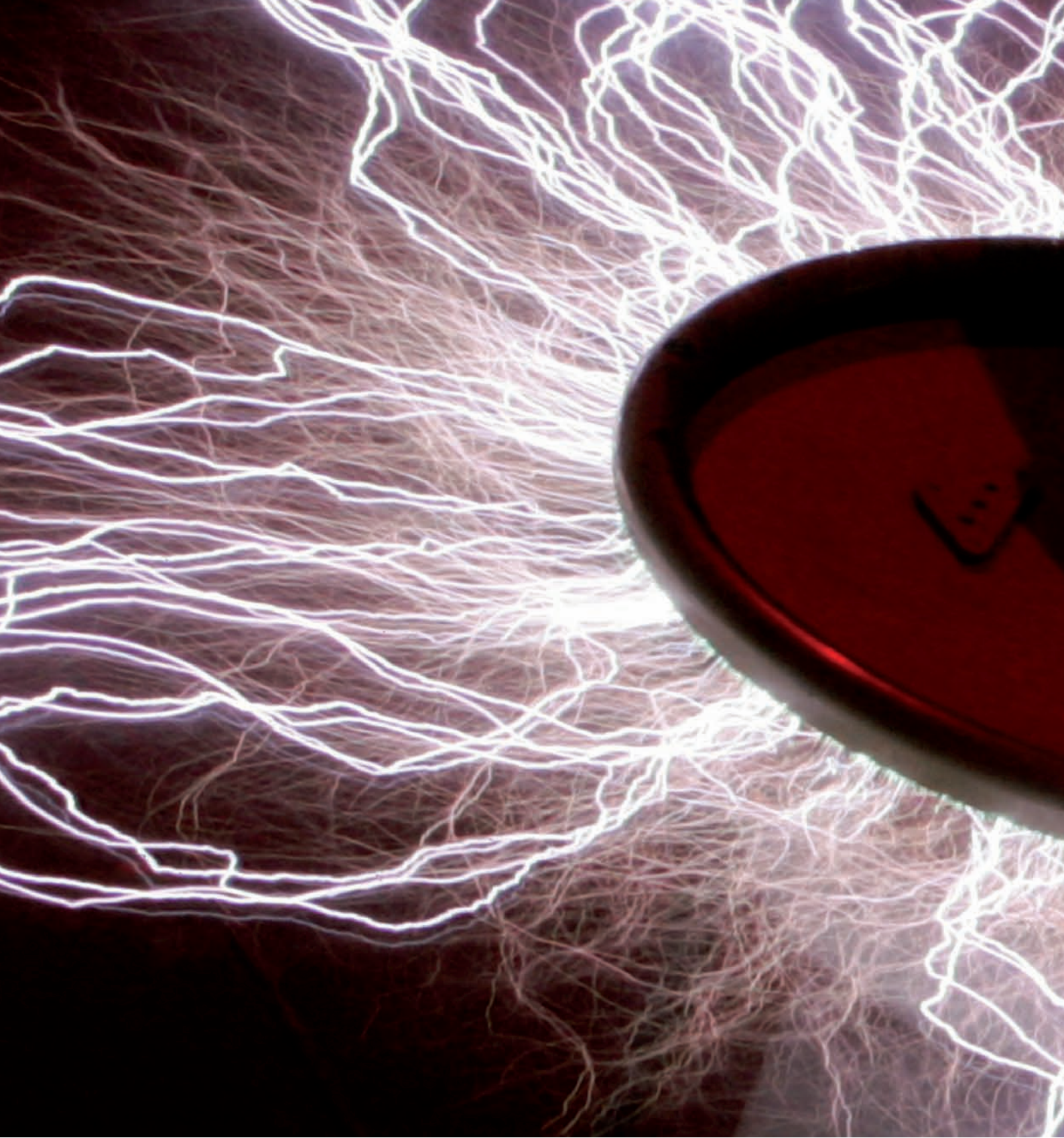






FACHHOCHSCHULE KÖLN  
FORSCHUNGSBERICHT 2009



FACHHOCHSCHULE KÖLN  
FORSCHUNGSBERICHT 2009





|                                    |    |                                             |     |
|------------------------------------|----|---------------------------------------------|-----|
| CLUSTER 1                          |    | CLUSTER 6                                   |     |
| Angewandte Sozialwissenschaften    | 5  | Computational Services                      |     |
|                                    |    | and Software Quality                        | 97  |
| CLUSTER 2                          |    | CLUSTER 7                                   |     |
| Messen, Kommunikation, Design      | 31 | Wasser – Energie – Umwelt                   | 131 |
| CLUSTER 3                          |    | CLUSTER 8                                   |     |
| Baudenkmalpflege und Restaurierung | 39 | Dienstleistungen im gesellschaftlichen,     |     |
|                                    |    | wirtschaftlichen und technologischen Wandel | 147 |
| CLUSTER 4                          |    |                                             |     |
| Interdisziplinäre                  |    |                                             |     |
| Fahrzeugsystementwicklung          | 51 |                                             |     |
| CLUSTER 5                          |    | Vorwort                                     | 3   |
| Informations-, Medien-             |    | Facts & Figures                             | 172 |
| und Kommunikationstechnologie      | 63 | Register                                    | 175 |

# VORWORT

Sehr geehrte Leserinnen und Leser,

im Jahr 2009 war die Wirtschaftskrise das beherrschende Thema in der öffentlichen Wahrnehmung. Gleichzeitig ist viel über die Grundwerte unserer Gesellschaft und die Finanzwirtschaft diskutiert worden. Als Hochschule sind wir in dieser Zeit häufig gefragt worden, ob denn auch wir die Folgen der Wirtschaftskrise spüren. An manchen Stellen war dies durchaus der Fall, einige Projekte konnten erst später als geplant oder nur in abgewandelter Form gestartet werden. Einige wenige wurden komplett von der Agenda genommen. Auf der anderen Seite konnten durch das Engagement von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern der Fachhochschule Köln viele neue Kooperationspartner gewonnen werden, sodass unter dem Strich auch für das Jahr 2009 ein Wachstum der Forschungs- und Transferaktivitäten zu verzeichnen ist. Zudem haben sich die Mitglieder und Angehörigen der Hochschule in vielfältiger Weise aktiv in den gesellschaftlichen Diskurs in Form von Vorträgen auf Fachtagungen oder öffentlichen Diskussion eingebracht.

Ein Großteil der vorliegenden Inhalte des Forschungsberichts ist unter Einbindung von wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern entstanden. Auch ihre Anzahl ist zuletzt erheblich gewachsen. Viele von ihnen verbinden ihre Forschungstätigkeit mit einer Promotion. Für eine solche wissenschaftliche Weiterqualifikation wird der Nachwuchs im Masterstudium in hoher Qualität vorbereitet, denn alle 29 Masterstudiengänge der Fachhochschule Köln sind forschungsorientiert angelegt.

Zusammenfassend kann erfreulicherweise wie in den Vorjahren eine Zunahme der Forschungsaktivitäten an der Hochschule sowohl in der Tiefe als auch in der Breite festgestellt werden. Wir sind also auf dem besten Weg, unsere in der Forschungsstrategie 2015 festgelegten Ziele zu erreichen.

Wir wünschen Ihnen bei der Lektüre des Forschungsberichtes 2009 viel Freude und Anregungen und würden uns freuen, mit Ihnen gemeinsam weitere Projekte auf den Weg zu bringen.

*Prof. Dr.-Ing. Klaus Becker*  
*Vizepräsident für Forschung und Wissenstransfer*





# Inhalt

## **Fritz, Jürgen**

Computerspiele:

Exzessive Nutzung und Abhängigkeitsverhalten

6

## **Kaminski, Winfred**

Erziehung und soziale Arbeit mit Jugendlichen in der multimedialen Welt

8

Spielerische Vermittlung von IT-Kompetenz für benachteiligte Jugendliche: Das Projekt SplITKom

9

## **Leenen, Rainer**

Interkulturelle Qualifizierung und Förderung kultureller Diversität in der Polizei NRW

11

## **Ottersbach, Markus**

Rollenverständnis von Frauen und Männern mit Zuwanderungsgeschichte

13

Interkulturelle Öffnung in der verbandlichen Jugendarbeit

14

Die Sicht von Kindern und Jugendlichen mit Zuwanderungsgeschichte auf ihr Lebensumfeld

16

Chancen der Vielfalt nutzen lernen – Modellprojekt

18

## **Herbert Schubert**

Der Netzerkaufbau in Sozialräumen der Stadt Mülheim an der Ruhr

19

Kontext und aktuelle Problemlage des Allgemeinen Sozialen Dienstes (ASD)

20

Biographische Übergangssituationen Kölner Berufskollegabsolventen/innen

21

Das Programm „Communities That Care“ (CTC) in Niedersachsen

23

Interdisziplinäre Erforschung von Netzwerkkooperationen und des Netzwerkberatungsbedarfs

24

## **Thimmel, Andreas**

Interkulturelle Öffnung des Jugendverbandssystems in Nordrhein-Westfalen

25

Integration junger Menschen mit Migrationshintergrund in und durch Internationale Jugendarbeit

26

## **Urselmann, Michael**

Optimiertes Fundraising –

Entwurf eines Planungsmodells

27

# ANGEWANDTE SOZIALWISSENSCHAFTEN

CLUSTER 1



# Computerspiele: Exzessive Nutzung und Abhängigkeitsverhalten

**E**xzessive Computerspielnutzung ist aus medienpädagogischer Perspektive wenig erforscht. Da die Landesanstalt für Medien NRW (LfM) aber für ihre medienpädagogische Arbeit wissenschaftlich fundierte Informationen benötigt, hat sie im Jahr 2008 ein Forschungsprojekt mit dem Titel „Kompetenzerwerb, exzessive Nutzung und Abhängigkeitsverhalten. Chancen und problematische Aspekte von Computerspielen aus medienpädagogischer Perspektive“ ausgeschrieben. Das Institut für Medienforschung und Medienpädagogik der Fachhochschule Köln wurde im Jahr 2009 gemeinsam mit dem Hans-Bredow-Institut für Medienforschung an der Universität Hamburg mit der Durchführung dieses Forschungsprojekts beauftragt. Das Projekt ist auf eine Laufzeit von 15 Monaten angelegt.

## ABSTRACT

Das Institut für Medienforschung und Medienpädagogik und das Hans-Bredow-Institut für Medienforschung (Hamburg) führen im Auftrag der Landesanstalt für Medien Nordrhein-Westfalen (LfM) ein gemeinsames Forschungsprojekt zu den Potenzialen und Risiken der Computerspielnutzung unter besonderer Berücksichtigung von Fragen des Kompetenzerwerbs und des Risikos der Abhängigkeit durch. Das Design der Studie berücksichtigt sowohl quantitative als auch qualitative Methoden.

## PROJEKTLEITUNG

Prof. Dr. Jürgen Fritz und  
Dr. Tanja Witting  
Fakultät für Angewandte  
Sozialwissenschaften  
Institut für Medienforschung  
und Medienpädagogik  
fritz.juergen@t-online.de  
tanja.witting@fh-koeln.de

## PROJEKTBETEILIGTE

Sheela Teredesai, M.A.  
sheela.teredesai@fh-koeln.de

## KOOPERATIONSPARTNER

Hans-Bredow-Institut für  
Medienforschung an der  
Universität Hamburg

## FINANZIERUNG

Landesanstalt für Medien  
Nordrhein-Westfalen (LfM)

## Gesellschaftliche Diskussion

Die Debatte um den Stellenwert und die (Aus-)Wirkungen von Computerspielen ist vielschichtig und widersprüchlich. Der Deutsche Kulturrat hat Computerspiele als Kulturgut anerkannt, und immer mehr Städte und Regionen nehmen die Computerspielbranche als wirtschaftlichen Standortfaktor wahr. Kompetenz- und gesundheitsfördernde Aspekte werden als Verkaufsargument angeführt. Gleichzeitig sind Teile der politischen und medialen Debatte von negativen Wirkungsannahmen geprägt. Zudem berichten Praktikerinnen und Praktiker aus der Suchtberatung von einer wachsenden Zahl von Klientinnen und Klienten, die die Kontrolle über ihr Spielen verloren haben und therapeutischer Unterstützung bedürfen.

In der Öffentlichkeit treffen diese verschiedenen Perspektiven aufeinander und bleiben meist unverbunden nebeneinander stehen. Bei vielen Eltern und Pädagogen entsteht daraus Verunsicherung, während Spieler ihr „Hobby“ mit Leidenschaft verteidigen und sich unverstanden fühlen. Auch die Befunde aus der Forschung sind so heterogen wie die Spiele selbst, wie sich zum Beispiel sehr eindrücklich anhand der Debatte über die so genannten „Killerspiele“ zeigte. Problematisch daran ist vor allem, dass

Computerspielen von vornherein und pauschal ein hohes Gefährdungsrisiko unterstellt wird, ohne die individuellen psychischen Voraussetzungen, sozialen Rahmenbedingungen und die Merkmale und Funktionen der Spielangebote für den Einzelnen zu berücksichtigen.

## Medienpädagogische Praxis

Die medienpädagogische Praxis sieht sich vor die Herausforderung gestellt, angesichts einer unübersichtlichen Befund- und Interessenlage Konzepte zur Medienkompetenzförderung zu erstellen. In Anbetracht der zunehmenden „Veralltäglichen“ von Internet und Computerspielen in Kombination mit sich abzeichnenden „Verfrühungstendenzen“ in der Mediennutzung – etwa der Verschiebung des Einstiegsalters der Mediennutzer nach unten – bedarf es einer differenzierten Auseinandersetzung mit der Computerspielnutzung von Kindern, Jugendlichen und Erwachsenen sowie einer Diskussion über sinnvolle präventive Maßnahmen, um einer exzessiven Nutzung vorzubeugen. In der Praxis haben sich bereits einige Einrichtungen dieses Themas angenommen, wie etwa Spielraum – das Institut zur Förderung von Medienkompetenz an der Fachhochschule Köln oder die Initiative Creative Gaming, um nur zwei Beispiele zu nennen.

## Forschungsansatz

Zur Analyse von Kompetenzerwerb und exzessiver Nutzung von Computerspielen ist ein interdisziplinärer und Methoden kombinierender Forschungsansatz erforderlich. Das Verbundprojekt des Hans-Bredow-Instituts und des Instituts für Medienforschung und Medienpädagogik bringt Kommunikationswissenschaftler und Medienpädagogen zusammen, die ihre jeweils spezifische Expertise einbringen. Darüber hinaus wird die Perspektive von Suchtberatern und Therapeuten in die Untersuchung einfließen. Methodisch verknüpft die Studie qualitative und quantitative Verfahren, Angebotsanalysen, Expertengespräche und Nutzerbefragungen, um auf diese Weise ein möglichst umfassendes Gesamtbild zeichnen zu können.

### Ziele der Studie

Zu Beginn wird die Studie (a) eine Bestandsaufnahme der vorliegenden wissenschaftlichen Befunde zu Nutzung, Potentialen und Risiken von Computerspielen und (b) eine Analyse relevanter Computerspiele vornehmen. Davon ausgehend werden (c) eigene empirische Daten zu Nutzungsgewohnheiten, Kompetenz fördernden und riskanten Nutzungspraktiken sowie möglichen Risikofaktoren erhoben, wobei quantitative und qualitative Methoden kombiniert werden. Auf Grundlage der Aufarbeitung des Forschungsstands sowie der Ergebnisse der eigenen Erhebungen werden schließlich (d) zielgruppengerechte Handlungskonzepte und -empfehlungen für die medienpädagogische Praxis der LfM und anderer Multiplikatoren formuliert.

### Die einzelnen Module

Das Gesamtprojekt setzt sich aus folgenden Modulen zusammen:

1. Sichtung und systematische Zusammenfassung der internationalen wissenschaftlichen Untersuchungen zu den Themenbereichen „Kompetenzerwerb durch Computerspiele“ sowie „exzessive beziehungsweise suchtähnliche Nutzung von Computerspielen“.

2. Analyse ausgewählter Computerspiele im Hinblick auf Merkmale der Präsentation sowie der direkten und indirekten Anforderungen, mit dem Ziel, positive wie problematische Aspekte aufzuzeigen. Die Auswahl der Spiele wurde zum einen in Hinblick auf ihre Beliebtheit bei den Nutzern, zum anderen bezüglich ihrer Genrezugehörigkeit vorgenommen. Dabei wurden die Daten verschiedener Studien zur Beliebtheit der einzelnen Spiele hinzugezogen und systematisch ausgewertet. Vier Spiele konnten auf diese Weise festgelegt werden: World of Warcraft als Vertreter der „Massively Multiplayer Online Games“ (MMOGs), Counter-Strike als Vertreter der First-Person-Shooter, Die Sims 3 als Vertreter der Simulationsspiele und Fifa 09 als Vertreter der Sportspiele. Da das Genre der Browsergames ausgehend von den Daten der hinzugezogenen Studien keine Berücksichtigung gefunden hätte, sich aber einer wachsenden Beliebtheit erfreut, wurden ergänzend zwei Vertreter der Browsergames ausgewählt: Ikariam und Dark Orbit. Ebenso wurde als Vertreter des Social Games das Spiel „Farm Ville“ ausgewählt.

3. Qualitative Interviews mit 40 Computerspielern ab 14 Jahren mit dem Fokus auf

Nutzungsdauer und Nutzungsintensität, „Spielbiographie“ und Kontext des Spielens, eigener Wahrnehmung von Kompetenztransfer und Problemen.

4. Teilstudie zur exzessiven Computerspielnutzung: Expertenbefragungen von Mitarbeitern sowie von Klienten in Suchtberatungsstellen.

5. Quantitative Befragung von Personen ab 14 Jahren, die für die Gruppe der zumindest gelegentlich Computerspiele nutzenden Bevölkerung repräsentativ ist, mit dem Fokus auf soziodemographische Merkmale, Nutzungsgewohnheiten, Kompetenz fördernde und riskante Nutzungspraktiken sowie mögliche Risikofaktoren im Kontext anderer (medialer) Aktivitäten.

6. Zusammenführung der Ergebnisse und Formulierung medienpädagogischer Handlungsempfehlungen unter Berücksichtigung bereits erprobter Modelle.

Die Ergebnisse des Forschungsprojekts werden der Öffentlichkeit voraussichtlich im Herbst 2010 präsentiert.

Jürgen Fritz





# Erziehung und soziale Arbeit mit Jugendlichen in der multimedialen Welt

## ABSTRACT

Die zunehmende Digitalisierung und Crossmedialität der gegenwärtigen Medienlandschaft sowie die „Veralltäglichung“ ehemals neuer Informationstechnologien wie Handy oder Web 2.0 stellt sowohl Familien als auch die Soziale Arbeit vor vielfältige Herausforderungen. Die Forscher des Instituts für Medienforschung und Medienpädagogik kommen zu dem Schluss, dass Medienpädagogik auf mehreren Ebenen aktiv werden muss: Zum einen gilt es vielfältige Angebote, medienspezifisch wie crossmedial, bereitzuhalten, die sich sowohl an Kinder und Jugendliche, als auch an Eltern und die gesamte Familie sowie an pädagogische Fachkräfte richten. Zum anderen ist es unerlässlich, dieses Angebot geschlechtersensibel sowie zielgruppenspezifisch und sozialschichtbezogen auszugestalten.

## PROJEKTLEITUNG

Prof. Dr. Winfred Kaminski  
Fakultät für Angewandte Sozialwissenschaften  
Institut für Medienforschung und Medienpädagogik  
winfred.kaminski@fh-koeln.de

## PROJEKTBETEILIGTE

Dipl. Soz.-Päd. Stefanie Vogt, M.A.  
stefanie.vogt@fh-koeln.de

## MITARBEIT

Fakultät für Angewandte Sozialwissenschaften an der Expertise Lars Adam, André Czauderna, Karla Misk-Schneider, Horst Pohlmann und Jürgen Slegers  
Sabine Sonnenschein, Joachim Steinigeweg, Christine Ketzer und Matthias Felling

## PROJEKTPARTNER

Ministerium für Generationen, Familie, Frauen und Integration des Landes Nordrhein-Westfalen

**K**inder und Jugendliche wachsen heute zunehmend in einer digitalisierten, multimedialen Welt auf, in der sie sich als so genannte digital natives zumeist selbstverständlich bewegen. Jedoch stellt die rasante Entwicklung, welche die Medienlandschaft allein im Verlauf des letzten Jahrzehnts genommen hat, die Erziehung in den Familien sowie die Soziale Arbeit mit Kindern und Jugendliche vor vielfältige Herausforderungen. Das Institut für Medienforschung und Medienpädagogik erhielt vom Landesministerium für Generationen, Familie, Frauen und Integration den Auftrag, im Rahmen einer Expertise zum 9. Kinder- und Jugendbericht diese Herausforderungen insbesondere mit Blick auf die aktuelle Situation in Nordrhein-Westfalen (NRW) genauer zu betrachten. Ihrem Gegenstand nähert sich die Expertise an, indem sie zunächst die Medien Handy, Web 2.0, Computer- und Videospiele, Film und Video, Fernsehen und Radio einzeln fokussiert, darüber hinaus aber auch crossmediale Aspekte als Thema medienpädagogischer Arbeit beleuchtet.

## Herausforderungen durch neue Medienwelten

Früher gaben Erwachsene ihre Fähigkeiten und ihr Wissen auch bezüglich der Medien an ihre Kinder weiter. Die digitale Revolution konfrontierte die Medienkompetenz Erwachsener jedoch mit völlig neuen Herausforderungen. Bis dahin gültiges Medienwissen und -können wurde radikal entwertet, das Eindringen des PC seit den 1980er Jahren und des Internet seit 1993 in die Familien hat eine neuartige Kluft geschaffen, den digital divide. Diese Kluft existiert nicht allein zwischen Besitzenden und Nichtbesitzenden, den so genannten digital natives und non natives, sondern auch zwischen Älteren und Jungen, zwischen Eltern und Kindern. Insbesondere im Hinblick auf digitale Medien sind die Jüngeren den Älteren weit voraus: Sie sind die Spezialisten, sind medienkompetent, offenbaren Zugangs und Verfügungswissen und agieren medial vernetzt. Damit aber kehrt sich das Lehrer-/Schülerverhältnis im Feld der Medienwelt um. Söhne und Töchter verfügen nun über

die notwendige Expertise, Eltern werden zu eher unwilligen Lehrlingen, denen diese Medienwelten fremd und unzugänglich erscheinen, vor allem aber inkompatibel mit ihren eigenen Mediengewohnheiten.

## Was ist zu tun?

Medien, traditionelle wie neueste, stellen sowohl intergenerative Distinktionsangebote als auch altersgruppenspezifische Identifikationsangebote bereit. Aktivierende Medienarbeit, die sich an Familien richtet, muss dies im Blick behalten und dennoch für die nachfragenden Eltern Informationsangebote zur Verfügung stellen, welche sowohl die Risiken des Mediengebrauchs als auch die Chancen für Kinder und Jugendliche transparent machen. Nur wenn medienpädagogische Angebote einen aufklärenden und entdämonisierenden Charakter aufweisen, ohne zugleich den pädagogischen Zeigefinger zu heben, kann es gelingen, Eltern als Partner in der Medienerziehung zu gewinnen. In NRW existiert bereits eine Vielzahl an Informationsangeboten unterschiedlichster Art, doch werden insbesondere praktisch ausgerichtete Angebote für Eltern sowie Eltern-Kind-Angebote nur vereinzelt realisiert. Hier besteht ein Bedarf, den es mit neuen Ideen und Projekten auszufüllen gilt. Mehr noch als für die Eltern gilt es für Kinder und Jugendliche, passgenaue Modelle zu entwickeln, die deren Know-how nicht unterschätzen und zugleich die Experimentierfreude dieser Zielgruppe nutzen, um die gesamte Aneignungsbreite für möglichst viele offen zu halten. Dabei kommt es vor allem darauf an, das je nach Alter, Geschlecht, Bildungshintergrund und sozialer Herkunft differierende Mediennutzungsverhalten sowie die jeweiligen, sich in immer kürzeren Zeiteinheiten ändernden Präferenzen der Kinder und Jugendlichen, sei es bezüglich der Geräte, Inhalte oder Funktionalitäten – zu berücksichtigen. In NRW finden sich zahlreiche medienpädagogische Angebote für unterschiedlichste Zielgruppen und Medieninteressen, die aber vor allem in den Ballungsräumen verortet sind. Abseits der Ballungszentren fällt das Angebot geringer aus, mit meist schlechterer technischer Ausstat-

tung. Eine Vernetzung der Träger, Initiativen und Projekte auf Landesebene und regionale Kooperationen könnten hier möglicherweise Abhilfe schaffen. Erstrebenswert wäre in diesem Zusammenhang auch die Verzahnung von Angeboten der Sozialen Arbeit und schulischen Angeboten im Rahmen des „Offenen Ganztags“. Außerschulische Einrichtungen werden wegen ihrer Erfahrung als kompetente Ansprechpartner für den schulischen Sektor geschätzt, jedoch erschweren mangelnde Bereitschaft oder Möglichkeiten, medienpädagogische Arbeit in Schulen zu honorieren wie auch enge schulische Regularien derzeit die Kooperation. Für eine erfolgreiche medienpädagogische Arbeit bedarf es nicht zuletzt auch qualifizierter Fachkräfte. Regelmäßige

Fort- und Weiterbildungsangebote, angepasst an die Trends, Neuentwicklungen und unterschiedlichen Zielgruppen, aber auch eine Etablierung medienpädagogischer Inhalte bereits in der Ausbildung von pädagogischen Fach- und Lehrkräften sind in diesem Zusammenhang grundlegend. Innerhalb NRW gilt es die bestehenden Qualifizierungsangebote weiter auszubauen und neue, Zielgruppen orientierte Angebote zu schaffen, die den aktuellen Gegebenheiten und Trends der Medienwelten Rechnung tragen und sich an den Interessen der praktisch Tätigen ausrichten. Medienpädagogische Arbeit mit Kindern und Jugendlichen sowie Familien sollte die Adressaten bei der Orientierung in alten sowie neuen Medienwelten unterstützen. Kinder- und Jugend-

liche hierbei nicht ausschließlich als Lernende, sondern auch als Lehrende ernst zu nehmen und einzubinden, ist eine der Herausforderungen, vor welche die multimediale Welt sowohl Eltern als auch die Soziale Arbeit stellt. Es geht nicht nur darum, Kinder und Jugendliche kompetent im Umgang mit heutigen Medienwelten zu machen. Medienpädagogische Arbeit zielt immer auch darauf ab, soziale Kompetenzen, Kritik- und Reflexionsfähigkeit zu vermitteln sowie die Kreativität und Persönlichkeitsentwicklung zu fördern. Nur so können Kinder, Jugendliche und Familien den Herausforderungen der sich stetig wandelnden multimedialen Welt kompetent begegnen und sich sicher in den Medienwelten bewegen.

Winfred Kaminski/Stefanie Vogt

## Spielerische Vermittlung von IT-Kompetenz für benachteiligte Jugendliche: Das Projekt SpITKom

Erfolgreiches Lernen setzt ein gewisses Vertrauen in die eigenen Kompetenzen voraus. Bei benachteiligten Jugendlichen überwiegen aber häufig negative Erfahrungen im schulischen Bereich. Schlechte Noten und Angst vor erneutem Versagen begünstigen oft weitreichende Lernunlust. Das Projekt SpITKom, „Spielerische Vermittlung von IT-Kompetenz für benachteiligte Jugendliche zwischen Schule und Ausbildung“, will die Jugendlichen dort abholen, wo sie sind und an positive Lernerfahrungen aus der Freizeitwelt, wie sie etwa Bildschirmspiele ermöglichen, anknüpfen. So soll im Rahmen von SpITKom ein Multiuser-Online-Spiel entwickelt werden, das im Rahmen von berufsvorbereitenden Maßnahmen der Zielgruppe sowohl IT-Kompetenz – orientiert am Europäischen Computer Führerschein [ECDL] – als auch berufsbezogenes Basis- und Fachwissen vermitteln wird. Das im Juli 2009 am Institut für Medienforschung und Medienpädagogik (IMM) gestartete Projekt wird drei Jahre lang vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und dem Europäischen Sozialfonds (ESF) gefördert. Kooperationspartner sind die Humance AG, die Bildungszentren des Baugewerbes e. V. (BZB), die Nurogames GmbH sowie die DLGI, Dienst-

leistungsgesellschaft für Informatik mbH. Ziel des Projekts ist es, die Ausbildungsfähigkeit von Jugendlichen in der Übergangsphase zwischen Schule und beruflicher Ausbildung zu stärken. Es setzt dabei auf die Neuen Medien für Angebote des Lehrens und Lernens und konzentriert sich auf einen spielerischen Zugang zum Kompetenzerwerb. Im Fokus stehen die sogenannten Web 2.0-Technologien, die für Internetnutzer neue Möglichkeiten zum Erfahrungsaustausch, zur Information, zur Kollaboration und zur Kommunikation ermöglichen. Das Projekt setzt dabei seinen Schwerpunkt auf die Entwicklung der IT-Kompetenzen, die in praktisch allen Berufsbildern inzwischen eine notwendige Voraussetzung für die Ausbildungs- und Arbeitsmarktfähigkeit der Jugendlichen bildet. Inhaltlich soll darüber hinaus ein integrierter Ansatz verfolgt werden, der den Erwerb dieser Basiskompetenzen mit der Aneignung von berufsbezogenem Basis- und Fachwissen handlungs- und kontextorientiert verbindet.

### Kompetenzerwerb durch Spielen

Das Projekt nutzt die in der Zielgruppe erfolgreichen so genannten Online-Games und verknüpft diese mit einem adäquaten didaktischen Design sowie realistischen Baupro-

### ABSTRACT

Die Attraktivität und Faszination von Computerspielen wollen die Partner des Forschungsprojekts „Spielerische Vermittlung von IT-Kompetenz für benachteiligte Jugendliche zwischen Schule und Ausbildung“ (kurz: SpITKom) nutzen, um benachteiligten Jugendlichen Lernen zu ermöglichen und damit berufliche Perspektiven zu eröffnen. Ziel des Projekts ist es, die Ausbildungsfähigkeit von Jugendlichen in der Übergangsphase zwischen Schule und beruflicher Ausbildung im Bereich der Bauwirtschaft zu stärken. Im Mittelpunkt steht die Entwicklung eines Online-Spiels, das Jugendlichen in berufsvorbereitenden Maßnahmen IT-Kompetenzen vermitteln soll, orientiert am Europäischen Computer Führerschein (ECDL) als internationalen Standard für die IT-Grundbildung. Gleichzeitig sollen berufsbezogenes Basis- und Fachwissen der Bauwirtschaft vermitteln werden.



jekten. Es zielt damit auf den „Kompetenz-erwerb durch Spielen“ in einer Zielgruppe – Jugendliche aus bildungsfernen Schichten – ab, die auf diese Weise neue Zugänge zu Bildung und eine Chance auf sozialen Aufstieg erhält. Die Projektidee knüpft somit an den förderpolitischen Zielen des BMBF an, „neue kreativere Formen von Arbeits-, Qualifizierungs- und Kommunikationsprozessen durch den Einsatz innovativer, Netz-gestützter Technologien“ zu initiieren und „zur Erhöhung der Beschäftigungsfähigkeit und der Minderung der digitalen Spaltung (digital divide)“ beizutragen. Grundlage für die Entwicklung des Spiels ist eine empirische Analyse der Mediennutzungsgewohnheiten und der Kompetenzprofile der Zielgruppe, die das Institut für Medienforschung und Medienpädagogik in den ersten sechs Monaten des Projekts durchführt. Die Untersuchungsgruppe der benachteiligten Jugendlichen setzt sich aus den entsprechenden Klassen des Projektpartners Bildungszentren des Baugewerbes e.V. (BZB) zusammen. Zur Datenerhebung und -auswertung werden sowohl quantitative als auch qualitative Methoden zum Einsatz kommen. Während eine standardisierte Fragebogenerhebung einen Überblick über die Mediennutzungsgewohnheiten der Zielgruppe – vor allem im Bezug auf Computerspiele und Internet – ermöglichen soll, werden Leitfaden gestützte qualitative Interviews weiterführende Aussagen zur qualitativen Dimension ihres alltäglichen Umgangs mit Computerspielen und Internet zulassen. Darüber hinaus sollen Beobachtungen der Zielgruppe bei der Nutzung von komplexen Computerspielen Erkenntnisse über ihre Kompetenz im Umgang mit diesen offerie-

ren. Zudem führt das IMM über die Gesamtlauzeit des Projekts eine Begleitforschung in Form einer Prozess- und Ergebnisevaluation durch. Im Rahmen der Prozessevaluation ist die konkrete Umsetzung der einzelnen Projektschritte zu dokumentieren. Auftretende Probleme sollen analysiert, Lösungswege aufgezeigt und sich daraus ergebende mögliche Änderungen von Teilzielen oder Einzelmaßnahmen festgehalten werden. Die Betrachtung des Kooperationsmanagements zwischen den Projektpartnern ist ebenfalls Gegenstand der Prozessevaluation. Hierbei ist es Aufgabe der Evaluatoren im Sinne der Qualitätssicherung, prozessbegleitend die Zwischenergebnisse der Evaluation in die Akteursgruppe einzubringen, um frühzeitig auf eventuelle Probleme hinzuweisen und die Möglichkeit zur Optimierung zu bieten. Die Ergebnisevaluation dient der Erfolgskontrolle und Analyse der Ergebnisqualität. Ein besonderes Augenmerk wird sie auf die Gebrauchstauglichkeit des Online-Spiels für die späteren Anwender Schüler und Lehrende und das Motivationspotential für die Zielgruppe der benachteiligten Jugendlichen legen. Insgesamt ist zu überprüfen, inwiefern es durch den Einsatz des Spiels gelingt, Jugendliche mit Kompetenzen auszustatten, die sie zur Ausbildung und zum Bestehen auf dem Arbeitsmarkt befähigen. Darüber hinaus wird gegen Ende des Projekts eine Konferenz mit internationalen Fachleuten aus Wirtschaft und Wissenschaft durchgeführt, bei der die neu gewonnenen Erkenntnisse der dreijährigen Projektarbeit präsentiert werden, das entstandene Produkt zur Diskussion gestellt und der Öffentlichkeit vorgestellt wird.

*Winfred Kaminski/Andre Czauderna*

#### PROJEKTL EITUNG

Prof. Dr. Winfred Kaminski  
winfred.kaminski@fh-koeln.de  
Dr. Tanja Witting  
tanja.witting@fh-koeln.de  
Fakultät für Angewandte  
Sozialwissenschaften  
Institut für Medienforschung  
und Medienpädagogik

#### PROJEKTBETEILIGTE

André Czauderna, M.A.  
andre.czauderna@fh-koeln.de

#### PROJEKTPARTNER

Humance AG  
Bildungszentren des  
Baugewerbes e.V. (BZB)  
Nurogames GmbH und DLGI  
Dienstleistungsgesellschaft  
für Informatik mbH

#### FINANZIERUNG

Bundesministerium für Bildung  
und Forschung (BMBF) und  
Europäischer Sozialfonds (ESF)



Mitarbeiter Lars Adam bei einer Erhebung im BZB Düsseldorf

# Interkulturelle Qualifizierung und Förderung kultureller Diversität in der Polizei NRW

Die wachsende Multikulturalität der Gesellschaft stellt auch die Polizei vor neue Aufgaben. Interkulturelle Kompetenz, verstanden als ein „Bündel von Fähigkeiten (...), die einen produktiven Umgang mit der Komplexität kultureller Begegnungs- bzw. Überschneidungssituationen erlauben“<sup>1</sup> ist damit auch für den polizeilichen Alltag von großer Bedeutung. So kann die Kenntnis über den kulturellen Hintergrund des „Anderen“ nicht nur für die positive oder eben auch negative Entwicklung des jeweiligen polizeilichen Einsatzes ausschlaggebend sein. Wie sich gezeigt hat, können sich einzelne unaufgeklärte Befremdungssituationen im Wiederholungsfalle zu „Eskalationsspiralen“ entwickeln, die das Verhältnis zwischen Polizei und den jeweiligen Gruppierungen nachhaltig belasten können<sup>2</sup>. Die Vermittlung interkultureller Kompetenzen gehört bereits deshalb seit längerem zum festen Bestandteil der Weiterbildung der Polizeibeamtinnen und –beamten in NRW. Die Polizei unternimmt zunehmend systematische Anstrengungen, ihre Beamtinnen und Beamten auf die kulturelle Vielfalt unserer Gesellschaft einzustellen. Doch spiegelt sich diese kulturelle Vielfalt auch in den eigenen Reihen wider? Im Gegensatz zu Wirtschaftsunternehmen sind unter den Mitarbeitern im öffentlichen Dienst insgesamt Migrantinnen und Migranten unterrepräsentiert. Geht man davon aus, dass der Öffentliche Dienst als Dienstleister für die gesamte Bevölkerung Deutschlands fungiert, so steht die aktuelle Zusammensetzung der Belegschaften in einem Missverhältnis zur kulturellen Vielfalt unserer Gesellschaft.

## Das Projekt und seine Ziele

Das im Rahmen des EU-Projektes „Xenos – Integration und Vielfalt“ gestartete Forschungsprojekt „Interkulturelle Qualifizierung und Förderung kultureller Diversität in der Polizei NRW“ setzt genau hier an: So ist – neben dem Ausbau der interkulturellen Qualifizierung – eine der Hauptzielsetzungen des dreijährigen Projekts die Förderung positiver Bedingungen für die kulturelle Diversität innerhalb der Polizei. Derzeit liegt der Anteil der Polizistinnen

und Polizisten mit Migrationshintergrund in NRW bei etwa einem Prozent. Die Polizei selbst strebt für die Zukunft einen Anteil von zehn Prozent an. Die Erhöhung des Anteils von Polizistinnen und Polizisten mit Migrationshintergrund ist aber nicht allein eine Frage der Einstellungspolitik: Die gesamte Organisation muss sich auf die veränderten Gegebenheiten im Innern einstellen, es muss ein Klima entstehen, in dem kulturelle Diversität nicht nur selbstverständlich und akzeptiert ist, sondern auch die damit verbundenen Potentiale gezielt genutzt werden. Dass es bei den Potentialen nicht nur um einen verbesserten Zugang zu einer speziellen Zielgruppe gehen kann, mag folgendes Beispiel erläutern: Wenn ein Polizist mit türkischem Migrationshintergrund von seiner Dienststelle zum „Türken-Fachmann“ abgestempelt wird und folglich für alle diesbezüglichen Probleme zuständig sein soll, wird das sowohl Stigmatisierungsgefühle bei dem Betroffenen auslösen als auch die interkulturelle Entwicklung der gesamten Behörde nicht unbedingt befördern.

## Die Maßnahmen

Um das Ziel zu erreichen, die Polizei besser auf kulturelle Diversität im Innern einzustellen, entwickelt und erprobt der Forschungsschwerpunkt Interkulturelle Kompetenz in Kooperation mit dem Landesamt für Ausbildung, Fortbildung und Personalangelegenheiten der Polizei Nordrhein-Westfalen (LAFP NRW) maßgeschneiderte Fortbildungsprogramme, die sich mit den Chancen und Problemen kultureller Diversität innerhalb der Polizei, dem Miteinander von deutschstämmigen Polizistinnen, Polizisten, Migrantinnen und Migranten im Polizeidienst und dem Phänomen Fremdenfeindlichkeit beschäftigen. Um eine nachhaltige Wirkung über die Dauer des Projekts hinaus zu erzielen, werden des weiteren Multiplikatoren zu interkulturellen Themen fortgebildet, die solche Angebote dann zukünftig in die Organisation hineintragen sollen. Die einzelnen Fortbildungsmodule dauern jeweils ein bis drei Tage. Jährlich sollen vier- bis fünfhundert Polizistinnen und Polizisten aus ganz NRW an den Fortbildungsveranstaltungen teilnehmen – vornehmlich

## ABSTRACT

Die wachsende Multikulturalität der Gesellschaft stellt auch die Polizei vor neue Aufgaben. Im Forschungsprojekt „Interkulturelle Qualifizierung und Förderung kultureller Diversität in der Polizei NRW“ entwickelt der Forschungsschwerpunkt „Interkulturelle Kompetenz“ in Kooperation mit dem Landesamt für Ausbildung, Fortbildung und Personalangelegenheiten der Polizei Nordrhein-Westfalen (LAFP NRW) maßgeschneiderte Fortbildungsprogramme.

## PROJEKTLEITUNG

Prof. Dr. Wolf-Rainer Leenen  
Fakultät für Angewandte Sozialwissenschaften  
Institut für interkulturelle Bildung und Entwicklung  
Forschungsschwerpunkt  
Interkulturelle Kompetenz  
rainer.leenen@fh-koeln.de

## PROJEKT BETEILIGTE

Dipl. Psych. Alexander Scheitza  
Dipl. Päd. Andreas Groß  
Dipl. Päd. Harald Grosch  
Isabelle Klarenaar M.A.

## PROJEKTPARTNER

Landesamt für Ausbildung, Fortbildung und Personalangelegenheiten der Polizei Nordrhein-Westfalen (LAFP), Münster

Beamtinnen und Beamte mit Führungsaufgaben, Polizistinnen und Polizisten im Wach- und Wechseldienst sowie Personal aus den Bereichen Aus- und Fortbildung.

Es gilt also, drei Zielgruppen und deren unterschiedlichen Ausgangslagen und Zielsetzungen gerecht werden. So sollen die Führungskräfte zunächst für die Bedeutung kultureller Diversität in der Polizei sensibilisiert werden. Im Sinne von Nachhaltigkeitsüberlegungen soll gemeinsam über Strategien nachgedacht werden, Diversitätspotentiale innerhalb der Organisation produktiver zu nutzen. Bei Polizistinnen und Polizisten im Wach- und Wechseldienst geht es um die Förderung polizeilicher Handlungs- und Interaktionskompetenzen im Umfeld der Polizei, aber auch um die Zusammenarbeit im multikulturell zusammengesetzten Team. Schließlich sollen Beamtinnen und Beamte in der Aus- und Fortbildung vor allem für die Vermittlung interkultureller Kompetenzen fit gemacht werden. Hierzu sind sowohl die inhaltlich passende Aufbereitung interkultureller Themenstellungen als auch der Einsatz darauf zugeschnittener Methoden und Medien erforderlich. Für den Erfolg der Maßnahmen ist eine abwechslungsreiche methodische und praxisnahe Umsetzung erforderlich. Szenen aus dem Berufsalltag bieten hervorragende Ansatzpunkte, die spe-

zifischen interkulturellen Problemstellungen im polizeilichen Feld herauszuarbeiten und mit den Teilnehmerinnen und Teilnehmern angemessene Bewältigungsmöglichkeiten zu diskutieren. Ausgewählte Fallbeschreibungen typischer Problemlagen werden zudem als sogenannte „kritische Ereignisse“ verfilmt und als Trainingsmaterial eingesetzt, weil sich gezeigt hat, dass verfilmte Situationen aus dem Polizeialltag besondere Lernpotentiale beinhalten<sup>3</sup>. Außerdem werden erfahrungsorientierte Methoden wie Simulationen und Selbsteinschätzungsübungen angewandt.

#### Die wissenschaftliche Begleitung

Die wissenschaftliche Begleitung des Forschungsprojekts wird durch das koelnInstitut iPEK übernommen. Sie hat das Ziel, Ergebnisse des Projekts zu resümieren (summative Evaluation), aber auch den Projektablauf zu begleiten und Steuerungshinweise zu geben (formative Evaluation). Die Umsetzung des Projekts wird daher regelmäßig überprüft, die Wirkungen der eingesetzten Methoden zur beruflichen Weiterbildung beobachtet, die eingesetzten Bausteine auf ihre Effektivität hin untersucht und gegebenenfalls Änderungen bei Inhalten oder Abläufen vorgenommen. Als empirische Grundlage der Evaluation kommen hauptsächlich zielgruppenspezifische, halbstandardisierte Befragungen von

Teilnehmer/innen zum Einsatz sowie Gruppendiskussionen und die Auswertung von Dokumenten. Um die Nachhaltigkeit und Alltagstauglichkeit der Seminarangebote zu überprüfen, wird neben der Erstbefragung im unmittelbaren Anschluss an die Veranstaltung, eine systematische, standardisierte Nachbefragung durchgeführt. Das dreijährige Projekt wird über das bundesweite Programm „Xenos – Integration und Vielfalt“ des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales aus Mitteln des europäischen Sozialfonds gefördert und läuft noch bis 31.03.2012.

Rainer Leenen

<sup>1</sup> vgl. Leenen, W.R. (2007). Interkulturelles Training: Psychologische und pädagogische Ansätze, in: Straub, J., Weidemann, A. & Weidemann, D. (Hg.): Handbuch Interkulturelle Kommunikation und Kompetenz. Stuttgart/Weimar. S.773 – 784

<sup>2</sup> Ausführlicher dazu: Leenen, W.R. (2005). Interkulturelle Qualifizierungsansätze für die Polizei, in: Leenen, W.R., Grosch, H. & Groß, A. (Hrsg.): Bausteine zur interkulturellen Qualifizierung der Polizei. Münster/New York/München/Berlin 2005: 41-61

<sup>3</sup> vgl. Grosch, H. & Groß, A. (2005). Entwicklung spezifischer Methodenformen und Medien, in: Leenen, W.R., Grosch, H. & Groß, A. (Hrsg.): Bausteine zur interkulturellen Qualifizierung der Polizei. Münster/New York/München/Berlin 2005: 41-61



hochschulgründernetz cologne

www.hgnc.de

WIR BERATEN  
GRÜNDER



# Rollenverständnis von Frauen und Männern mit Zuwanderungsgeschichte

Neuere große Studien, die Sinus-Studien und die Studie über „Ungenutzte Potenziale“ des Berlin-Instituts (2009), die – wenn auch schlagwortartig – in den Medien kommentiert und in Politik, Medien, Wissenschaft und pädagogischer Praxis kontrovers diskutiert wurden, haben auf das Thema Zuwanderung in breiteren Kreisen der Bevölkerung wiederholt aufmerksam gemacht. Vor dem Hintergrund der demografischen Entwicklung und des spürbar werdenden Fachkräftemangels erscheinen die Diskussionen um die Menschen mit Migrationshintergrund widersprüchlich. Einerseits scheint es bei einer wachsenden Gruppe von Politikern die Motivation zu geben, die Diskussionen nicht mehr allein auf eine Defizitperspektive zu beschränken, sondern stärker auf die Potenziale der Personen mit Zuwanderungsgeschichte zu verschieben. Andererseits wird aber immer noch von Versäumnissen verfehlter Integrationsbemühungen seitens der Bevölkerung mit Zuwanderungsgeschichte gesprochen. In diesem Kontext werden häufig Menschen mit türkischem und/oder muslimischem Hintergrund thematisiert, ohne den Integrationsbegriff multiperspektivisch zu diskutieren und etwa die Messbarkeit von Integration kritisch zu verhandeln. Noch immer begegnet man vielfältigen Stereotypen, wenn vom Geschlechterverhältnis und den damit verbundenen (Geschlechter-)Rollenverständnissen von Männern und Frauen mit Zuwanderungsgeschichte die Rede ist. Dominant sind in der Wahrnehmung diejenigen, die auffallen durch ihr Anderssein: durch ihre Kleidung, ihr Verhalten in der Öffentlichkeit, ihr anderes Aussehen und ihre Gewohnheiten. Von ihnen wird häufig auf Basis von vagen Vorstellungen über „fremde Kulturen“ auf die Mehrheit der Gruppe der Zugewanderten geschlossen.

Aber wie sieht die Realität aus? Genaueres über die Vorstellungen von Frauen und Männern mit Zuwanderungsgeschichte, über ihre eigene Interpretation ihrer Rolle in der Familie, in ihrem Umfeld und in der Gesellschaft und über ihre Vorstellungen von Integration zu erfahren, steht im Mittelpunkt

dieser Studie, die vom Ministerium für Generationen, Familien, Frauen und Integration des Landes Nordrhein-Westfalen (MGFFI) und vom Bundesministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend (BMFSFJ) in Auftrag gegeben wurde. Die Auftraggebenden wollen damit Faktoren identifizieren, die maßgeblich sind für die Herausbildung männlicher und weiblicher Identitätswürfe, die unter anderem für die Entwicklung von (Geschlechter-) Rollenverständnissen bei jungen Frauen und Männern mit Zuwanderungsgeschichte ausschlaggebend sind.

## Forschungsdesign

Es wurden zwei Herkunftsgruppen untersucht, die in Deutschland am stärksten vertreten sind: die Zuwandererfamilien aus der ehemaligen Sowjetunion und die Familien mit türkischer Zuwanderungsgeschichte. Um nicht selbst in die gängigen Stereotypisierungen zu verfallen, wurde vergleichend dazu eine Gruppe ohne Zuwanderungsgeschichte untersucht. Damit gleichzeitig sowohl Gemeinsamkeiten als auch Unterschiede zwischen den Generationen sichtbar gemacht werden können, wurden jeweils Mutter-Tochter- beziehungsweise Vater-Sohn-Tandems befragt. Dabei war die jüngere Generation im Alter zwischen 18 und 27 Jahren und – im Falle der Befragten mit Zuwanderungsgeschichte – mindestens fünf Jahre in Deutschland zur Schule gegangen. Der Großteil der jüngeren Befragten wurde in Deutschland geboren. Die befragten Elternteile mit Zuwanderungsgeschichte sind in der Regel als Jugendliche oder junge Erwachsene nach Deutschland gekommen und haben damit in allen Fällen eine längere Lebensphase im Herkunftsland verbracht als ihre Kinder.

- Welches Rollenverständnis herrscht in den zu untersuchenden Zielgruppen tatsächlich vor?
- Welche Einflüsse tragen maßgeblich zur Entwicklung von Rollenleitbildern bei jungen Frauen und Männern mit Zuwanderungsgeschichte bei?
- Welchen Einfluss auf die Entstehung von Rollenleitbildern haben Werte und Normen der Herkunftskultur und der Kultur

## ABSTRACT

Das Forschungsprojekt untersucht die Rollenverständnisse russisch- und türkischsprachiger Menschen mit Zuwanderungsgeschichte im Vergleich zu Deutschen ohne Zuwanderungsgeschichte. Die Rollenleitbilder und Handlungsorientierungen der Zielgruppen werden durch intergenerative Interviews mit Vätern und ihren Söhnen sowie Müttern und ihren Töchtern erhoben. Dadurch sollen Einflüsse zum Rollenverständnis sichtbar gemacht werden. Zudem werden mögliche Zusammenhänge zwischen Rollenverständnis und Integration herausgearbeitet. Die Befragung soll auch den Blick auf verschiedene Differenzlinien wie Schicht-, Geschlechts- und ethnische Zugehörigkeit lenken.

## PROJEKTLEITUNG

Prof. Dr. Markus Ottersbach  
Fakultät für Angewandte Sozialwissenschaften  
Institut für interkulturelle Bildung und Entwicklung (INTERKULT)  
markus.ottersbach@fh-koeln.de

## PROJEKT BETEILIGTE

Dipl. päd. Michael Tunc  
Fakultät für Angewandte Sozialwissenschaften  
Institut für interkulturelle Bildung und Entwicklung (INTERKULT)

## PROJEKT LAUFZEIT

Juli 2008 – Oktober 2009

## PROJEKTPARTNER/

## FÖRDERNDE INSTITUTION/EN

Dr. Schahrazad Farrokhzad, Univation,  
Institut für Evaluation Dr. Beywl & Associates GmbH  
Anne Meuer-Willuweit,  
Verband der weiblichen Fach- und Führungskräfte OWL  
Ministerium für Generationen, Familie, Frauen und Integration/  
NRW Bundesministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend



des (neuen) Heimatlandes bei den Vätern/ Müttern und den Söhnen/Töchtern?

- Wie weit lassen sich dabei junge Frauen und Männer von den Vorstellungen der Elterngeneration beeinflussen?
- Welchen Zusammenhang gibt es zwischen dem Rollenverständnis – insbesondere junger – Frauen und Männer mit Zuwanderungshintergrund und ihren Integrationsbestrebungen?

Da auch Deutsche ohne Zuwanderungsgeschichte befragt werden sollten, wurde die zweite Fragestellung erweitert. Sie lautete:

- Welche Einflüsse tragen maßgeblich zur Entwicklung von Rollenleitbildern bei jungen Frauen und Männern mit und ohne Zuwanderungsgeschichte bei?

Wohl wissend um die Heterogenität innerhalb der Zielgruppen sollte durch die einbezogenen Personen ein möglichst breites Spektrum abgebildet werden. So wurden sowohl Menschen aus dem großstädtischen Milieu als auch Menschen aus einer eher ländlichen Region befragt. Auch in Hinblick auf die Bildung der zu Befragenden wurde versucht, möglichst hohe, mittlere und niedrige Bildungsniveaus einzubeziehen. Auch die Zusammensetzung des neunköpfigen Forschungskernteams trug der Vielfalt der Zielgruppen Rechnung. So hatte ein Teil eher den Zugang zu Familien in städtischen

Ballungsgebieten und ein anderer Teil zu den Menschen aus dem ländlicheren Raum. Beteiligt waren an der Untersuchung neben der Fachhochschule Köln mit dem Institut für interkulturelle Bildung und Entwicklung (INTERKULT) Univation in Köln das Institut für Evaluation, wissenschaftliche Begleitung von Projekten und qualitative Sozialforschung sowie der Verein „Women on top“ aus Bielefeld, der über eine Reihe von Projekten die Zielgruppe gut kennt und in der eher ländlich strukturierten Region Ostwestfalen-Lippe gut vernetzt ist. Besonderer Wert wurde bei der Zusammenstellung des Teams außerdem auf die multikulturelle Zusammensetzung und den Genderaspekt gelegt. So besteht das Forscherteam aus Männern und Frauen in einem ausgewogenen Verhältnis und berücksichtigt bereits die Zuwanderungsgeschichte der zu untersuchenden Zielgruppen. Bei den über das Kernteam hinausgehend eingesetzten zehn Interviewerinnen und Interviewern setzt sich die multikulturelle Teamzusammensetzung fort. Die Mutter-Tochter-Tandems wurden von Frauen interviewt und die Vater-Sohn-Tandems von Männern. Damit wurde bei den teilweise sensiblen Fragen des Interviews zu geschlechtsspezifischen Themen eine größere Offenheit ermöglicht. Außerdem wurden die türkischen Tandems von türkischsprachigen Interviewerinnen und Interviewern befragt und die Tandems

aus der ehemaligen Sowjetunion von russischsprachigen. Analog dazu wurde die Gruppe ohne Zuwanderungsgeschichte von Deutschen interviewt. Das trug zu einer schnellen Vertrauensbildung bei, die bei den manchen Themenfeldern äußerst wichtig war. Nur mit einer sensiblen Ansprache bei der Vorauswahl konnte es gelingen, das Sample nach den vorgenannten Kriterien zusammenzustellen. Bei den durchgeführten Interviews mussten insgesamt 70 Personen überzeugt werden, sich zu teilweise als sehr privat empfundenen Themen zu äußern. Das konnte nur mit einer guten Vorkenntnis der Zielgruppe und einer respektvollen, kultursensiblen Herangehensweise gelingen. Insgesamt vertieft diese Studie die Ergebnisse vorangegangener Studien in dem speziellen Themenfeld „(Geschlechter-)Rollenverständnisse von Männern und Frauen“ und kann damit weitere Ansatzpunkte liefern, die Menschen mit Zuwanderungsgeschichte in Deutschland zum einen besser zu verstehen und zum anderen mögliche Integrationsbemühungen von staatlicher Seite zielgerichteter einzusetzen. Darüber hinaus liefert sie neue Erkenntnisse über intergenerative Transmissionsprozesse speziell bei den befragten zugewanderten Gruppen und erschließt damit ein bisher kaum erforschtes Themengebiet.

*Markus Ottersbach*

## Interkulturelle Öffnung in der verbandlichen Jugendarbeit

In der Jugendverbandsarbeit findet sich mit dem Anspruch der interkulturellen Öffnung eine Zielsetzung, durch die die kulturelle Vielfalt in der Gesellschaft als alltägliche Realität – auch in ihren Einrichtungen und Verbänden – bewusst gemacht werden soll. Jugendarbeit in Verbänden tritt mit dem Anspruch an, die Interessen und Bedürfnisse aller Jugendlichen, gleich welcher kultureller Herkunft, aufzugreifen oder zu vertreten, diese im Prozess des Aufwachsens zu unterstützen sowie Möglichkeiten zur Selbstorganisation und zur Partizipation zu fördern. „Interkulturelle Öffnung“ beinhaltet zwei Strategien: zum einen die verstärkte Einbindung von Jugendlichen mit Migrationshintergrund in die traditionellen Jugendverbände. Durch die Begegnung von Jugendlichen unterschiedlicher

kultureller Herkunft soll vor allem die interkulturelle Verständigung und interkulturelles Lernen sowie der Zugang junger Migrant(inn)en zur gesellschaftlichen Teilhabe gefördert werden. Zum anderen soll die Anerkennung von und die Zusammenarbeit mit selbst organisierten Vereinen und Organisationen junger Migrant(inn)en (VJM) gefördert werden, um die interkulturelle Annäherung innerhalb der Jugendverbandslandschaft und die Unterstützung der Arbeit von VJM voranzutreiben.

### **Wenig Potential**

In der Fachdiskussion besteht eine breite Übereinkunft hinsichtlich der Bedeutung einer interkulturellen Öffnung der Jugendverbandsarbeit. Verbände, Fachpraxis und Wissenschaft weisen jedoch auf Probleme

bei der Umsetzung konzeptioneller Ansprüche zur interkulturellen Öffnung hin. Angeknüpft wird dabei im wesentlichen an Daten zum geringen Anteil von Jugendlichen mit Migrationshintergrund in Vereinen und Verbänden und an Erfahrungsberichte, denn Forschungsarbeiten zum Thema Interkulturalität und Migration in der Jugendverbandsarbeit sind rar und häufig nur regional ausgerichtet. Sie bleiben punktuell auf einzelne Jugendverbände beschränkt oder decken nur eine begrenzte Spannweite von Fragestellungen ab. Wissenschaftlich weitgehend unbearbeitet sind auch die Fragen, wie Selbstorganisationen von jugendlichen Migrant(inn)en zu etablierten Dachverbänden und Zusammenschlüssen auf Bundes-, Landes- und örtlicher Ebene Zugang finden und welche Rahmen-

bedingungen Kooperationen fördern oder behindern. Um die Einbindung von Jugendlichen mit Migrationshintergrund in die klassischen Jugendverbände und die strukturelle Integration von VJM systematisch zu fördern, reichen die bisherigen Informationen nicht aus. Rahmenbedingungen und Zielsetzung angesichts der Vielfalt unterschiedlichster Initiativen, Projekte und Angebote im Themenfeld der interkulturellen Öffnung auf der örtlichen Ebene der Jugendverbandsarbeit, die sich aus der Pluralität der Jugendverbände und ihren inhaltlichen Orientierungen sowie Arbeitsformen ergibt, sind tiefergehende, auf die konkrete Handlungsebene bezogene Analysen erforderlich. Im Rahmen dieses Projekts wollen wir uns deshalb auf die örtliche Jugendverbandsarbeit mit ihren interkulturellen Konzepten, ihren Angeboten und Initiativen sowie ihren institutionellen und strukturellen Rahmenbedingungen als auch auf die Jugendlichen selbst konzentrieren, die die interkulturellen Aktivitäten auf Verbandsebene tragen und gestalten beziehungsweise interkulturelle Angebote nachfragen. Auf Grundlage der Ergebnisse sollen erfolgversprechende Strategien und Handlungsansätze zur Umsetzung interkultureller Zielsetzungen in der Jugendverbandsarbeit vor Ort erarbeitet werden, Hinweise und wirksame Strategien für die Überwindung hinderlicher sowie die Herstellung und Nutzung förderlicher Rahmenbedingungen gewonnen werden. Derartige Befunde können zur Reflexion und Weiterentwicklung der Jugendverbandsarbeit anregen, den Handlungsbedarf für die Unterstützung von Jugendgruppen und Organisationen vor Ort konkretisieren und eine subjektorientierte Praxisentwicklung fördern.

### Untersuchungsanlage und empirische Verfahren

Die Durchführung der Untersuchung erfolgt im Forschungsverbund der Fachhochschule Köln mit dem Deutschen Jugendinstitut in München. Die Untersuchung wird eng an den Austausch mit der Fachpraxis gebunden (Projektbeirat, Fachtagung). In die Untersuchung einbezogen werden 25 Jugendverbände, die vor Ort interkulturell arbeiten und der interkulturellen Öffnung einen hohen Stellenwert zuschreiben, Migrant(inn)en als Mitglieder haben – dazu gehören Vereine von Jugendlichen mit Migrationshintergrund – beziehungsweise mit Vereinen und Verbänden kooperieren, in denen überwiegend Jugendliche anderer ethnischer Herkunft organisiert sind. Ihre Auswahl orientiert sich an der Stichprobe und den Ergebnissen der Ende 2007/

Anfang 2008 durchgeführten Erhebung bei Jugendverbänden im Rahmen des Projekts „Jugendhilfe und sozialer Wandel“ im Deutschen Jugendinstitut. Die Untersuchung ist in zwei Projektphasen gegliedert. Sie erfolgt mittels quantitativer und qualitativer Erhebungsinstrumente.

- In der ersten Projektphase werden zentrale Orientierungen, Merkmale und Rahmenbedingungen der Arbeit in den ausgewählten Verbänden, Vereinen, Projekten oder Initiativen erhoben. Dazu werden zunächst leitfadengestützte themenzentrierte Interviews mit jeweils einem/einer hauptberuflichen, haupt- oder ehrenamtlichen Akteur/-in den ausgewählten Jugendverbänden vor Ort durchgeführt. Eine Dokumentenanalyse eventuell vorliegender schriftlicher Zielformulierungen der Jugendverbände gibt sodann Auskunft zur Bedeutung „offizieller“ interkultureller Orientierungen, Elemente und Programme. Die erste Projektphase wird mit einem Zwischenbericht abgeschlossen.
- In der zweiten Projektphase werden die Initiierung, Nutzung und Gestaltung von interkulturellen Angeboten, Aktivitäten und Kooperationen der ausgewählten Jugendverbände/vereine durch jugendliche Akteurinnen und Akteure beziehungsweise Teilnehmer/-innen untersucht. Dies erfolgt über
  - eine schriftliche Fragebogenerhebung zu sozialstatistischen Merkmalen, zum Zugang und zur „Verbandsbiografie“ der Jugendlichen;
  - Gruppendiskussionen zu Motiven, Einstellungs- und Handlungsorientierungen der Jugendgruppe, Rekrutierungsmechanismen von Mitgliedern, zum Gruppenzusammenhalt und zur Gruppenpraxis, zur Haltung gegenüber andersethnischen Verbänden und zu Kooperationen mit ihnen;
  - leitfadengestützte Interviews mit einzelnen Jugendlichen aus den Gruppendiskussionen in vier bis sechs Angeboten oder Aktivitäten, die sich im Sinne einer „guten Praxis“ durch einen modellhaften Charakter für gelungene Strategien einer interkulturellen Öffnung auszeichnen;
  - leitfadengestützte Interviews mit Leiter(inne)n in pädagogisch geleiteten Angeboten; eine Fachtagung und Veröffentlichungen der Ergebnisse in Fachbeiträgen und in einer Buchpublikation.

*Markus Ottersbach/Andreas Thimmel*

### ABSTRACT

Im Zentrum des Projekts steht die Frage, wie die Jugendverbandsarbeit Konzepte der interkulturellen Öffnung aufnimmt beziehungsweise entwickelt und umsetzt. Der Blick richtet sich auf interkulturell orientierte Projekte, Initiativen und Aktivitäten auf der örtlichen Jugendverbandsebene. Gefragt wird nach ihrer Konzipierung, ihrer Organisation, den Bedingungen für ihr Gelingen, den Umsetzungsproblemen sowie nach der Gestaltung von Angeboten und Aktivitäten. Ausgehend von der konkreten lokalen Jugendverbandsarbeit werden interne und externe Einflüsse auf die Realisierung einer interkulturellen Öffnung, die Umsetzungsmöglichkeiten und -probleme vor Ort sowie die aktive Gestaltung interkultureller Angebote oder Initiativen durch jugendliche Mitglieder und Teilnehmer/-innen analysiert.

### PROJEKTLEITUNG

Prof. Dr. Markus Ottersbach  
Fakultät für Angewandte Sozialwissenschaften Institut für interkulturelle Bildung und Entwicklung (INTERKULT)  
markus.ottersbach@fh-koeln.de  
Prof. Dr. Andreas Thimmel  
Fakultät für Angewandte Sozialwissenschaften (KJFE)  
Institut für Kindheit, Jugend, Familie und Erwachsene  
andreas.thimmel@fh-koeln.de

### PROJEKT BETEILIGTE

Dipl.-Päd. Thomas Zitzmann  
Fakultät für Angewandte Sozialwissenschaften  
Institut für interkulturelle Bildung und Entwicklung (INTERKULT)  
Miriam Yildiz, BA für Soziale Arbeit  
Fakultät für Angewandte Sozialwissenschaften (KJFE)  
Institut für Kindheit, Jugend, Familie und Erwachsene

### PROJEKTPARTNER/

### FÖRDERNDE INSTITUTION/EN

Kirsten Bruhns und Xandra Wildung,  
Deutsches Jugendinstitut (DJI),  
München  
Bundesministerium für Familie,  
Senioren, Frauen und Jugend



# Die Sicht von Kindern und Jugendlichen mit Zuwanderungsgeschichte auf ihr Lebensumfeld

**K**inder und Jugendliche mit Zuwanderungsgeschichte sind schon längere Zeit Objekte öffentlicher und speziell auch wissenschaftlicher Diskurse. Lange Zeit hat man sie in beiden Bereichen jedoch eher als „Problemgruppen“ betrachtet, sei es, dass sie entweder als „kriminell“ oder als „fundamentalistisch orientiert“ gebrandmarkt wurden. Sie waren Teil des allgemeinen Diskurses über Migrantinnen und Migranten, in dem immer wieder auf die angeblich hohe Relevanz einer „Parallelgesellschaft“ hingewiesen wurde. Mit der subjektiven Sichtweise dieser Gruppen hat man sich jedoch nur selten ernsthaft auseinandergesetzt.

## ABSTRACT

Um den Partizipationsaspekt zu stärken und effektiv pädagogisch handeln zu können, ist es sinnvoll, die subjektive Sicht von Klienten/-innen auf ihr Lebensumfeld zu erkunden. Kinder und Jugendliche mit Zuwanderungsgeschichte sind diesbezüglich eine eher vernachlässigte Gruppe. Die Expertise will versuchen, dieses Manko zu kompensieren.

## PROJEKTLEITUNG

Prof. Dr. Markus Ottersbach  
Fakultät für Angewandte Sozialwissenschaften  
Institut für interkulturelle Bildung und Entwicklung (INTERKULT)  
markus.ottersbach@fh-koeln.de

## PROJEKTLAUFZEIT

Juli 2008 – September 2009

## PROJEKTBETEILIGTE

Dipl.-Soz. Päd. Solveigh Skaloud  
Dipl.-Soz. Päd. Andreas Deimann  
Fakultät für Angewandte Sozialwissenschaften  
Institut für interkulturelle Bildung und Entwicklung (INTERKULT)  
Fördernde Institution/en  
Ministerium für Generationen, Familie, Frauen und Integration/NRW

Seit den wichtigen rechtlichen Reformen, der Änderung des Staatsangehörigkeitsgesetzes und der Novellierung des Zuwanderungsgesetzes, dem öffentlichen Bekenntnis auch konservativer Kreise, dass Deutschland ein Einwanderungsland ist und der Bekanntwerdung realer demographischer Zahlen durch den Mikrozensus im Jahr 2005 hat sich der Diskurs über Migration und Integration schrittweise und entscheidend gewandelt. Diese Änderung der Perspektive war enorm wichtig, um Integration zu ermöglichen und sie vor allem gerechter und effektiver zu gestalten. Die subjektive Sichtweise des Lebensumfelds von Kindern und Jugendlichen mit Zuwanderungsgeschichte zu erkunden, ist im Rahmen der gesellschaftlichen Aufgabe der Integration nochmals besonders bedeutsam, weil damit einerseits der Partizipationsaspekt dieser Gruppen gestärkt und andererseits die Voraussetzungen für effektives politisches und pädagogisches Handeln geschaffen werden. Die Expertise will deshalb auch versuchen, den diesbezüglich bisher vernachlässigten Gruppen der Kinder und Jugendlichen mit Zuwanderungsgeschichte durch die Präsentation ihrer subjektiven Sichtweise in der Öffentlichkeit mehr Gehör zu verschaffen.

## Ziel der Untersuchung

Ziel der Untersuchung ist es zunächst, die Entwicklung und die Relevanz der subjektiven Sichtweise zu verdeutlichen. Die sub-

jektive Sichtweise ist ein Produkt der Individualisierung, die in zwei Schritten erfolgte: Die erste Phase beginnt mit der Industrialisierung beziehungsweise der Aufklärung. Die zweite Phase startet mit der Entwicklung der Wohlfahrtssysteme in den westlichen Staaten seit der Nachkriegszeit.

Außerdem soll das Lebensumfeld der Kinder und Jugendlichen mit Zuwanderungsgeschichte in Nordrhein-Westfalen (NRW) dargestellt werden. Dafür wird einerseits die systemische Integration und andererseits die soziale Integration von Kindern und Jugendlichen mit Zuwanderungsgeschichte in NRW beschrieben. Mit der systemischen Integration ist die Eingliederung der Menschen in die gesellschaftlichen Funktionssysteme der Bildung, der Arbeit, der Politik, der Gesundheit und des Wohnens gemeint. Hierbei steht somit die gesellschaftliche Partizipation im Mittelpunkt der Betrachtung. Die soziale Integration bezieht sich unter anderem auf die kulturellen Werte und Traditionen, die sozialen Bindungen und auf das Rollenverhalten. Sie impliziert die Entwicklung der Persönlichkeit und der Identität jeder einzelnen Person in unserer Gesellschaft. Beachtet werden muss, dass systemische und soziale Integration nicht linear verlaufen müssen. Nicht selten gibt es Fälle, in denen die systemische Integration als erfolgreich einzustufen ist, die soziale Integration aber als problematisch bezeichnet werden muss. Umgekehrt bleibt eine problematische systemische Integration bei gleichzeitig erfolgreicher sozialer Integration jedoch eher eine Ausnahme. Der Einfluss der systemischen Integration auf die soziale ist weitaus höher als umgekehrt.

Nach der Klärung der Entwicklung und der Relevanz der subjektiven Sichtweise und der Darstellung der zentralen Aspekte des Lebensumfelds der Kinder und Jugendlichen mit Zuwanderungsgeschichte in NRW geht es um die Darstellung der aktuellen Literatur zur Thematik. Dabei werden wir uns auf Studien konzentrieren, die die subjektive Sichtweise des Lebensumfelds der Kinder und Jugendlichen mit Zuwan-

derungsgeschichte mittels qualitativer Methoden zu erkunden versucht haben. Zum Schluss wird es in dieser Expertise um die Präsentation einer eigenen Studie zur subjektiven Sichtweise des Lebensumfelds von Kindern und Jugendlichen mit Zuwanderungsgeschichte gehen.

### Forschungsfragen und -design

Konkrete Forschungsfragen dieser Studie sind demnach:

- Welche sind die zentralen Kategorien oder Aspekte des Lebensumfelds von Kindern und Jugendlichen mit Zuwanderungsgeschichte?
- Wie gehen diese Kinder und Jugendlichen mit diesen Aspekten ihrer Lebenssituation um? Welche Bewältigungsformen haben sie entwickelt? Wie erfolgreich sind sie damit?
- In welchen Bereichen können Kinder und Jugendliche mit Zuwanderungsgeschichte in NRW ihr Leben selbst gestalten oder wo sehen sich Kinder und Jugendliche mit Zuwanderungsgeschichte eher fremdbestimmt, abhängig von Personen oder sozialen Bedingungen?

Auch und gerade Kinder und Jugendliche mit Zuwanderungsgeschichte erleben in Deutschland eine individualisierte Jugendphase. Wie alle Kinder und Jugendliche stehen sie zwischen Autonomie und Anpassung

- im Familiensystem
- im Erziehungs- und Bildungssystem
- beim Übergang von der Schule in den Beruf und
- in sozialen Netzwerken.

Allgemein von vielfältigen Faktoren geprägt wie dem Status der Eltern, Bildung, Gesundheit, Wohnen, politische Partizipation oder Freizeit kommen bei Kindern und Jugendlichen mit Zuwanderungsgeschichte Aspekte hinzu, die direkt mit der Migration zusammenhängen:

- unterschiedliche Migrationsmotive und Integrationsverläufe
- unterschiedliche Aufnahmebedingungen und soziale Erwartungen im Einwanderungsland.

Zweifellos gibt es „die“ Kinder und Jugendlichen mit Zuwanderungsgeschichte nicht als eine homogene soziale Gruppe. Dies hat einmal mehr die aktuelle SINUS-Studie zu Migrant(inn)en-Milieus verdeutlicht. Innerhalb der Gruppe der Kinder und Jugendlichen, als deren gemeinsames Merkmal die Zuwanderungsgeschichte gilt, ist eine große Heterogenität von Lebenslagen und Lebensstilen zu finden. Um die Nuancen der Zuwanderung angemessen zu berücksichtigen, werden drei Formen der Zuwanderung unterschieden:

- Arbeitswanderungen und Familiennachzug
- Zuwanderung von Asylsuchenden
- Spätaussiedler/-innen und Jüdinnen und Juden aus der ehemaligen Gemeinschaft Unabhängiger Staaten (GUS).

Angenommen wird, dass die subjektive Sicht von Kindern und Jugendlichen mit Zuwanderungsgeschichte auf ihr Lebensumfeld durch die Form der Zuwanderung objektiv vorstrukturiert ist. Diese Annahme wird mit sechs qualitativen Leitfadeninterviews überprüft, von denen jeweils zwei einer der drei Zuwanderungsformen entsprechen. Pro Zuwanderungsform wurden ein Mädchen und ein Junge im Alter von 12 bis 25 Jahren interviewt, um auch mögliche Geschlechterdifferenzen aufzunehmen. Um Kulturalisierungen vorzubeugen, wurden zudem noch zwei weitere Interviews mit Kindern und Jugendlichen ohne Zuwanderungsgeschichte durchgeführt.

*Markus Ottersbach*



# Chancen der Vielfalt nutzen lernen – Modellprojekt

## ABSTRACT

In diesem Projekt geht es um die Verbesserung der infrastrukturellen gesellschaftlichen Rahmenbedingungen zur Verbesserung der Integrationschancen von Kindern und Jugendlichen mit Migrationshintergrund. Dazu werden sie sprachlich gefördert und ihre Kompetenzen durch außerschulische Bildungsangebote der Sozialen Arbeit erweitert. Zum anderen sollen entsprechende durchgängige Ausbildungskonzepte mit interkultureller Schwerpunktsetzung an den Fachhochschulen Nordrhein-Westfalens erstellt und implementiert werden.

## PROJEKTL EITUNG

Prof. Dr. Markus Ottersbach (INTERKULT)  
Fakultät für Angewandte  
Sozialwissenschaften  
Institut für interkulturelle Bildung und  
Entwicklung (INTERKULT)  
markus.ottersbach@fh-koeln.de

## PROJEKTLAUFZEIT

Laufzeit: August 2009 - Juli 2010  
(optional bis 2013)

## PROJEKTBETEILIGTE

Corinna Braun, BA für Soziale Arbeit  
Fakultät für Angewandte  
Sozialwissenschaften  
Institut für interkulturelle Bildung und  
Entwicklung (INTERKULT)

## PROJEKTPARTNER/FÖRDERNDE INSTITUTION/EN

RAA Köln und RAA Leverkusen  
weitere Fachhochschulen in NRW  
Ministerium für Generationen,  
Familie, Frauen und  
Integration/NRW  
Bundesministerium für  
Migration und Flüchtlinge  
Europäische Union  
(Europäischer Integrationsfonds)

**Z**iel dieses Praxisprojekts ist es, alle Kinder, unabhängig von ihrer sozialen und ethnischen Herkunft, im Bildungs- und Erziehungssystem angemessen zu fördern und in die Lage zu versetzen, eine erfolgreiche schulische und berufliche Ausbildung abzuschließen. Gut ausgebildetes Personal in der pädagogischen Praxis ist eine grundlegende Voraussetzung für den Erfolg. Die Verbesserung der Bildungssituation ist nicht nur eine schulische, sondern auch eine außerschulische Aufgabe. Mit ihren jeweiligen Kompetenzen und einer verlässlichen Kooperation können Sozialarbeiter/-innen hierzu entscheidend beitragen. Nötig sind deshalb einerseits langfristig angelegte, strukturelle Verbesserungen wie die Qualifizierung des pädagogischen Personals und andererseits unmittelbar wirkende Unterstützungsangebote für die Kinder, die die Chance auf einen besseren Bildungsabschluss nutzen möchten. An unterschiedlichen Standorten in Nordrhein-Westfalen (NRW) wird entsprechend des Konzepts in Kooperation zwischen Fachhochschulen und der für die außerschulischen Bildungsangebote für Kinder und Jugendliche mit Migrationshintergrund in NRW zuständigen Regionalen Arbeitsstellen (RAA) ein Studienschwerpunkt entwickelt, erprobt und dauerhaft implementiert werden. Dieses intervenierende Angebot wird mit einer langfristig wirkenden Maßnahme, der Qualifizierung von Studierenden der schulischen und außerschulischen Pädagogik flankiert. Das Konzept bringt damit zwei Zielgruppen zusammen:

- Kinder und Jugendliche mit Zuwanderungsgeschichte, die während ihrer Schulzeit pädagogische Unterstützung benötigen, um einen erfolgreichen Bildungsabschluss zu erreichen und
- Studierende der (interkulturellen) Sozialen Arbeit im Rahmen ihrer Ausbildung an den Fachhochschulen in NRW

## Win-Win-Situation

Im Rahmen der Sprach- und Kompetenzförderung ist vorgesehen, dass die Kinder und Jugendlichen mit Zuwanderungsgeschichte eine Unterstützung und Begleitung erfahren, um einen ihren Fähigkeiten

entsprechenden schulischen Abschluss zu realisieren. Hierzu erhalten sie zweimal wöchentlich in kleinen Lerngruppen eine intensive Unterstützung mit unterschiedlichen methodischen Zugängen. Realisiert wird das Förderangebot durch Studierende des Studiengangs der Sozialen Arbeit. Der Schwerpunkt liegt in einer ganzheitlichen Begleitung und Betreuung der Kinder durch Unterstützung bei Lernaufgaben, durch geeignete methodische und projektorientierte Ansätze, durch die Entwicklung eigener Lernstrategien, durch kreative, musische oder medienpädagogische Angebote. Im Rahmen der geplanten dreisemestrigen Mitwirkung im Praxisprojekt „Chancen der Vielfalt nutzen lernen“ erhalten die Studierenden an der FH Köln vertiefte Kenntnisse über die Lebenssituation von Kindern und Jugendlichen mit Zuwanderungsgeschichte. Gleichzeitig erwerben sie fundiertes Wissen zu verschiedenen methodischen Ansätzen in der außerschulischen Arbeit mit Kindern und Jugendlichen mit einem solchen Hintergrund. An der FH Köln ist das Institut für interkulturelle Bildung und Entwicklung (INTERKULT) federführend: Es stellt die relevanten Studieninhalte in den Bereichen Migrationsforschung und interkulturelle soziale Arbeit zur Verfügung. Durch eine landesweite Vernetzung zwischen den Fachhochschulen erhalten die Studierenden die Gelegenheit zum praktischen Austausch mit Studierenden anderer Standorte oder Fachbereiche. Der gegenseitige Austausch und die Unterstützung für das eigene praktische Handeln ist ausdrücklich erwünschter Bestandteil des Konzepts. Vor dem Hintergrund der zum Teil schwierigen finanziellen Lage von Studierenden wird ihr Beitrag mit einer Aufwandsentschädigung honoriert, um so eine Mitwirkung über die Praxisphasen des Studiums hinaus sicherzustellen. Für eine Dauer von drei Semestern wird die Mitarbeit angestrebt. Das erste Semester dient der Vorbereitung, die beiden folgenden der konkreten Durchführung der Förderung. Die interkulturelle Zusatzqualifikation soll sich dabei wie ein „roter Faden“ durch das Studienangebot ziehen.

*Markus Ottersbach*

# Der Netzwerkaufbau in Sozialräumen der Stadt Mülheim an der Ruhr

In den Kommunen wird ein vernetztes, integriertes Handeln durch die institutionelle Zergliederung der Ressorts in eine Vielzahl funktionaler Teilaufgaben behindert. In Folge dieser Fragmentierung erfahren die Adressaten soziale Dienstleistungen in den Sozialräumen getrennt. Wegen der Barrieren des engen Ressortdenkens und der fehlenden Transparenz agieren die professionellen Akteure relativ isoliert auf ihren „operativen Inseln“ fachlicher Zuständigkeiten. Gemeinsame Schnittstellen werden kaum wahrgenommen, was zu ineffizienten Doppelstrukturen und Mehrfachangeboten beigetragen hat.

## Idee und Strategie

Vor diesem Hintergrund besteht die Idee darin, in der Kommune eine wirkungsvolle und effiziente Netzwerkorganisation zwischen den isolierten Agenturen zu entwickeln. Auf der Ebene der Sozialräume von Stadtteilen, aber auch innerhalb der zentralen Kommunalverwaltung sollen sowohl die Hierarchiebarrieren zwischen Ratsgremien, Fachbereichen und operativen Stadtteileinrichtungen als auch die Funktionsbarrieren zwischen den Fachbereichen des Sozialen, des Gesundheitswesens, der Bildung, des Sportbereichs und der Kultur besser vermittelt werden. Die Qualitätsentwicklung der

kommunalen Daseinsvorsorge hängt entscheidend davon ab, ob eine integrierte Vorgehensweise der professionellen Akteure gefunden wird und der Anschluss an die zivilgesellschaftlichen Potenziale gelingt.

## Ziele des Projekts

Im ‚Public Management‘ wird der Bedarf einer „Netzwerkkooperation“ seit längerem betont. Vor einer flächendeckenden Neuorganisation werden aber exemplarische Modellprojekte gebraucht, in denen die Schritte zur Netzwerkkooperation beispielhaft und nachvollziehbar demonstriert werden. Die Stadt Mülheim an der Ruhr möchte deshalb den Transfer von Erkenntnissen der Netzwerkforschung in das Public Management gemeinsam mit der Fachhochschule (FH) Köln entwickeln und praktisch erproben. Das Projekt „CityNet“ zielt darauf, Konzepte der angewandten organisationswissenschaftlichen Netzwerkforschung auf Organisationsstrukturen der Sozialverwaltung in der Stadt Mülheim an der Ruhr zu transferieren. Im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitung werden die Grundlagen für den Prozess des Netzwerkaufbaus in den Sozialräumen und zwischen den zentralen Agenturen der Kommunalverwaltung geschaffen und die praktische Implementierung unterstützt.

Herbert Schubert

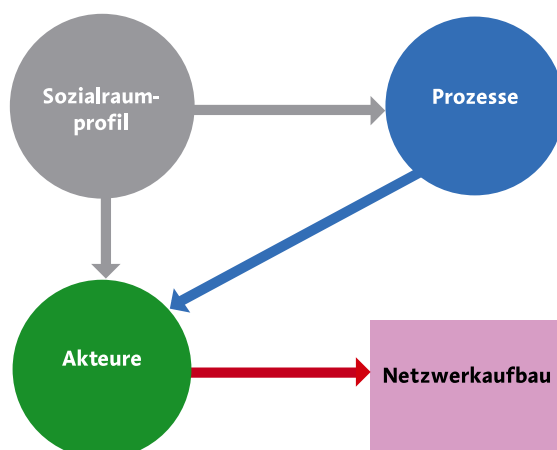


Abb. 1: Grundstruktur des methodischen Arbeitsansatzes

## ABSTRACT

Das Projekt „CityNet“ zielt darauf ab, Konzepte der angewandten organisationswissenschaftlichen Netzwerkforschung innovativ auf die Organisationsstrukturen der Sozialverwaltung in der Stadt Mülheim an der Ruhr zu transferieren. Über die Entwicklung einer Netzwerkorganisation in den Sozialräumen als bürgernahe Handlungsräume und zwischen den zentralen Agenturen der Kommunalverwaltung wird die Effektivität der Organisationsstrukturen in der Sozialverwaltung erhöht. Das Vorhaben hat große Bedeutung für die bedarfsgerechte Modernisierung der kommunalen Daseinsvorsorge. Im Sinne eines Leuchtturmprojektes soll es anschließend auf alle Städte und Gemeinden in Nordrhein-Westfalen (NRW) ausstrahlen.

## PROJEKTLEITUNG

Prof. Dr. Dr. Herbert Schubert  
Fakultät für Angewandte Sozialwissenschaften  
Institut für angewandtes Management und Organisation in der Sozialen Arbeit (IMOS)  
Forschungsschwerpunkt „Sozial • Raum • Management“  
herbert.schubert@fh-koeln.de

## PROJEKT BETEILIGTE

Holger Spieckermann,  
Stephanie Abels, Karin Bebermeier,  
Sarah Kölling

## PROJEKTPARTNER

Stadt Mülheim an der Ruhr  
Sozialamt (Amt 50)  
Klaus Konietzka, Amtsleiter  
Jörg Marx, Sozialplaner

# Kontext und aktuelle Problemlage des Allgemeinen Sozialen Dienstes (ASD)

Die Leistungsqualität kommunaler sozialer Dienste wird gegenwärtig von zwei Seiten „in die Zange“ genommen: In der Gesellschaft sind die Ansprüche an das sogenannte „Wächteramt“ zum Schutz von Kindern und Jugendlichen gestiegen und zugleich fordern komplexere Problemlagen von Familien die Kompetenz- und Methodenentwicklung der sozialen Arbeit heraus. Vor diesem Hintergrund wird kontinuierlich versucht, die Dienste der Kinder- und Jugendhilfe, des Gesundheitswesens und weiterer Familienbezogener Dienstleistungen neu zu strukturieren. Im Zentrum einer solchen Neuorganisation des kommunalen sozialen Dienstleistungsnetzes steht der Allgemeine Soziale Dienst (ASD). Als eine Schlüsselinstitution der sozialstaatlichen Intervention gegen Armuts- und Lebensrisiken sowie deren Folgen sieht er sich erhöhten professionellen Kompetenzanforderungen ausgesetzt. Diese werden durch die anhaltenden Finanzierungs- und Beschäftigungsprobleme auf Seiten der Kommunen verschärft.

## Untersuchungsdesign

Ziel der Untersuchung ist die Identifizierung von Organisations- und Prozessmodellen, die sich besonders für die Gewährleistung der sozialpädagogischen Fachlichkeit, die Wirksamkeit der Leistungen sowie eine effiziente und aus beschäftigungspolitischer Perspektive sozialverträgliche Leistungserbringung eignen. Für den Einstieg in die Untersuchung wurde der „Reputationsansatz“ gewählt, bei dem „Insider“ (Experten/innen, Praxisakteure) Beispiele guter ASD-Praxis benannt haben (vgl. Forschungsbericht 2008). Sechzehn der erhobenen Ansätze werden im Rahmen von Fallstudien eingehender untersucht. Unter Berücksichtigung der komplexen und häufig unterschiedlichen kommunalen und organisatorischen Strukturen erfolgt dies auf den Ebenen Gesamt- raum, Teilraum sowie Fallarbeit (Abb. 1).

## ABSTRACT

Durch gesellschaftliche Entwicklungen wie zunehmende Armut oder höhere Sensibilität gegenüber Kindeswohlgefährdungen in der Öffentlichkeit findet die Leistungsfähigkeit des Allgemeinen Sozialen Dienstes (ASD) vermehrt Beachtung. Damit wachsen auch die Erwartungen an seine Wirksamkeit. Dem gegenüber stehen aber die Konsolidierungsbemühungen der kommunalen Haushalte. Einige Städte und Gemeinden haben deshalb Organisations- und Qualitätsentwicklungsprozesse angestoßen, damit der ASD effizienter arbeiten kann – bei gleichbleibender Qualität. Im Rahmen des Forschungsvorhabens wird die Leistungsfähigkeit von modernisierten sozialen Diensten systematisch analysiert. Die Untersuchung soll Aussagen über Organisationsmodelle ermöglichen, die für die Gewährleistung sozialpädagogischer Fachlichkeit im ASD, der Wirksamkeit seiner Leistungen und einer effizienten Leistungserbringung besonders geeignet sind. Das Projekt findet in Kooperation mit der Fachhochschule Kiel statt und wird von der Hans Böckler Stiftung gefördert. Weitere Informationen unter: [www.asd-projekt.de](http://www.asd-projekt.de).

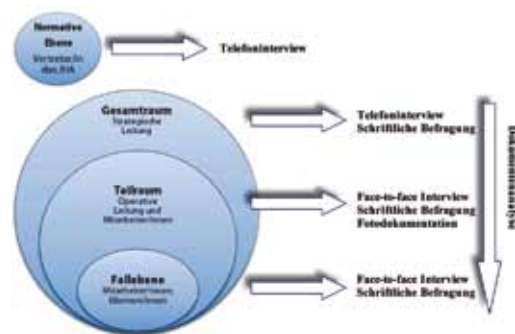


Abb. 1: Mehr-Ebenen-Schema und methodische Operationalisierung

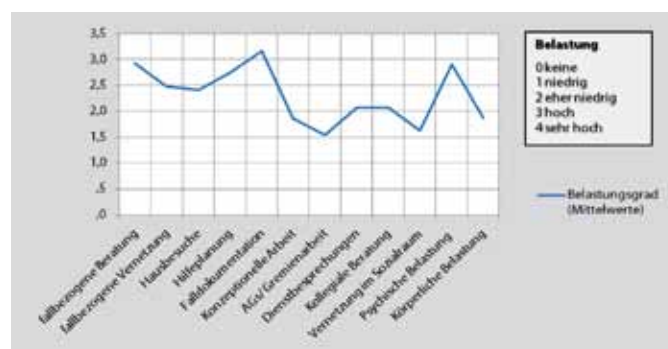


Abb. 2: Projekt Belastungsgrad der Fachkräfte nach Tätigkeitsbereichen (N=119)

### Exemplarische Ergebnisse

Im Hinblick auf den Wandel des ASD und seiner Arbeitsvollzüge spielen die folgenden Aspekte eine wichtige Rolle:

- Zugänge zu Angeboten
- Zunahme von Multiproblemfamilien und Armutsfamilien
- Passgenauigkeit der Hilfen
- Ambulantisierung
- Ämterübergreifende Dezentralisierung sowie die Förderung eines gemeinsamen Fallverständnisses
- Lohnkürzungen durch den TVöD

Die Frage, ob man sich noch einmal für das Arbeitsfeld des ASD entscheiden würde, bejaht weniger als die Hälfte der 119 befragten Mitarbeiter/innen. In diesem Zusammenhang spielt das Thema Belastung eine bedeutende Rolle: Die Hälfte der Befragten

gibt an, sehr hoch beziehungsweise hoch belastet zu sein und nur jede siebte befragte Person nimmt keinerlei Belastung wahr. Am stärksten schlägt dabei die Fallarbeit zu Buche, deren aufwändige Falldokumentation den Arbeitsalltag erschwert (Abb. 2). Nichts desto trotz sind die parallel befragten Klienten/innen überwiegend zufrieden mit der Arbeit ihres ASD – insbesondere der respektvolle Umgang, die schnelle Auseinandersetzung mit ihren Problemen sowie das Problemverständnis der Mitarbeiter/innen werden von den Befragten der Klientenstichprobe positiv beurteilt. Aber nur ein geringer Teil gibt an, dass sich die Problemlage im Rahmen der Hilfestellungen durch den ASD verbessert habe.

Herbert Schubert

### PROJEKTLEITUNG

Prof. Dr. Dr. Herbert Schubert  
Fakultät für Angewandte Sozialwissenschaften  
Institut für angewandtes Management und Organisation in der Sozialen Arbeit (IMOS)  
Forschungsschwerpunkt  
»Sozial • Raum • Management«  
herbert.schubert@fh-koeln.de

### PROJEKT BETEILIGTE

Dipl. Soz.-Arb. Marion Rädler

### PROJEKTPARTNER

Fachhochschule Kiel  
Fachbereich Soziale Arbeit und Gesundheit  
Prof. Dr. Ingrid Gissel-Palkovich  
Julia Stegt, M.A.  
Hans-Böckler-Stiftung  
Dr. Michaela Kuhnhenne

## Biographische Übergangssituationen Kölner Berufskollegabsolventen/innen

Die Untersuchung von Bildungskarrieren von Jugendlichen in Köln besteht aus zwei Teilen: In einer quantitativ angelegten Studie wird auf der Basis multivariater Analyseverfahren eine Typologie von Karriereverläufen im Übergang Schule – Beruf entwickelt. Bestandteil der Befragung ehemaliger Kölner Berufskollegabsolventen und -absolventinnen sind auch Fragen zur Motivation der Schul- oder Ausbildungswahl.

Im zweiten Teil werden diese Motivationsstrukturen vertiefend untersucht. Mit einem qualitativen Untersuchungsdesign werden die Entscheidungskriterien von Jugendlichen bei der Wahl von Ausbildungseinrichtungen beleuchtet.

Im Blickpunkt der quantitativen Studie stehen insbesondere Schüler/innen aus bildungsfernen Schichten und Schüler/innen mit einem Migrationshintergrund. Ziel der Auswertung ist es, die Übergangssituation systematisch zu erfassen und mit dem Verfahren der Clusteranalyse Übergangstypen zu identifizieren.

### Fünf Übergangstypen im Überblick

Zwei der ermittelten Cluster lassen sich als „Bildungsorientierte“ zusammenfassen. Sie kennzeichnet eine direkte Aufnahme weiterer Bildungsmaßnahmen oder eines Studiums nach Abschluss des Berufskollegs. Für die drei anderen Cluster wurde die Bezeichnung „Berufsorientierte“ gewählt; sie orientieren sich nach Verlassen des Berufskollegs – mit unterschiedlichem Erfolg – in Richtung einer Erwerbstätigkeit (vgl. Abb. 1).

#### Typ A: Die Bildungsorientierten

- **A1 Bildungsorientierte im Aufstieg (14%)**  
Diese Absolventen/innen wechselten nach dem Berufskolleg auf eine Universität oder Fachhochschule. Darunter befinden sich mehr deutsche Staatsbürger/innen und weniger mit Migrationshintergrund als in anderen Typen.
- **A2 Bildungsorientierte in Seitdrift (26%)**  
Diese Personen verbleiben nach Verlassen des Berufskollegs im Bildungssystem, allerdings auf demselben Niveau. Kennzeichnend ist die Aufnahme weiterer Qualifizierungsmaßnahmen wie das Nachholen von bisher nicht erreichten

### ABSTRACT

Die Fachhochschule Köln führt eine quantitative Studie über Bildungs- und Berufskarrieren von jungen Frauen und Männern durch. Im Blickpunkt stehen die Bildungs- und Berufsverläufe sowie die Übergänge in den Beruf von ehemaligen Schüler/innen der Kölner Berufskollegs – insbesondere von Schüler/innen aus bildungsfernen Schichten und Schüler/innen mit einem Migrationshintergrund. Ziel der Studie ist es, die Bildungs- und Ausbildungsprozesse der Jugendlichen systematisch zu erfassen und typische Karriereverläufe zu identifizieren. Das Vorhaben wird von der RheinEnergieStiftung Jugend/Beruf, Familie in Köln gefördert.



Schulabschlüssen, der Erwerb von Zusatzqualifikationen oder die Aufnahme von Praktika. Hier ist der höchste Anteil von Personen mit einem Migrationshintergrund zu finden.

#### Typ B: Die Berufsorientierten

- **B1 Personen in beruflicher Etablierung (32%).** Die zahlenmäßig größte Gruppe befindet sich im Prozess beruflicher Etablierung. Die Personen standen nach Verlassen des Berufskollegs meist in einem qualifizierten Beschäftigungsverhältnis und sind überwiegend qualifizierten Tätigkeiten nachgegangen. Dieses Cluster besteht mehrheitlich aus deutschen Staatsbürgern ohne Migrationshintergrund und aus Absolventen von Bildungsgängen des dualen Systems der Berufskollegs für Wirtschaft und Verwaltung.
- **B2 Personen in beruflicher Suchbewegung (17%).** Dieser Personenkreis sucht nach Verlassen des Berufskollegs nach einer regulären Erwerbstätigkeit, kann qualifizierte Tätigkeiten aber erst über Umwege weiterer Aus- und Weiterbildungen finden. Der Anteil an Personen, die schon einmal Phasen der Erwerbslosigkeit durchgemacht haben, ist bei den Personen in beruflicher Suchbewegung am höchsten. Diese Gruppe besitzt den zweithöchsten Anteil an Personen mit Migrationshintergrund.

- **B3 Personen mit prekärer Beschäftigung (11%).** Die Absolventen/innen mit prekärer Beschäftigung haben nach dem Verlassen des Berufskollegs noch keine qualifizierten Tätigkeiten gefunden. Sie waren nahezu alle schon einmal inadäquat beschäftigt: sie gingen entweder einer geringfügigen Beschäftigung oder aber einer Tätigkeit nach, für die keine spezielle Ausbildung oder Vorkenntnisse erforderlich sind. Größtenteils verfügen die Personen mit prekärer Beschäftigung entweder über keine Ausbildung oder haben sich nicht weiter gebildet und nicht studiert. Die Gruppe ist durch den höchsten Anteil von Personen mit Migrationshintergrund gekennzeichnet.

#### Weitere Perspektive

Im zweiten Teil der Untersuchung ist geplant, Jugendliche sowie deren Eltern, Lehrer und Arbeitgeber im Rahmen qualitativer Tiefen- beziehungsweise Experteninterviews speziell zu Motivation und Problemen während des Berufswahlprozesses zu befragen. Dies ist sinnvoll, um einen direkten Einblick in die Entscheidungsprozesse der Jugendlichen im Moment der Übergangssituation zu erhalten und damit die vorher gewonnenen Erkenntnisse zu verifizieren.

Herbert Schubert

#### PROJEKTLEITUNG

Prof. Dr. Dr. Herbert Schubert  
Fakultät für Angewandte  
Sozialwissenschaften  
Institut für angewandtes  
Management und Organisation  
in der Sozialen Arbeit (IMOS)  
Forschungsschwerpunkt  
„Sozial • Raum • Management“  
herbert.schubert@fh-koeln.de

#### PROJEKTBETEILIGTE

Dipl.-Soz. Christoph Heuer  
Holger Spieckermann, M.A.

#### KOOPERATIONSPARTNER

Katholische Fachhochschule  
Nordrhein-Westfalen  
Fachbereich Sozialwesen in  
Köln Prof. Dr. Angelika  
Schmidt-Koddenberg  
Dipl.-Soz. Päd. Simone Tempel  
RheinEnergieStiftung Jugend/  
Beruf, Familie

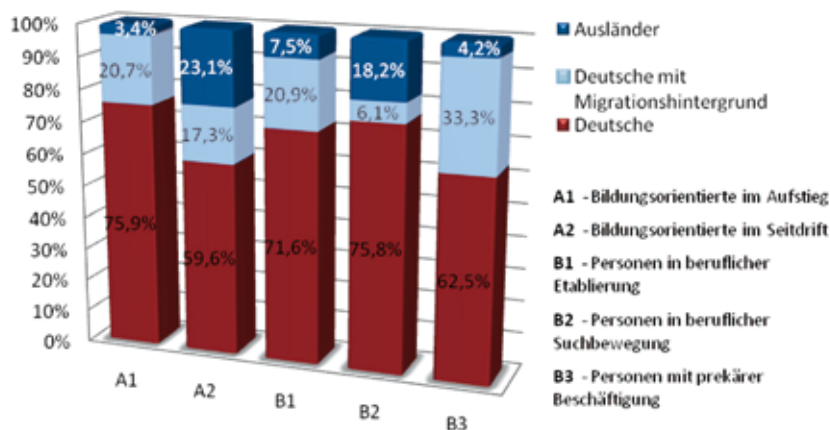


Abb. 1: Migrationshintergrund nach Cluster (n= 205)

# Das Programm „Communities That Care“ (CTC) in Niedersachsen

Im Rahmen des Projekts „Sozialräumliche Prävention in Netzwerken“ wird in den Jahren 2009–2011 das Präventionsprogramm „Communities That Care“ prozessbegleitend evaluiert. Schwerpunkt des Entwicklungs- und Handlungsprogramms ist ein integrierter Ansatz zur Minimierung von Risiken und zur Aktivierung von lokalen Ressourcen, um die Rahmenbedingungen für das Aufwachsen von Kindern und Jugendlichen insbesondere in benachteiligten Stadtteilen und Wohngebieten zu verbessern. Die Standorte der Modellvorhaben sind die Städte Hannover und Göttingen sowie der Landkreis Emsland.

## „Communities That Care“ (CTC)

Das in den USA entwickelte CTC-Programm hat die sozialräumliche Steuerung der Prävention von jugendlichem Problemverhalten in den Bereichen Gewalt, Kriminalität, Alkohol- und Drogenmissbrauch, Schulabbruch und frühe Schwangerschaften zum Gegenstand. CTC geht von neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen über die Wirkung und das Zusammenspiel verschiedener Risiko- und Schutzfaktoren bei Jugendlichen in den vier Bereichen Familie, Schule, Wohnumfeld sowie Peer-Groups aus. CTC beinhaltet eine Langzeitstrategie, um die lokalen Aktivitäten im Bereich der Prävention verstärkt auf den tatsächlichen Bedarf zu lenken, aufeinander abzustimmen und die Qualität der Maßnahmen zu verbessern. Schutzfaktoren wirken als Puffer bei Kindern und Jugendlichen und können auch bei starken Risikobelastungen ein Problemverhalten verhindern. CTC folgt einem Resilienztheoretischen Ansatz: Kinder können sich im Sozialraum gesund entwickeln, wenn die Erwachsenen in ihrer Umgebung gesunde Auffassungen vermitteln und klare Verhaltensnormen anwenden. Kinder und Jugendliche übernehmen Normen und Auffassungen eher, wenn sie sich mit ihrer Familie, der Schule und der Nachbarschaft beziehungsweise mit dem Gebiet, in dem sie leben, stark verbunden fühlen (vgl. Abb.). Zu den im Rahmen von CTC verwendeten Instrumenten gehören:

- eine Schüleruntersuchung zur Messung der Risiko- und Schutzfaktoren von Kindern und Jugendlichen in einem Sozialraum;

- eine Trainings- und Schulungsreihe für kommunale Leitungskräfte und Umsetzer vor Ort, um auf der Basis der Schüleruntersuchung ein Handlungskonzept für den Sozialraum zu entwickeln;
- eine Zusammenstellung von verfügbaren, auf ihre Wirksamkeit geprüften bzw. viel versprechenden Präventionsmaßnahmen mit Kennzeichnung, welche Risikofaktoren sie effektiv mindern und welche Schutzfaktoren sie stärken.

## Evaluationskonzept

Das Ziel der Evaluation ist die Klärung der Frage, ob CTC auch im deutschen Kontext ein geeignetes Instrument zur Prävention von Problemverhalten und zur Förderung der gesunden Entwicklung von Kindern und Jugendliche ist. Die Evaluation zielt auf eine lernende Projektbegleitung. Damit soll geklärt werden, wie CTC am besten übertragen wird und wie das Instrumentarium gegebenenfalls angepasst werden sollte. Das Untersuchungskonzept gliedert sich in Sammeln von Materialien aus den Modellkommunen, teilnehmende Beobachtungen, eine Befragung von Schlüsselpersonen durch Leitfaden gestützte Interviews und eine ergänzende Erhebung auf der operativen Ebene durch eine Fragebogenerhebung.

Herbert Schubert



Evaluation der Implementierung des Programms „Communities That Care“ (CTC)

## ABSTRACT

In Niedersachsen wird im Rahmen des Projekts „Sozialräumliche Prävention in Netzwerken“ (SPIN) das Präventionsprogramm „Communities That Care“ (CTC) modellhaft erprobt. Schwerpunkt des Entwicklungs- und Handlungsprogramms ist ein integrierter Ansatz zur Minimierung von Risiken und Aktivierung von lokalen Ressourcen, um die Rahmenbedingungen für das Aufwachsen von Kindern und Jugendlichen insbesondere in benachteiligten Stadtteilen und Wohngebieten zu verbessern. Die Standorte der Modellvorhaben sind Hannover, Göttingen und der Landkreis Emsland.

## PROJEKTLEITUNG

Prof. Dr. Dr. Herbert Schubert  
Fakultät für Angewandte Sozialwissenschaften  
Institut für angewandtes Management und Organisation in der Sozialen Arbeit (IMOS)  
Forschungsschwerpunkt „Sozial • Raum • Management“  
herbert.schubert@fh-koeln.de

## PROJEKT BETEILIGTE

Dr.-Ing. Katja Veil

## PROJEKTPARTNER

Landespräventionsrat  
Niedersachsen  
Dipl. Soz. Frederick Groeger-Roth

# Interdisziplinäre Erforschung von Netzwerkkoperationen und des Netzwerkberatungsbedarfs

## ABSTRACT

Seit rund einem Jahrzehnt vollzieht sich ein Prozess des organisatorischen Wandels, indem sich ehemals monobetriebliche Strukturen in Formen der Netzwerkorganisation verändern. Dieser Trend der Organisationsentwicklung gilt ebenso für den Profit- wie für den Non-Profit-Bereich. Von 2009 bis 2012 wird eine Studie durchgeführt, die sich aus den Elementen (i) Situationsanalyse, (ii) Bedarfsanalyse, (iii) Konzeptionsentwicklung zusammensetzt. Mit der Situationsanalyse soll im Feld sowohl von Profit- als auch von Non-Profit-Organisationen aufgedeckt werden, welche Rolle die Netzwerkorientierung und die Netzwerkkoperation gegenwärtig spielen und welchen Stellenwert sie in der Organisationsentwicklung haben.

## PROJEKTLEITUNG

Prof. Dr. Dr. Herbert Schubert  
Fakultät für Angewandte Sozialwissenschaften  
Institut für angewandtes Management und Organisation in der Sozialen Arbeit (IMOS)  
Forschungsschwerpunkt „Sozial • Raum • Management“  
herbert.schubert@fh-koeln.de

## PROJEKTBETEILIGTE

Fabian Nießen, Michael Noack,  
Holger Spieckermann

## PROJEKTPARTNER

Fakultät für Wirtschaftswissenschaften,  
Institut für Betriebswirtschaftslehre  
Prof. Dr. Rolf Franken, Olivia Macolic  
Fakultät für Fahrzeugsysteme und Produktion, Institut für Produktion  
Prof. Dr. Helmut Schulte Herbrüggen

Angetrieben durch technische Innovationen und durch den Prozess der Globalisierung tendieren Organisationen seit rund einem Jahrzehnt zu Kooperationen mit anderen Unternehmen (vgl. Abb. 1). Dieser Trend der Organisationsentwicklung betrifft sowohl den Profit- als auch den Non-Profit-Bereich. Um das Fachwissen über die netzwerkorientierte Organisationsentwicklung für Forschungs- und Entwicklungsaufgaben auszubauen und marktfähig zu machen, wurde ein interdisziplinäres Projekt der Fakultät für Angewandte Sozialwissenschaften, der Fakultät für Fahrzeugsysteme und Produktion und der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften entwickelt. In den Jahren bis 2012 wird eine Studie durchgeführt, um die Situation der Netzwerkkoperation unter Organisationen des Profit und Non-Profit-Bereichs im Rheinland zu erkunden und Unterstützungsbedarfe abzuleiten.

Auf Basis der gewonnen Erkenntnisse sollen Konzepte, Produkte und Instrumente entwickelt werden, die Organisationen und Unternehmen in Nordrhein-Westfalen (NRW) helfen, den Anforderungen der Netzwerkkoperation entsprechen zu können. Zu den späteren Einsatzfeldern gehören insbesondere: (a) die Logistik, (b) intelligente Sys-

teme mit offen definierten Kopplungsoptionen und (c) der netzförmige Umbau der (kommunalen) Infrastrukturen in der Sozialwirtschaft. Um das Ziel des Forschungsvorhabens zu erreichen, wurde der Forschungsprozess dreistufig mit den Elementen (i) Situationsanalyse, (ii) Bedarfsanalyse und (iii) Konzeptentwicklung angelegt.

## Ausblick

Das Forschungsvorhaben dient der Entwicklung von Modellen und Instrumenten, mit denen der Kooperationszusammenhang von Organisationen des Profit-Sektors und des Non-Profit-Sektors systematisch und vorausschauend reflektiert und geplant werden kann. Der Nutzen besteht in der Aufklärung, wie die Aufgabenstellung einer Netzwerkkoperation analysiert werden kann, wie Netzwerkpartner ausgewählt und gewonnen werden, wie der Ablauf ihres Ineinandergreifens vorstrukturiert werden sollte, und wie das Verfahren der gemeinsamen Zielformulierung und Zielvereinbarung zu moderieren ist. Nach Abschluss der Phase des empirischen Erkenntnisgewinns werden Workshops durchgeführt, um die gewonnenen Ergebnisse diskursiv abzusichern. Dabei soll der regionale und nationale Transfer der Ergebnisse eingeleitet werden.

Herbert Schubert

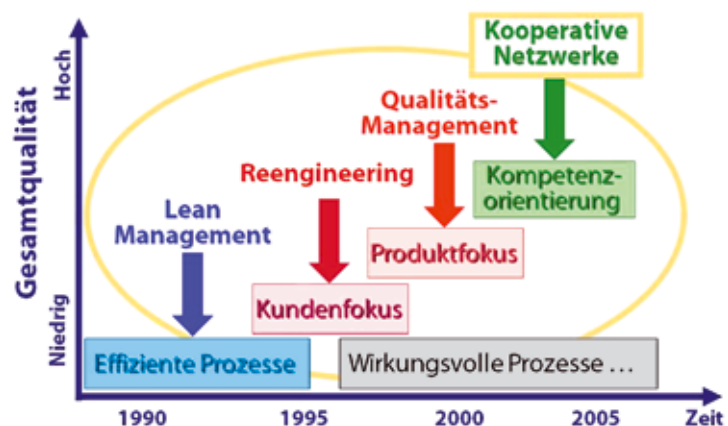


Abb. 1: Organisations- und Netzwerk-Entwicklung – Tendenz zu Kooperation

# Interkulturelle Öffnung des Jugendverbandssystems in Nordrhein-Westfalen

Jugendverbandsarbeit basiert als spezifisches Feld der Jugendarbeit auf den Kernprinzipien Selbstorganisation, Partizipation, Wertorientierung, Freiwilligkeit, ehrenamtliches Engagement und will Kinder und Jugendliche zu Selbstbestimmung, gesellschaftlicher Mitverantwortung und sozialem Engagement anregen. Die Jugendverbandsarbeit erhebt den Anspruch, Kinder und Jugendliche in der Bundesrepublik umfassend zu repräsentieren und sich auf den unterschiedlichen Ebenen als Stadt-, Kreis-, Landes- und Bundesjugendring jugendpolitisch für deren Interessen zu engagieren. Aus diesem Anspruch ergibt sich die Selbstverpflichtung, alle relevanten Personengruppen in das System der Jugendverbandsarbeit einzubeziehen. Mit der Zielsetzung der interkulturellen Öffnung begegnet die Jugendverbandsarbeit der Aufgabe, die Teilhabe Jugendlicher mit Migrationsgeschichte am Jugendverbandssystem sowohl auf individueller als auch auf struktureller Ebene zu verbessern. Gemeint ist damit zum einen eine verstärkte Einbindung von Jugendlichen mit Migrationsgeschichte in bestehende Jugendverbände, zum anderen die Aufnahme von Vereinen Jugendlicher mit Migrationsgeschichte (VJM) in die Dachstrukturen der Jugendverbandsarbeit und damit deren Anerkennung als Träger von Jugendarbeit.

## Wissenschaftliche Begleitung

Das Forscherteam des Projekts „Ö“ begleitet diesen Modernisierungsprozess des nordrhein-westfälischen Jugendverbandssystems. Über die exemplarische Rekonstruktion der Öffnungsprozesse der Stadtjugendringe Bochum, Siegen und Wuppertal aus der Perspektive der beteiligten Akteursgruppen werden die Implikationen der Teilhabe von Jugendlichen mit Migrationsgeschichte am Jugendverbandssystem erarbeitet und nach gelingenden Strategien einer Öffnung der Jugendringstrukturen für Vereine Jugendlicher mit Migrationsgeschichte gefragt. Analysiert werden die Bedürfnisse von Vereinen Jugendlicher mit Migrationshintergrund sowie die Barrieren für deren Aufnahme in die Jugendringe. Die

Untersuchungen sollen zudem Hinweise auf die Auswirkungen der Öffnung der Stadtjugendringe auf die dort organisierten Jugendverbände ermöglichen. Im bisherigen Projektverlauf werden an den drei Standorten Bochum, Siegen und Wuppertal mehrere Aktionsfelder beobachtet. Zu nennen sind an dieser Stelle:

1. die Heranführung von bestehenden Migrant\*innen(jugend)selbstorganisationen und Vereinen junger Migrantinnen und Migranten beziehungsweise Jugendlicher mit Migrationsgeschichte sowie anderer Vereine aus dem Migrationsbereich an und in die Dachstruktur der Stadtjugendringe;
2. der Ausbau der Vernetzung mit Akteuren aus dem Bereich der (jugendbezogenen) Migrationsarbeit und Aktivitäten im Bereich einer integrationspolitischen Positionierung der Stadtjugendringe sowie
3. die Förderung eines internen Diskussionsprozesses innerhalb der Stadtjugendringe unter anderem durch Aktivitäten zur Sensibilisierung von Mitgliedsorganisationen wie traditionellen Jugendverbänden für Modernisierungsprozesse im Sinne einer interkulturellen Öffnung.

Die wissenschaftliche Begleitung des Projekts „Ö“ versteht sich als eine prozessbegleitende Evaluation, deren vorrangiges Ziel es ist, der Praxis externe Beobachtungs- und Reflexionskapazitäten im Rahmen eines partizipativen Evaluationsverständnisses zur Verfügung zu stellen. Die Sichtweisen aller am Geschehen beteiligten Akteursgruppen werden in Form von qualitativen Interviews herausgearbeitet. Die Zwischenergebnisse der Begleitforschung wurden in einem Zwischenbericht zusammengefasst (Download unter <http://www.ljr-nrw.de/projekte/projekt-oe/publikationen/>).

*Andreas Thimmel*

(Zum Thema siehe auch: Interkulturelle Öffnung in der verbandlichen Jugendarbeit von Markus Ottersbach und Andreas Thimmel, S.15)

## ABSTRACT

Die Jugendverbandsarbeit hat sich im Rahmen der interkulturellen Öffnung zum Ziel gesetzt, die Teilhabe von Jugendlichen mit Migrationsgeschichte am Jugendverbandssystem sowohl individuell als auch auf struktureller Ebene zu verbessern. Jugendliche sollen einerseits stärker in bestehende Jugendverbände eingebunden werden, andererseits sollen aber auch bereits bestehende Vereine dieser Jugendlichen in die Dachstrukturen der Jugendverbandsarbeit integriert – und damit ihre Arbeit anerkannt werden. Das Forscherteam des Projekts „Ö“ begleitet diesen Modernisierungsprozess des nordrhein-westfälischen Jugendverbandssystems.

## PROJEKTLEITUNG

Prof. Dr. Andreas Thimmel  
Fakultät für Angewandte Sozialwissenschaften  
Institut für Kindheit, Jugend, Familie und Erwachsene (KJFE)  
[andreas.thimmel@fh-koeln.de](mailto:andreas.thimmel@fh-koeln.de)

## PROJEKTMITARBEIT

Dipl.-Päd. Katrin Riß

## PROJEKTLAUFZEIT

Januar 2007 – Oktober 2010

## PROJEKTRÄGER/ FÖRDERNDE INSTITUTION/EN

Landesjugendring  
Nordrhein-Westfalen e.V.  
Ministerium für Generationen,  
Familie, Frauen und  
Integration (MGFFI) des Landes  
Nordrhein-Westfalen



# Integration junger Menschen mit Migrationshintergrund in und durch Internationale Jugendarbeit

## ABSTRACT

Immer noch haben zu wenige Jugendliche mit Migrationsgeschichte teil an Internationaler Jugendarbeit (IJA). Es mangelt an Organisationen, Aktivitäten, Strukturen und Netzwerken innerhalb der IJA. Zentral ist die Suche nach Strategien eines adäquateren Umgangs mit den Implikationen des Migrationslandes Deutschland. Hierzu werden die unterschiedlichen Felder Internationaler Jugendarbeit (IJA) im Hinblick auf die Erfordernisse der Migrationsgesellschaft reflektiert und durch verschiedene Initiativen Strategien für die Integration Jugendlicher und junger Erwachsener in und durch die Internationale Jugendarbeit erprobt.

## PROJEKTLEITUNG

Prof. Dr. Andreas Thimmel  
Fakultät für Angewandte Sozialwissenschaften (KJFE)  
Institut für Kindheit, Jugend, Familie und Erwachsene  
andreas.thimmel@fh-koeln.de

## PROJEKTMITARBEIT

Dipl. Soz.-Arb. Yasmine Chehata M.A.  
Dipl.-Päd. Katrin Riß  
Fakultät für Angewandte Sozialwissenschaften  
Institut für Kindheit, Jugend, Familie und Erwachsene

## PROJEKTLAUFZEIT

September 2007 – Oktober 2010

## PROJEKTTRÄGER/

## FÖRDERNDE INSTITUTION/EN

IJAB e.V.- Fachstelle für Internationale Jugendarbeit der Bundesrepublik Deutschland e.V.  
JUGEND für Europa – Deutsche Agentur JUGEND IN AKTION  
Bundesministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend (BMFSFJ)

Im Rahmen der Kinder- und Jugendarbeit reagiert die Internationale Jugendarbeit mit diesem Projekt auf den empirischen Befund der fehlenden Teilhabe von Jugendlichen mit Migrationsgeschichte sowie auf den Mangel an Organisationen von und für Jugendliche mit Migrationgeschichte an den Aktivitäten, Strukturen und Netzwerken der Internationalen Jugendarbeit (IJA). Zentral ist die Suche nach Strategien eines adäquateren Umgangs mit den Implikationen des Migrationslandes Deutschland. Hierzu werden die unterschiedlichen Felder der IJA im Hinblick auf die Erfordernisse der Migrationsgesellschaft reflektiert und durch verschiedene Initiativen Strategien für die Integration Jugendlicher und junger Erwachsener in und durch die Internationale Jugendarbeit erprobt.

## „Wenn einer eine Reise tut ...“

Das Projekt umfasst bereits durchgeführte und noch umzusetzende Teilprojekte in den drei Kernbereichen (1) internationale Jugendbegegnung, (2) Europäischer Freiwilligendienst und (3) Fachkräfteaustausch:

### 1. Zentrales Ziel des Teilprojekts

„InterKulturell on Tour“ ist die Erhöhung des Anteils junger Menschen mit Migrationshintergrund in internationalen Jugendbegegnungen und pädagogischen Jugendreisen ins Ausland durch die verstärkte Kooperation von Fachorganisationen aus dem Migrationsbereich, Migrant(jugend)selbstorganisationen und Trägern der Internationalen Jugendarbeit. Im Sommer/Herbst 2009 fanden sich insgesamt 16 Projekte zu Tandems zusammen, um Jugendbegegnungen unter der Überschrift der interkulturellen Öffnung durchzuführen.

### 2. Das zweite Teilprojekt zielt auf die verstärkte Teilhabe junger Menschen mit Migrationshintergrund im Bereich des Europäischen Freiwilligendienstes (EFD), um ihnen im Rahmen bürgerschaftlichen Engagements gesellschaftliche Teilhabe in einem interkulturellen Lernfeld zu ermöglichen. Ergänzend sollen Erkenntnisse gewonnen werden, die auch auf die nationalen Freiwilligendienste und

die verstärkte Teilhabe Jugendlicher mit Migrationshintergrund übertragen werden können. Die am Projekt beteiligten Träger sind Ende 2009 gestartet.

### 3. Im Zentrum des dritten Teilprojekts steht der Bereich des binationalen Fachkräfteaustauschs als Format der Fort- und Weiterbildung von Fachkräften der Kinder- und Jugendhilfe. Gegenstand der Begleitforschung sind die binationalen Fachkräfteprogramme mit den Ländern Spanien und Türkei zum Thema Migration/Integration beziehungsweise für Zielgruppen aus der Arbeit mit jugendlichen Migrantinnen und Migranten. Es wird nach den Wirkungen auf das Professionalitätsverständnis der Teilnehmenden sowie nach dem Potenzial für eine innovative Praxisentwicklung der Kinder- und Jugendhilfe gefragt.

Das Konzept der Gesamtevaluation der drei Bereiche basiert auf der Erkenntnis, dass zentrale Fragestellungen und Probleme in allen drei Bereichen auf gleiche Konstellationen zurückzuführen sind und damit zur Erklärung eine Gesamtperspektive benötigen. Die systematische Analyse und gegenseitige Bezugnahme der drei Bereiche lässt ähnliche und vergleichbare Muster vermuten, die als die besonderen, spezifischen Potenziale von Internationaler Jugendarbeit herauszuarbeiten sind. Stichworte sind etwa Perspektivenerweiterung, interkulturelles Lernen, Ressourcenorientierung und Reflexivität.

## Konzept der Untersuchung und Ziel

In ersten Schritten wurden und werden die drei Teilprojekte des Modellprojekts „JIVE – Jugendarbeit international – Vielfalt erleben“ unter unterschiedlichen Fragestellungen analysiert. Mit vorwiegend qualitativen Erhebungsinstrumenten wurden Informationen gesammelt, die entsprechende Erkenntnisse zum Verhältnis von Interkulturalität und Internationalität ermöglichen. Auf Grundlage von Interviews, Fragebögen und teilnehmender Beobachtung konnten bereits erste Erkenntnisse zum Potential Internationaler Jugendbegegnungen formuliert werden (Chehata/Riß/Thimmel 2009).

Auf Grundlage einer teilnehmenden Beobachtung sowie einer Dokumentenanalyse konnten erste Aussagen zum Fachkräfteaustausch und seinen Potenzialen formuliert werden. Im Teilbereich des Europäischen Freiwilligendienstes werden voraussichtlich 14 Projekte, die im Rahmen des Modellprojektes Freiwillige entsenden, begleitet. Insgesamt wird ein formativer Evaluationsansatz verfolgt, der bereits während des Prozesses der Praxis vor Ort entsprechende Zwischenergebnisse spiegelt und so die Praxis auch weiterqualifiziert.

Ziel der wissenschaftlichen Begleitung ist es, die unter JiVE initiierten Aktivitäten im Bereich der Jugendbegegnung, des Jugendreisens

ins Ausland, des Fachkräfteaustauschs und des europäischen Freiwilligendienstes danach zu befragen, ob und wenn ja, welchen Beitrag sie zur Integration und zum Verständnis der Bundesrepublik als Einwanderungsland leisten können. Hierfür wird zum einen die strukturelle Öffnung im Sinne der Teilhabe der Vereine junger Migrantinnen und Migranten (VJM) am Fördersystem der IJA sowie die Teilhabe einzelner Jugendlicher mit Migrationshintergrund an Aktivitäten der Träger der IJA betrachtet. Zum anderen geht es um die individuellen Bildungsprozesse aller Teilnehmenden im Hinblick auf ihr Verständnis der Bundesrepublik als Einwanderungsland. In der Gesamtperspektive können die den verschiedenen Bereichen der IJA zugrunde

liegenden Lernmöglichkeiten, Lernpotenziale, und informellen Bildungsmöglichkeiten untersucht und systematisch zur Geltung gebracht werden. Dies wiederum leistet anhand einer konkreten und zentralen Thematik – Teilhabe Jugendlicher mit Migrationshintergrund und Bildungspotenzial des Internationalen für die Einwanderungsgesellschaft – einen wichtigen Beitrag zur Positionsbestimmung und Gesamtschau der Internationalen Jugendarbeit.

Andreas Thimmel

## Optimiertes Fundraising – Entwurf eines Planungsmodells

Die Schere zwischen Arm und Reich öffnet sich auch in Deutschland immer weiter. Das bisherige, aus Zeiten des Nationalstaats stammende System der (Zwangs-) Umverteilung über ein Steuersystem stößt an seine Grenzen. Im Rahmen des europäischen Einigungsprozesses und der Globalisierung gerät auch das nationale Steuersystem in Deutschland durch Steuerwettbewerb, Steuer-Dumping und Steuerflucht zunehmend unter Druck. In diesem Kontext wird die Frage der freiwilligen Umverteilung zwischen Reich und Arm durch Fundraising immer wichtiger. Das Beispiel der beiden reichsten Menschen der Welt, Bill Gates und Warren Buffet, die in den letzten Jahren Milliardenbeträge in eine gemeinnützige Stiftung eingebracht haben, zeigt, dass im Idealfall freiwillig sogar mehr umverteilt werden kann als durch die steuerliche Zwangsumverteilung. Aufgabe des Fundraising ist es, für eine Nonprofit-Organisation möglichst viele Ressourcen einzuwerben, damit diese ihre gemeinnützigen Ziele auch dann noch erreichen kann, wenn sich der Staat aufgrund sinkender Steuerspielräume zunehmend aus der Finanzierung zurückziehen muss. Dafür stehen dem Fundraising verschiedene Maßnahmen alternativ zur Verfügung: Ansprache von Privatpersonen, Unternehmen und Förderstiftungen. Die Herausforderung besteht darin, ein begrenztes Fundraising-Budget

in diejenige Kombination von Maßnahmen zu investieren, die den Gesamtertrag für die Organisation nicht nur kurz-, sondern auch mittel- und langfristig maximiert. Letztlich kann Fundraising somit als ein komplexes Optimierungsproblem betrachtet werden, das dem eines Vermögensverwalters nicht unähnlich ist. Auch ein Vermögensverwalter muss das ihm anvertraute Geld so in verschiedene Anlagealternativen investieren, dass der Gesamtertrag maximiert wird. Für diese anspruchsvolle Optimierungsaufgabe haben Finanzexperten im Laufe der Jahre leistungsfähige, EDV-gestützte Analyseinstrumente entwickelt und verfeinert. Etwas Vergleichbares steht Fundraising bislang leider nicht zur Verfügung. Es liegt auf der Hand, dass es dabei keine allgemeingültige Kombination von Fundraising-Maßnahmen geben kann, die für alle Organisationen gleichermaßen den Gesamtertrag optimiert. Dafür unterscheiden sich die verschiedenen Organisationen viel zu sehr in Größe, Alter, Thema, Image, Struktur und anderen Merkmalen. Jede Organisation ist demnach auf sich allein gestellt, wenn es darum geht, die für ihre individuelle Situation optimale Kombination von Fundraising-Maßnahmen zu finden. In der täglichen Praxis stellt sich deshalb für Fundraiser eine Reihe von Fragen:

- In welche Maßnahmen ist das Fundraising-Budget am besten investiert?

### ABSTRACT

Die Entwicklung eines Optimierungsmodells soll dazu beitragen, die Fundraising-Potentiale von Nonprofit-Organisationen besser zu erschließen und somit zu einer nachhaltigeren und verlässlicheren Finanzierung Sozialer Arbeit und anderer gemeinnütziger Anliegen beizutragen. Das Modell soll Entscheidungsunterstützung für eine optimierte Fundraising-Planung mit Hilfe geeigneter Kennzahlen liefern, die einerseits das volle Fundraising-Potential einer Organisation erschließt, andererseits aber die Kosten auf ein akzeptables Maß begrenzt.

### PROJEKTLEITUNG

Prof. Dr. Michael Urselmann  
Fakultät für Angewandte Sozialwissenschaften  
Institut für Angewandtes Management und Organisation in der Sozialen Arbeit  
michael.urselmann@fh-koeln.de

### PROJEKTPARTNER

Deutscher Fundraising Verband  
Fundraising Verband Austria  
Swissfundraising



- In welche Quellen des Fundraising (Privatpersonen, Unternehmen, Stiftungen, öffentliche Institutionen) ist das Budget am besten investiert?
- Welche Maßnahmen zahlen sich nicht nur kurz- sondern auch mittel- und langfristig am besten aus?
- Welche Kosten müssen bei den Investitionsentscheidungen berücksichtigt werden?
- Welche Investitionen ins Fundraising sind für die Spender der Organisation und die Öffentlichkeit akzeptabel?
- Wie erfolgreich sind die eigenen Fundraising-Investitionen im Verhältnis zu denen der wichtigsten konkurrierenden Organisationen?

Führt man sich vor Augen, dass das Fundraising-Budget einer Organisation in die Millionen gehen kann, wird der erhebliche Verantwortungsdruck auf die handelnden Fachleute unmittelbar nachvollziehbar. Leider hat die Fundraising-Praxis bei der Beantwortung dieser zentralen Fragen bislang kaum wissenschaftliche Unterstützung erfahren. Das hier vorgestellte Forschungsprojekt will dazu beitragen, diese Lücke zu schließen. Dazu wurde im Sommersemester 2009 ein praxisnahes Modell zur Optimierung des Fundraising bezüglich seiner Kosten und Erlöse auf analytischem Wege entworfen. Das Modell soll Entscheidungsunterstützung für eine optimierte Fundraising-Planung mit Hilfe geeigneter Kennzahlen liefern, die einerseits das volle Fundraising-Potential einer Organisation erschließt, andererseits aber die Kosten auf ein, für die wichtigsten Anspruchsgruppen (Stakeholder), akzeptables Maß begrenzt.

Getrieben durch einen zunehmenden Verdrängungswettbewerb hat das Fundraising in Deutschland (D), Österreich (A) und der Schweiz (CH), den sogenannten „DACH-Ländern“, in den letzten Jahren eine beachtliche Entwicklung genommen. Trotzdem konnte es den Wissens- und Erfahrungsvorsprung im anglo-amerikanischen Raum noch nicht vollständig aufholen. Gerade in Bezug auf die oben genannten Fragen erschien es daher reizvoll, den Kenntnis- und Erfahrungsstand amerikanischer Experten aus Wissenschaft und Praxis zu erforschen und daraus – nach kritischer Überprüfung der Übertragbarkeit auf europäische Verhältnisse – Empfehlungen für das Fundraising in den DACH-Ländern abzuleiten. Mit Unterstützung des Deutschen Fundraising Verbands, des schweizerischen Fundraising

Verbands „Swissfundraising“ und des Fundraising Verbands Austria wurden im Mai 2009 qualitative Interviews mit 22 amerikanischen und britischen Fundraising-Experten geführt. Dazu gehörten verschiedene Forscher des „Center on Philanthropy“ an der „Indiana University – Purdue University Indianapolis“ ebenso wie verschiedene Fundraising-Berater von „Grenzebach, Glier & Associates“ in Chicago und „Community Counselling Services“ in New York. Vertreter der amerikanischen Verbände „American Fundraising Professionals“, „Direct Marketing Association“ und „Urban Institute“ in Washington wurden ebenso befragt wie Vertreter des britischen Verbands „Fundraising Institute“ in London und mehrere Fundraising-Praktiker der Harvard University und der University of Chicago.

### **Optimierungsmodell und Benchmarking**

Entstanden ist ein Modell, mit dessen Hilfe Fundraising-Praktiker im Rahmen eines iterativen Verfahrens praxisnahe Unterstützung bei der Lösung des oben beschriebenen Optimierungsproblems erhalten. In das Modell wurden zum Teil neue Kennzahlen wie etwa der „Lifetime Value“ integriert, die bislang noch keine Anwendung in der Fundraising-Praxis der DACH-Länder gefunden hatten. Das Modell will auch Grundlage für professionelles Benchmarking sein. In Zusammenhang mit Fundraising soll unter Benchmarking ein systematischer und kontinuierlicher Prozess des quantitativen und qualitativen Vergleichens von Fundraising-Maßnahmen und – Prozessen verschiedener Organisationen anhand von Kennzahlen verstanden werden. Das Interesse an Benchmarking ist bei Organisationen in den DACH-Ländern in den letzten Jahren stark gestiegen. Wichtige Gründe dafür sind auch der zwischenzeitlich erreichte Professionalisierungsgrad, der sich ständig verschärfende Verdrängungswettbewerb und die gestiegenen Kosten im Fundraising. Zum Teil heftig geführte Kostendiskussionen innerhalb der Organisationen erhöhten den Bedarf an verlässlichen Vergleichszahlen ebenso wie ein wachsendes öffentliches Interesse an Effizienz und Effektivität von Nonprofit-Organisationen.

Neben der Entwicklung von Kennzahlen für ein Benchmarking wurde bei der Modellentwicklung auch die Optimierung der Höhe des Fundraising-Budgets untersucht. Diese Frage ist von Bedeutung, da in der Praxis die Höhe des Fundraising-Budgets für gewöhnlich

nicht hinterfragt, sondern als vorgegebene Größe akzeptiert wird. Tatsächlich dürfte die Höhe des Fundraising-Budgets einer Organisation nur in den seltensten Fällen das Ergebnis jährlich neu angestellter Optimierungsüberlegungen sein. Vielmehr scheint eine gewisse historische Kontinuität im Vordergrund der Überlegungen zu stehen. Ob eine substantielle Steigerung oder Kürzung des Fundraising-Budgets gegenüber den Vorjahren zu einer deutlichen Optimierung des Gesamterlöses führen könnte, wird nicht systematisch untersucht. Ein solches Vorgehen birgt die Gefahr, aufgrund eines zu geringen Fundraising-Budgets das Fundraising-Potential einer Organisation nicht voll zu erschließen. In der Konsequenz werden den Projekten zur Erreichung der Organisationsziele geringere Mittel zugeführt als möglich. Jede Organisation sollte sich deshalb etwa mit Hilfe des Optimierungsmodells kontinuierlich hinterfragen, ob nicht noch weitere Optimierungspotentiale – auch durch eine stärkere Veränderung des Fundraising-Budgets – erschlossen werden könnten. Es kommt nicht darauf an, als Organisation einen möglichst geringen Verwaltungskostenanteil zu haben, sondern das Optimum an möglicher Unterstützung der Projekte zu erschließen.

In den DACH-Ländern hat das Fundraising noch längst nicht sein volles Potential erschlossen. Es bestehen noch deutliche Wachstumspotentiale. Diese gilt es noch konsequenter und systematischer als in der Vergangenheit durch kontinuierliche Optimierung des Fundraising zu erschließen. Dazu möchte das entwickelte Modell beitragen. Erfolgreich kann es jedoch nur werden, wenn es von der Fundraising-Praxis aufgegriffen und mit ihr ständig weiterentwickelt wird. Im Interesse einer nachhaltigen und verlässlichen Finanzierung von Nonprofit-Organisationen wäre dies zu wünschen. Die erforderlichen zusätzlichen Anstrengungen würden sich auszahlen. Dies zeigen nicht zuletzt die amerikanischen Erfahrungen der letzten Jahre.

*Michael Urselmann*

## SIE SUCHEN KLUGE KÖPFE?

Die Fachhochschule Köln sorgt für akademisch qualifizierte Fachkräfte in rund 70 Studiengängen – von Architektur bis Wirtschaftsrecht. Gerne helfen wir Ihnen, mit Young Professionals in Kontakt zu kommen. Lernen Sie unsere Studierenden kennen in Praktika, über Projekte und Abschlussarbeiten.

Sprechen Sie uns an  
**Fachhochschule Köln**  
 Career Service  
 Betzdorfer Str. 2, 50679 Köln  
 Tel.: 0221/82 75-21 21  
 E-Mail: [career-service@fh-koeln.de](mailto:career-service@fh-koeln.de)

[www.fh-koeln.de](http://www.fh-koeln.de)

## wissen.schafft.werte

Die InnovationsAllianz der NRW-Hochschulen ist ein Netzwerk, dem rund 30 Hochschulen und Hochschul-Transfergesellschaften in Nordrhein-Westfalen angehören. Ziel ihrer Arbeit ist es, das Know-how aus Wissenschaft, Forschung und Technologie zielgerichtet in Kooperationen mit Unternehmen, Verbänden und öffentlichen Institutionen einzubringen und für den Forschungsstandort NRW zu werben.

Auf Anfrage von Unternehmen vermittelt die InnovationsAllianz passende Kooperationspartner für die Zusammenarbeit bei betriebswirtschaftlichen Fragen, Marketing und Marktanalysen, Produkt- und Technologieentwicklungen und vielem mehr. Die InnovationsAllianz ist außerdem Anlaufstelle für die Vergabe der Innovationsgutscheine der nordrhein-westfälischen Landesregierung.

[www.innovationsallianz.nrw.de](http://www.innovationsallianz.nrw.de)



**Service-Büro**  
 Riemenschneiderstr. 11  
 53175 Bonn

Telefon: 0-700-46666791 (0-700-innonrw1)  
 Internet: [www.innovationsallianz.nrw.de](http://www.innovationsallianz.nrw.de)  
 E-Mail: [InnovationsAllianz@innonrw.de](mailto:InnovationsAllianz@innonrw.de)

Fachhochschule Aachen • RWTH Aachen • Fachhochschule Bielefeld • Universität Bielefeld • Hochschule Bochum • Evangelische Fachhochschule Rheinland-Westfalen-Lippe • Universität Bonn • Hochschule Bonn-Rhein-Sieg • Fachhochschule Dortmund • Hochschul-Transfergesellschaft Dortmund mbH • Technische Universität Dortmund • Universität Duisburg-Essen • Fachhochschule Düsseldorf • Universität Düsseldorf • Fachhochschule Gelsenkirchen • Hochschule Hamm-Lippstadt • Fachhochschule Köln • KoelnTech Gesellschaft für angewandte Forschung mbH • Katholische Hochschule NRW • Rheinische Fachhochschule Köln • Universität zu Köln • Hochschule Ostwestfalen-Lippe • Fachhochschule Münster • Transferagentur Fachhochschule Münster GmbH • Universität Münster • Fachhochschule Südwestfalen • Hochschule Niederrhein • Universität Paderborn • Hochschule Rhein-Waal • Hochschule RuhrWest • Universität Siegen • Universität Wuppertal • Forschungstransfer-Stelle kirchlicher Fachhochschulen in NRW e.V.

Die InnovationsAllianz wird gefördert vom:

Ministerium für Innovation,  
 Wissenschaft, Forschung und Technologie  
 des Landes Nordrhein-Westfalen



Die InnovationsAllianz wird unterstützt von:





# Inhalt

**Schmitz, Klaus-Dirk**

TermTurk – Terminology for cross-cultural  
dialogue and specialized communication 32

Neue Terminologie-Lernmodule  
für die Automobilindustrie 33

**Siegemund, Jochen**

Virtuelles Museum und Kölner Sport 35

**Torrent-Lenzen, Aina**

Projekt: „Spanisch-deutsches  
Wörterbuch der Redewendungen“ 36

Sprache und Emotionen  
am Beispiel des Spanischen 37

MESSEN, KOMMUNIKATION,  
DESIGN

CLUSTER 2



# TermTurk – Terminology for cross-cultural dialogue and specialized communication

 TermTurk is a Civil Society Dialogue project funded by the European Union (EU) and implemented by Hacettepe University, Ankara. Hacettepe is one of the most renowned universities in Turkey. The consortium consists of five partners, id est Cologne University of Applied Sciences (Germany), Hacettepe and Baskent University (Turkey), University of Vienna (Austria), Politechnical University Timisoara (Romania) and two Associates, id est International Network for Terminology (TermNet) and International Information Centre for Terminology (Infoterm). The TermTurk project will contribute to the strengthening of the civil society dialogue between EU member states and Turkey, as the information related to the experience of the EU member states and good example practice would be conveyed to Turkey. The overall objective of the TermTurk project is to establish the foundations required for the determination of a national terminology policy and to form a body of human resources that is to work in this field. In order to achieve this the project focuses on raising awareness and increasing the knowledge of the general public, related non-government and government organizations about terminology research through sharing information and

implementing educational programs. One of the direct goals is the setting up of a Terminology Research Centre (TRC) at Hacettepe University in Ankara for the improvement of research and education in this field. It is expected to improve long term cooperation between the partner universities and stakeholders. The relationship that was forged between the Project Partners and Associates in the TermTurk project is expected to bear fruits through a permanent and long-term cooperation, information and experience sharing will be ensured even after project closure. Furthermore, it is expected that this cooperation would be increased with an MA program offering a dual or triple diploma.

Activities that were carried out in 2009 included a project meeting in Istanbul (April 2009), a 5-day training for 25 participants at Cologne University of Applied Sciences (June 2009), another 5-day training for 80 participants at Hacettepe University (August 2009), two expert meetings on terminology policy and terminology education (one in Timisoara in September 2009, one in Vienna in October 2009), an International Symposium in Ankara (November 2009) and the compilation of a scientific report.

*Klaus-Dirk Schmitz*

## ABSTRACT

The TermTurk project will contribute to the strengthening of the civil society dialogue between EU member states and Turkey, as the information related to the experience of the EU member states and good example practice would be conveyed to Turkey.

## PROJEKTL EITUNG

Prof. Dr. Klaus-Dirk Schmitz  
Fakultät für Informations- und  
Kommunikationswissenschaften  
Institut für Informations-  
management  
klaus.schmitz@fh-koeln.de



Abb. 1: Sharing ideas: Meeting of the international project group

# Neue Terminologie-Lernmodule für die Automobilindustrie

Im Rahmen des ELCAT-Projekts wird ein innovatives Lernsystem erstellt, das unter Anwendung crossmedialer Technologien eine Einweisung in die Prinzipien und Methoden der Terminologielehre und Terminologiarbeit bietet. Da Terminologieentwicklung in allen Produktentwicklungszyklen stattfindet, ist es notwendig, den daran beteiligten Mitarbeitern terminologisches Bewusstsein sowie Kenntnisse

über Prinzipien, Methoden und Werkzeuge der Terminologiarbeit zu vermitteln. Das Projekt wird

in Kooperation mit Vertretern aus der Automobilindustrie durchgeführt, die bei der Bedarfs- und Zielgruppenanalyse mitwirken und ihr Wissen über interne Abläufe sowie terminologisches Beispielmaterial einbringen. Die E-Learning-Plattform soll den Mitarbeitern dieser Unternehmen eine effektive Lernform bieten, die als Online-Weiterbildungskomponente bedarfs- und

zielgruppengerecht in den Arbeitsalltag integriert werden kann. Die Anwender sind beispielsweise Ingenieure im Bereich der Fahrzeugtechnik, die neue Begrifflichkeiten entwickeln, definieren und benennen, oder technische Redakteure, die Betriebsanleitungen, Wartungshandbücher oder technische Spezifikationen erstellen und dabei ebenfalls Terminologie schaffen und

konsistent verwenden müssen. Die

wissenschaftliche Herausforderung besteht darin,

sowohl theoretische als auch praxisorientierte Lerninhalte für

eine sehr heterogene Anwendergruppe auf einer E-Learning-Plattform unter Einbindung moderner elektronischer Werkzeuge didaktisch aufzubereiten. Da Automobilhersteller und Zulieferer größtenteils im Ausland produzieren und sich auch Absatzmärkte im nicht-deutschsprachigen Ausland finden, ist es unverzichtbar, bei der Wahl der E-Learning-Plattform darauf zu achten, dass

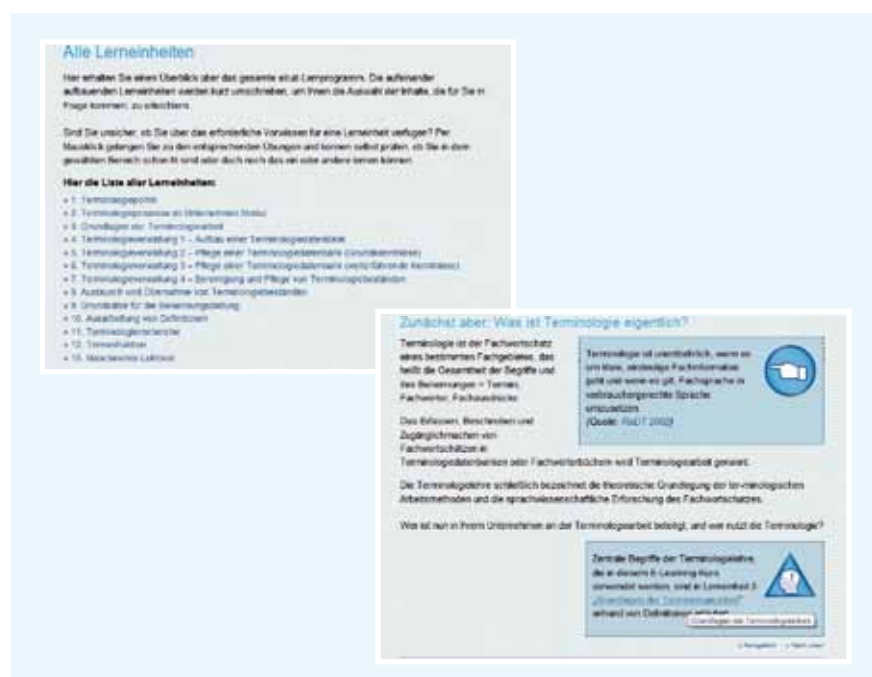


Abb. 1: E-Learning-Plattform für heterogene Anwender Gruppe

## ABSTRACT

Das ELCAT-Lernsystem bietet eine Einweisung in die Prinzipien und Methoden der Terminologielehre und Terminologiarbeit. Aufgrund immer schnellerer sowie komplexerer Entwicklungszyklen und wachsender mehrsprachiger Märkte erfordert der Umgang mit firmeninterner Terminologie erhöhte Aufmerksamkeit und fachliche Grundlagenkenntnisse. Dafür bietet dieser Kurs zielgruppengerechte Lernbausteine, die zur Optimierung der unternehmens- bzw. fachspezifischen Terminologiepflege innerhalb der Automobilindustrie durchgearbeitet werden können.



die Benutzeroberfläche und die Lerninhalte mehrsprachig bereitgestellt werden können. Auch die integrierte Terminologiedatenbank muss vom Ansatz her multilingual sein. Besonders kleinen und mittelständischen Unternehmen bietet sich mit dieser E-Learning-Anwendung die Chance, ihre wirtschaftliche Leistungsfähigkeit mit minimalem Aufwand zu verbessern. Aber auch große, international tätige Unternehmen können von den Kostenvorteilen einer planvollen Terminologiearbeit profitieren. Die Lernmodule sowie die aufgebaute Terminologiedatenbank sollen nach erfolgreichem Projektabschluss Ende 2010 auch als Basis

eines berufsbegleitenden Weiterbildungsstudiengangs mit Master-Abschluss dienen. Einzelne Komponenten können auch in andere technische oder wirtschaftswissenschaftliche Vollzeit-Curricula integriert werden. Durch die Konzeption der E-Learning-Anwendung wird nicht nur der Wissens- und Technologietransfer zwischen Hochschule und Industrie, sondern auch innerhalb der beteiligten Unternehmen durch eine bedarfs- und benutzerorientierte Wissensbereitstellung gefördert. Das ELCAT-Projekt wird mit Mitteln des Programms FHprofUnd (BMBF) gefördert und hat eine Laufzeit vom 1. Juli 2008 bis zum 31. Dezember 2010.

Klaus-Dirk Schmitz

## PROJEKTL EITUNG

Prof. Dr. Klaus-Dirk Schmitz  
Fakultät für Informations- und  
Kommunikationswissenschaften  
Institut für Informations-  
management  
klaus.schmitz@fh-koeln.de

## PROJEKTPARTNER

Audi Akademie GmbH  
(Stephan Hollewell, Diana Brändle)  
Volkswagen AG (Helmut Hertel)  
2W Technische Informations GmbH  
(Manfred Schönberg)  
SDL/Trados (Michael Wetzel)  
acrolinx GmbH (Ines Prusseit)  
IAI (An-Institut an der Universität  
des Saarlandes, Ursula Reuther)  
International Network for  
Terminology (TermNet,  
Blanca Nájera, Anja Drame)

## WISSENSCHAFTLICHE KOOPERATIONSPARTNER

Universität Wien  
University of Illinois (USA)  
Kent State University (Ohio, USA)  
Macquarie University  
(Sydney, Australien)

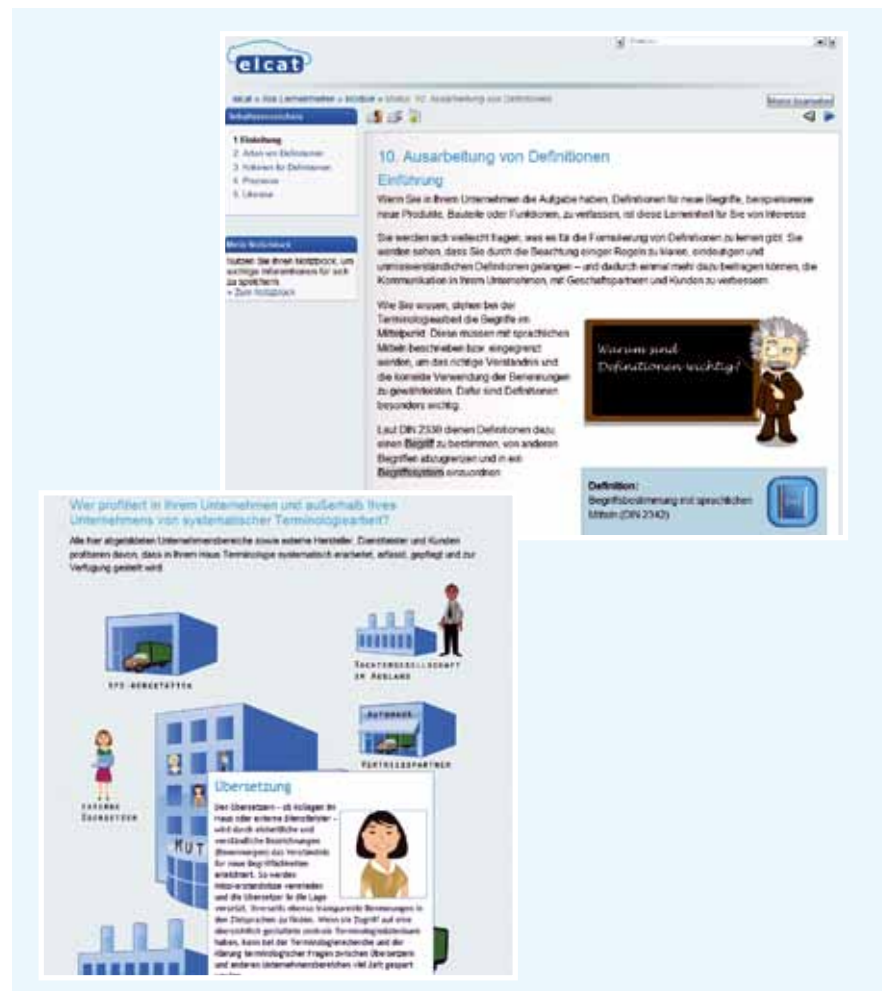


Abb. 2: Strukturierte Lernmodule

# Virtuelles Museum und Kölner Sport



Der Begriff „Museum“ ist sehr facettenreich. Beim Vergleich verschiedener Definitionen stellt man fest, dass ein Museum vor allem durch die Objekte definiert wird, die es sammelt, bewahrt und ausstellt. Eine zusätzliche Voraussetzung für das „virtuelle Museum“ ist die Herstellung digitaler Surrogate von diesen realen Objekten. In traditionellen Museen sind Exponate Bedeutungsträger. Sie stehen für ein bestimmtes Ereignis oder eine bestimmte menschliche Beziehung. Mit der Zuweisung von Bedeutung übernimmt der Museumsmacher Verantwortung für eine Auswahl, die nicht für jeden Ort und auch nicht für alle Zeit gleichermaßen gültig ist, sondern subjektiven und gesellschaftlichen Veränderungsprozessen unterliegt. Im Rahmen des interdisziplinären, von der RheinEnergieStiftung Jugend/Beruf, Wissenschaft geförderten, Forschungsprojekts wurde Anfang 2009 die Mitmachaktion „Cybersneaker“ gestartet. Kölner Bürger sollten bei der Entstehung des virtuellen Museums eingebunden werden: Gesucht werden Schuhe mit persönlicher Kölner Sportgeschichte, die nach Einsendung in Form eines Online-Spiels unter [www.cybersneaker.de](http://www.cybersneaker.de) im Internet bewundert werden können. Inzwischen konnten verschiedene Arten der Präsentation von digitalisierten Exponaten überprüft und die Erkenntnisse für die nächste Etappe, den Prototypen „Müngersdorfer Sportpark“, übernommen werden. Auch die Strukturierung des Ausstellungskonzepts auf zwei verschiedene Ebenen war ein Ergebnis der Untersuchung und wird in den nächsten Bearbeitungsschritten vertieft werden: zum einen die informative Orientierungsebene analog zum Eingangsbereich eines gebauten Museums, zum anderen die eigentliche Ausstellungsebene. Durch die gestalterische Anmutung und die Art der Darstellung werden unterschiedliche Räume geschaffen, die im „virtuellen museum // köln sport“ besucht werden können.

## Spielerisch erleben, körperlich betätigen

Wenn man sich mit Sport virtuell auseinandersetzt, darf die reale sportliche Betätigung nicht zu kurz kommen. Daher soll eine

Rückkopplung der virtuellen Museumsinhalte mit dem realen Stadtraum umgesetzt werden. Eine neue Art von Computerspielen, sogenannte „pervasive und ubiquitous games“ oder „location based games“, nutzen moderne Kommunikations- und Ortungsgeräte für eine Real-Umsetzung digitaler Spiele. Hier wird der urbane Stadtraum zum Spielfeld und die Spieler zur aktiven Spielfigur. Auch für das virtuelle Museum bietet es sich an, eine sportlich-spielerische Auseinandersetzung mit dem realen Stadtraum zu ermöglichen und Spielaktionen zu konzipieren, in denen Kölner Sportgeschichte erlebbar wird. Dies eröffnet zahlreiche Möglichkeiten, ein neuartiges didaktisches Vermittlungskonzept zu erstellen und die Museumsbesucher generationsübergreifend mit Hilfe spielerischer Elemente aktiv einzubinden und zur körperlichen Betätigung zu animieren.

Im Kern der Überlegungen zur Softwareentwicklung des virtuellen museums // köln sport stand in der ersten Projektphase die Frage: Wie kann das besondere Erlebnis „Museum“ in den virtuellen Raum transferiert werden, und wie kann eine gute „User Experience“ erreicht werden. Im interdisziplinären Projektteam wurde dazu eine Haltung entwickelt und dessen technische Realisierbarkeit iterativ überprüft. Zur Schaffung einer umfassenden technischen Basis als Gestaltungsgrundlage wurde mit Hilfe einer morphologischen Analyse (Abb. 1) eine mehrdimensionale Matrix von nutz- und gestaltbaren Darstellungs- und Interaktionsmöglichkeiten erstellt. Die einzelnen Elemente wie etwa Helligkeit, Textur, Fokussierung, Kommentieren, Klappen oder Drehen wurden hinsichtlich ihrer inhaltlich-gestalterischen aber auch ökonomisch-technischen Eignung geprüft. Ergebnis ist eine Gruppe von Gestaltungselementen, Transformationen und Interaktionen. Einige wurden autark prototypisch umgesetzt und evaluiert, andere wurden im Teilprojekt „Cybersneaker“ realisiert und geprüft.

*Jochen Siegemund*

## ABSTRACT

Um die Vielzahl an Dokumenten und Exponaten zum Thema Kölner Sport für die Öffentlichkeit zugänglich zu machen, wird seit April 2008 an dem Konzept für ein virtuelles Museum gearbeitet. Die interdisziplinäre Forschungsgruppe befasst sich neben der Vermittlung der Inhalte hauptsächlich mit der Entwicklung einer Kommunikations- und Austauschplattform mit spielerisch interaktiven Elementen. Um bereits in der Entstehungsphase Kölner Bürger mit einzubinden, wurde zunächst das Projekt „Cybersneaker“ umgesetzt und daraus gewonnene Erkenntnisse für die Entwicklung eines Prototypen mit dem Thema „Müngersdorfer Sportpark“ verwendet. In einer nächsten Projektphase sollen Konzepte für mögliche Schnittstellen zwischen „virtuellem“ und „physisch-realem“ Raum entwickelt werden.

## PROJEKT BETEILIGTE

Prof. Jochen Siegemund  
[jochen.siegemund@fh-koeln.de](mailto:jochen.siegemund@fh-koeln.de)  
 Dipl.-Ing. Lena Hocke  
[lena.hocke@fh-koeln.de](mailto:lena.hocke@fh-koeln.de)  
 Fakultät für Architektur  
 FSP Corporate Architecture  
 Prof. Dr. Winfried Kaminski,  
 FSP Wirkung Virtueller Welten,  
[winfred.kaminski@fh-koeln.de](mailto:winfred.kaminski@fh-koeln.de)  
 Prof. Dr. Jürgen Fritz  
 FSP Wirkung Virtueller Welten  
[juergen.fritz@fh-koeln.de](mailto:juergen.fritz@fh-koeln.de)  
 Dipl.-Soz.Päd. Horst Pohlmann  
[horst.pohlmann@fh-koeln.de](mailto:horst.pohlmann@fh-koeln.de)  
 Fakultät für Angewandte Sozialwissenschaften  
 Prof. Dr. Christian Noss  
 Fakultät für Informatik  
[christian.noss@fh-koeln.de](mailto:christian.noss@fh-koeln.de)  
 Prof. Dr. Manfred Lämmer  
 Dr. Gabi Langen  
 Institut für Sportgeschichte  
 (Deutsche Sporthochschule Köln)  
 Projektpartner  
 RheinEnergieStiftung Jugend/  
 Beruf, Wissenschaft



# Projekt: „Spanisch-deutsches Wörterbuch der Redewendungen“

## ABSTRACT

Ziel dieses Projekts ist die Verfassung eines spanisch-deutschen Wörterbuchs der idiomatischen Phraseologismen. Der Begriff „idiomatischer Phraseologismus“ ist der fachliche Terminus für die populäre Bezeichnung „Wendung“. Dabei handelt es sich um mehr oder weniger fixierte Wortgruppen, die zusammen einen Sinn ergeben, der durch die Bedeutung der einzelnen Komponenten nicht erschlossen werden kann. Es soll ein wissenschaftliches Standard-Nachschlagewerk entstehen, das ungefähr 16.000 Redewendungen und mehr als 1.000 Seiten umfasst – unverzichtbar sowohl für die Vertiefung der Kenntnisse der spanischen Sprache als auch beim Übersetzen. Die Zielgruppe sind deutsche Muttersprachler.

## PROJEKTLÉITUNG

Prof. Dr. Aina Torrent-Lenzen  
Fakultät für Informations- und Kommunikationswissenschaften  
Institut für Translation und Mehrsprachige Kommunikation  
aina.torrent\_lenzen@fh-koeln.de

## PROJEKTBETEILIGTE

Jutta Beßler, Michael Erkelenz,  
María Teresa Marín Martínez,  
Lucía Uría Fernández,  
Maximilian Bitterwolf, Boris Mauricio  
Chávez Guzmán, Elisabeth Henk,  
Miriam Irle, Silvia Ivanuscha-Gómez,  
Claudia Marks, María José Nägler,  
Sonja Liesen, Claudio Ostrogovich,  
Martina Stahl, Marina Thiel,  
Anja de Werth, Dr. Ulrike Becker,  
Petra Eberwein, Daniela Lenzen

**Z**iel dieses Projekts ist die Verfassung eines spanisch-deutschen Print-Wörterbuchs der Redewendungen des europäischen Spanisch. Es soll ein wissenschaftliches Standard-Nachschlagewerk werden, das ungefähr 16.000 Redewendungen und mehr als 1.000 Seiten umfasst, unverzichtbar sowohl für die Vertiefung der Kenntnisse der spanischen Sprache als auch beim Übersetzen. Die Zielgruppe sind deutsche Muttersprachler. Dieses umfangreiche Projekt entstand im Jahre 2002 angesichts der Markt- beziehungsweise wissenschaftlichen Lücke in diesem Bereich. Sicherlich findet der deutschsprachige interessierte Leser einige solcher Redewendungen in den vorhandenen zweisprachigen Wörterbüchern, doch dies zu einem relativ kleinen Prozentsatz. Außerdem sind die meisten Redewendungen in den üblichen Wörterbüchern zu pauschal, wenn nicht gar falsch übersetzt.

Redewendungen – auch (idiomatische) Phraseologismen oder (idiomatische) phraseologische Einheiten genannt – lassen sich durch ihre Fixiertheit und ihre Idiomatizität charakterisieren, wobei der Grad, in dem sich diese Aspekte in jedem Phraseologismus bemerkbar machen, sehr unterschiedlich sein kann. Wir werden phraseologische Einheiten präsentieren, die einen Mindestgrad an Idiomatizität aufweisen. Ein Wörterbuch bedeutet stets eine Selektion der vielen Elemente, die in einer Sprache vorkommen. Unsere Richtlinien hierzu entsprechen einer breiten Sicht innerhalb dessen, was man unter einer engen Definition der Phraseologie versteht.

Unsere wichtigste Quelle bei der Erfassung der spanischen Phraseologismen ist das Wörterbuch von Manuel Seco, Olimpia Andrés und Gabino Ramos (2004): *Diccionario fraseológico documentado del español actual*, Madrid: Aguilar. Unsere Arbeit basiert jedoch genauso auf „klassischen“ Werken wie etwa dem Wörterbuch der Real Academia oder dem María Moliner. In unserem Wörterbuch werden alle Phraseologismen mit Beispielen versehen, um sie in einem authentischen Kontext besser verständlich zu machen.

Diese werden allesamt ins Deutsche übersetzt. Als Quelle für die Beispiele verwenden wir das Internet als der ständig aktualisierte, umfangreichste Korpus der lebendigen spanischen Sprache. Wir sind der Meinung, dass von den vielen Funktionen, die die lexikographischen Beispielen aufweisen, die definitorische die wichtigste ist. Die definitorische Funktion bezieht sich auf die Fähigkeit eines Beispiels, alle semantisch-pragmatischen Aspekte der zu definierenden Wendung deutlich zu machen. Die definitorische Funktion ist um so wichtiger, wenn man bedenkt, dass die Bedeutung der meisten Wendungen kontextabhängigen Schwankungen unterliegt.

Bei der Suche nach geeigneten Äquivalenten taucht sehr oft die Gefahr der „falschen Freunde“ auf. Die Strategie, sich durch die Ähnlichkeit der Komponenten verschiedener Wendungen der Ausgangs- und Zielsprache leiten zu lassen, ist, wenn man sie nicht mit großer Vorsicht und analytischem Verstand anwendet, einfach falsch. Diese Neigung von Seiten der Übersetzer, phraseologische Äquivalente zu suchen, auch wenn diese nicht vorhanden sind, hat dazu geführt, dass Wörterbücher zahlreiche „falsche Freunde“ im Bereich der Phraseologie aufweisen.

In Bezug auf die angewandte Methode ist zu sagen, dass unser Wörterbuch einerseits unter streng wissenschaftlichen Kriterien – hauptsächlich aus dem Bereich der linguistischen Pragmatik – entsteht, andererseits werden jedoch auch die didaktisch-pädagogischen und stets benutzerfreundlichen Richtlinien einem breiten Publikum den Zugang zu unserem Werk ermöglichen.

Die fünf Autoren des Wörterbuchs sind Projektleiterin Dr. Aina Torrent-Lenzen, promovierte und habilitierte Sprachwissenschaftlerin, Professorin an der Fachhochschule Köln und Privatdozentin an der Universität Wien, sowie vier ehemalige Studierende der Fachhochschule Köln – in alphabetischer Reihenfolge: Jutta Beßler, Michael Erkelenz, María Teresa Marín Martínez und Lucía Uría Fernández. Projektleiterin Frau Dr. Aina Tor-

rent-Lenzen ist unter anderem Mitglied in der Europäischen Gesellschaft für Phraseologie (EUOPHRAS) sowie in der Asociación Española de Estudios Lexicográficos (AELEX).

An diesem Projekt beteiligen sich darüber hinaus elf Studierende beziehungsweise ehemalige Studierende der Fachhochschule Köln (in alphabetischer Reihenfolge: Maximilian Bitterwolf, Boris Mauricio Chávez Guzmán, Elisabeth Henk, Miriam Irle, Silvia Ivanuscha-Gómez, Claudia Marks, María José Nögler, Sonja Liesen, Claudio Ostrogovich, Martina Stahl, Marina Thiel und Anja de Werth) sowie zwei weitere Mitarbeiter (Dr. Ulrike Becker, Petra Eberwein und Daniela

Lenzen). Dank des Engagements aller Autoren und Mitarbeiter konnten wir bereits elf Buchstaben fertigstellen. Unserem Plan gemäß soll unser Werk als Print-Wörterbuch in ca. sieben Jahren beim Hamburger Buske-Verlag erscheinen.

Wir sind davon überzeugt, dass unser Wörterbuch eine große Bedeutung für die nachkommenden Generationen von deutschsprachigen Hispanisten sowie Studierenden, Übersetzern und Liebhabern der spanischen Sprache haben wird.

*Aina Torrent-Lenzen*

## Sprache und Emotionen am Beispiel des Spanischen

**D**as Ziel dieses Forschungsprojekts ist es, eine Monographie über die Beziehungen zwischen Emotionen und Sprache am Beispiel des Spanischen zu erstellen. Zum einen habe ich einen theoretischen Rahmen geschaffen, der mir erlaubt, aus der Sicht der Pragmatik Kategorien zu schaffen, um die diffuse Welt der Emotionen erfassen und analysieren zu können. Nach diesem Modell gibt es drei Dimensionen, in denen die Welt der Affekte zurückgeführt werden kann: Qualität, Intensität und Aktivität. Die Qualität bezieht sich auf die Art der Emotion wie etwa Freude, Trauer, Verachtung oder Verwunderung, die Intensität auf den Grad der Ausprägung, des Empfundenen und die Aktivität auf mentale und psycholinguistische Vorgänge, die der Sprecher im Zusammenhang mit den kommunizierten Emotionen durchführt und die ich in folgende Unterkategorien erfasste:

- a) es werden Bewertungen unternommen;
- b) es kommen Nähe und Empathie beziehungsweise Distanz ins Spiel;
- c) es wird auf Evidentialität Bezug genommen. So treten etwa Zweifel über das Gesagte beziehungsweise über eventuelle Absichten auf. Es wird auf die Gültigkeit des Gesagten hingewiesen;
- d) es werden Repräsentationen aktualisiert.

Dabei spielt die Selbstdarstellung beziehungsweise die Subjektivierung eine wichtige Rolle;

- e) Volition kommt ins Spiel (Wollen oder Nicht-Wollen, Wünsche, Absichten);
- f) es sind Erwartungen, vorgefasste Meinungen vorhanden.

Darüber hinaus habe ich die Vermittlung von Emotionen durch die Verwendung von Phraseologismen und ebenfalls von Modalpartikeln untersucht. Diese Aspekte sollen jeweils ein Kapitel in der endgültigen Monographie bilden. Bezüglich der „Vermittlung von Emotionen durch den Gebrauch von Modalpartikeln“ habe ich einen ausführlichen Artikel geschrieben, der in der Fachzeitschrift *Estudios Románicos* veröffentlicht wurde. Darin habe ich folgende Thesen aufgestellt: eine der wichtigsten Funktionen der Modalpartikel ist das Kundtun von emotionalen Zuständen. Das hängt damit zusammen, dass diese Wörter eine starke Poliphonie aufweisen – sie beziehen sich nicht nur auf die Einstellung des Sprechers, sondern auch auf die Einstellung, die der Meinung des Sprechers nach der Gesprächsteilnehmer vertritt. Diese These widerspricht der in der heutigen Sprachwissenschaft oft vertretene Ansicht, Modalpartikel seien bloße pragmatische Instruktionen ohne jegliche emotionale Funktion.

*Aina Torrent-Lenzen*

### ABSTRACT

Ziel des Forschungsprojekts ist es, eine Monographie über die Beziehungen zwischen Emotionen und Sprache am Beispiel des Spanischen zu erstellen. Zunächst wurde ein theoretischer Rahmen geschaffen, der es möglich macht, Emotionen zu erfassen und zu analysieren. Unter Verwendung von Phraseologismen und Modalpartikeln konnte auf dieser Basis auch die Vermittlung von Emotionen untersucht werden.

### PROJEKTLEITUNG

Prof. Dr. Aina Torrent-Lenzen  
Fakultät für Informations- und Kommunikationswissenschaften  
Institut für Translation und Mehrsprachige Kommunikation  
aina.torrent\_lenzen@fh-koeln.de



# Inhalt

## **Bergmann, Ulrike**

Forschungsschwerpunkt  
„Art Materials in Medieval Cologne“ 40

## **Fuchs, Robert/Leisen, Hans**

Erforschung der frühen Wandmalereien in Kambodscha 41

## **Fuchs, Robert/Beinlich, Horst**

Rekonstruktion der farblichen Fassung  
des Tempels von Philae 42

## **Stauffer, Annemarie**

Bekleidung im römischen Reich als Identitätsträger 45

Untersuchungen zur Materialität von Kölner  
Textilien im Mittelalter 47

Textile Luxusgüter in den Frauenstiften 47

## **Werling, Michael**

Die Grabdenkmäler auf dem Ehrenfelder Friedhof 48

Bauforschung in der „Unterwelt“ von Traben-Trarbach 48

Geophysikalische Untersuchungen an der  
Stiftskirche zu Bad Münstereifel 49

BAUDENKMALPFLEGE  
UND RESTAURIERUNG

CLUSTER 3



# Forschungsschwerpunkt „Art Materials in Medieval Cologne“

**A**m Institut für Restaurierungs- und Konservierungswissenschaft wurde von Ulrike Bergmann, Annemarie Stauffer und Doris Oltrogge ein neuer Forschungsschwerpunkt zur Erforschung und Dokumentation der Kölner Kunstmaterien des Mittelalters begründet: „Art Materials in Medieval Cologne“. Dieser Forschungsschwerpunkt soll zunächst dazu dienen, die Materialien aus den zahlreichen Forschungsprojekten zur Kölner Kunst, die am Institut über Jahre zusammengetragen wurden, zu erschließen und in einer Datenbank festzuhalten. Gleichzeitig und im Anschluss sind weitere Untersuchungen Kölner Kunstwerke aus dem Mittelalter notwendig. Diese erfolgen in Zusammenarbeit mit Kollegen aus Kunstgeschichte, Geschichte und Restaurierung in Museen, Archiven und in der Denkmalpflege.

In den ersten Monaten wurde intensiv an dem Erstellen einer Datenbankstruktur gearbeitet, die es ermöglichen soll, Objekte aller unterschiedlichen Kunstgattungen gleichermaßen in ihrer Materialität zu erfassen. Diese Arbeit erfolgte in Zusammenarbeit mit dem Kunsthistoriker Kai-Uwe Holze, der nun bereits mit der Eingabe von Objekten aus dem Gebiet der Kölner Skulptur begonnen hat. Die Datenbank soll in einem weiter ausgereiften Zustand mit ihren detaillierten Informationen der Fachwelt aus Kunstgeschichte und Restaurierung als Arbeitsgrundlage zur Verfügung gestellt werden. Gleichzeitig wurde mit technologischen Untersuchungen an bisher nicht grundlegend erforschten Kölner Werken aus dem Gebiet der Skulptur begonnen. Regina Urbanek, Ulrike Bergmann und der freiberuflich tätige Holzspezialist Jürgen Bandsom konnten den einzig erhaltenen Kölner Holzschrein aus dem 14. Jahrhundert in seinem Bestand genau untersuchen und damit Erkenntnisse über eine Kölner Werkstatt gewinnen, die sich auf die Herstellung von Altären und Schreinen spezialisiert hatte: Der Antoninusschrein aus St. Johann Baptist in Köln

birgt die Gebeine der Heiligen Antonina und sechs weiterer Jungfrauen aus der Schar der Kölner Stadtpatronin, der Heiligen Ursula. Der Schrein steht nun der Kunstgeschichte zur weiteren Forschung zur Verfügung, da erstmals die ergänzten Teile des 19. Jahrhunderts identifiziert wurden und nun Klarheit über den mittelalterlichen Bestand besteht (Publikation in *Colonia Romanica* 2010). Weitere Forschungen erfolgten zu einem thronenden Bischof aus St. Sebastian in Bonn-Poppelsdorf, der aufgrund von Restaurierungsarbeiten in der Kirche in Zusammenarbeit mit dem Rheinischen Landesmuseum in Bonn (Katharina Liebetrau) erstmals genau untersucht werden konnte (Bergmann, Urbanek).

In Kooperation mit dem Mittelrhein-Museum in Koblenz wurde der dortige Bestand an Kölner Skulptur untersucht und auf die Materialien hin genau geprüft. Auch auf dem Gebiet der Kölner Handschriften und Archivalien (Doris Oltrogge) sind bald neue Forschungsergebnisse zu erwarten, da sich viele Werke nach dem Einsturz des Historischen Archivs in den Papierwerkstätten des Instituts befinden und dort für eine erstmals genaue Untersuchung zur Verfügung stehen. Ganz neue Ergebnisse werden auf dem Gebiet der Kölner Textilien und der Kleinkunst erwartet, für die grundlegende Forschungen nötig sein werden.

Die Kölner Tafelmalerei, die sich größtenteils in den Sammlungen des Wallraf-Richartz-Museums befindet, wird zeitgleich in einem ähnlichen Projekt erfasst. Eine enge Zusammenarbeit ist geplant. Die Forschungen zur Materialität von Kölner Kunstwerken sollen jedoch nicht Selbstzweck des Forschungsschwerpunkts sein. Vielmehr sollen sie die Grundlage für neue Erkenntnisse zur Kölner Wirtschaftsgeschichte bilden, Auskunft geben über Handel und Gewerbe in der damals bedeutendsten Wirtschaftsmetropole, über Künstler und ihre Werkstattgepflogenheiten, über die Handelswege und Märkte.

*Ulrike Bergmann*

## ABSTRACT

Am Institut für Restaurierungswissenschaft wurde ein neuer Forschungsschwerpunkt ins Leben gerufen: „Art Materials in Medieval Cologne“. Sein Ziel ist zunächst die Erfassung bisheriger Forschungen zur Materialität Kölner Kunst in einer Datenbank. Weitere technologische und kunsthistorische Untersuchungen werden folgen. Abschließend sollen die Daten der Erforschung der Wirtschaftsgeschichte und der Handelswege der mittelalterlichen Metropole Köln dienen.

## PROJEKTLÉITUNG

Prof. Dr. Ulrike Bergmann  
ulrike.bergmann@fh-koeln.de  
Prof. Dr. Annemarie Stauffer  
annemarie.stauffer@fh-koeln.de  
Dr. Doris Oltrogge  
doris.oltrogge@fh-koeln.de  
Fakultät für Kulturwissenschaften  
Forschungsschwerpunkt  
„Art Materials in Medieval Cologne“  
Institut für Restaurierungs- und  
Konservierungswissenschaften

# Erforschung der frühen Wandmalereien in Kambodscha

Seit Jahren ist das Team von Professor Leisen des CICS (Cologne Institute of Conservation Sciences) tätig, die Tempel von Angkor Vat zu restaurieren und zu untersuchen. Bei diesen Arbeiten entstand die Idee, nach verloren gegangenen Wandmalereien zu suchen. Daher sprach mich Professor Leisen 2008 an, ob studienübergreifend nicht Untersuchungen durchgeführt werden könnten, um Reste von Vorzeichnungen oder von Wandmalereien aus dem 9. und 10. Jahrhundert sichtbar zu machen wären. Mit dem Equipment der IR-Bandpassfilter-Reflektographie aus unserem Labor untersuchten wir die Reste der mit Kohle ausgeführten Vorzeichnungen. Erschwerend kam immer dazu, dass die Tempel in den vergangenen Jahrhunderten direkt dem tropischen Wetter ausgesetzt waren, so dass nicht selten die

Dächer eingestürzt oder beschädigt waren. Trotzdem war es in zwei Tempeln möglich, die unter den Schmutzschichten liegenden Vorzeichnungen wieder sichtbar zu machen. Die Ergebnisse wurden von Susanne Runkel, einer Studentin des Wand-/Steinbereiches, in ihrer Diplomarbeit systematisch erfasst und ausgewertet. Somit wurde ein wichtiger Meilenstein bei der Erfassung der frühesten Wandmalereien Kambodschas erreicht. Bisher waren diese Malereien von Archäologen nie vermutet und gefunden worden. Die Ergebnisse sind in der Diplomarbeit nachlesbar. Die schwierigen Arbeitsituationen und die Restaurierungsbestrebungen in Kambodscha im tropischen Wetter des Dschungels sind in Form von zwölf Filmen bei DFG Science-TV im Internet (<http://www.dfg-science-tv.de/de/projekte/tempelpflege/2008-06-10>) nachzuvollziehen.

Robert Fuchs/Hans Leisen



Abb 1: Untersuchung der bemalten Wände des Tempels von Koh Ker, Kambodscha mit der Bandpassfilter-IR-Reflektographie



Abb 2: Unter Schmutz und Algen kommen vereinzelt die Vorzeichnungen einer heute nicht mehr sichtbaren Wandbemalung aus dem 9./10. Jh. zum Vorschein.

## ABSTRACT

Bei dieser studienübergreifenden Untersuchung ging es darum, Reste von Vorzeichnungen oder Wandmalereien aus dem 9. und 10. Jahrhundert in den Tempeln von Angkor Vat sichtbar zu machen – was zumindest in zwei Tempeln gelang. Damit wurde ein Meilenstein bei der Erfassung der frühesten Wandmalereien in Kambodscha gesetzt.

## PROJEKTDURCHFÜHRUNG

Prof. Dr. Robert Fuchs  
Prof. Dr. Hans Leisen  
Dipl.-Rest. Sabine Runkel  
Fakultät für Kulturwissenschaften  
CICS – Institut  
für Restaurierungs- und  
Konservierungswissenschaft Köln  
[robert.fuchs@fh-koeln.de](mailto:robert.fuchs@fh-koeln.de)  
[hans.leisen@fh-koeln.de](mailto:hans.leisen@fh-koeln.de)

## PROJEKTPARTNER

Auswärtiges Amt – Kulturerhalt, BRD  
German APSARA Conservation Project at Angkor Cambodia (GACP)



# Rekonstruktion der farblichen Fassung des Tempels von Philae

In der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften, im Langzeitprojekt „Altägyptisches Wörterbuch“, sind etwa 700 Kisten mit je 30–60 Abklatschen von Tempeln und Grabwänden Ägyptens vorhanden. Davon sind 180 Kästen mit Abklatschen von den Tempelwänden der Tempel von der Insel Philae gefüllt, die erst etwa zur Hälfte identifiziert und katalogisiert wurden. Die Abklatsche sind etwa 68 x 47 cm groß und stammen in ihrer überwiegenden Mehrzahl von der Expedition der Berliner Akademie der Wissenschaften nach Nubien in den Jahren 1908 bis 1910.

## Vorgeschichte

Die Tempel von Philae – auf der Insel südlich des 1. Nilkataraktes ist ein ganzer Komplex von einzelnen Tempeln erhalten – waren schon in der Antike berühmt. Bis lange nach der Einführung des Christentums in

Ägypten wurde hier am Kult der Isis festgehalten. Erst im Jahre 535, unter Kaiser Justinian, wurden die Tempel geschlossen und zum Teil in christliche Kirchen umgewandelt. Von Philae stammt die letzte datierte altägyptische Inschrift (452 n. Chr.). Durch den 1899 errichteten ersten Staudamm wurde die Insel Philae stark beeinträchtigt. Der Wasserstand erhöhte sich beträchtlich und überschwemmte saisonbedingt Teile der Tempelanlage, besonders nachdem der Staudamm 1907–1912 und 1929–1934 immer weiter erhöht wurde (Abb. 1). Diese Bedrohung war ein Grund für deutsche Expeditionen, die Inschriften der Tempelanlage sichern sollten. Dabei wurden Abklatsche der Wände gemacht, indem man nasse Papierblätter auf die Wandreliefs klatschte, die nasse Masse in die Vertiefungen drückte und nach dem Trocknen wieder abnahm. Auch wurden viele Photogra-

## ABSTRACT

In dem vorliegenden Projekt konnte gezeigt werden, dass es möglich ist, die ursprüngliche Farbigkeit der Reliefs der Tempel von Philae wenigstens teilweise zu rekonstruieren. Die naturwissenschaftliche Analyse kann den Farbwert wieder in der ursprünglichen Weise wiedergeben. Doch leider sind weitere Feinheiten der Binnenzeichnung ohne Probennahme nicht möglich.

## PROJEKTDURCHFÜHRUNG

Prof. Dr. Robert Fuchs  
Fakultät für Kulturwissenschaften  
CICS – Institut für Restaurierungs- und Konservierungswissenschaft Köln  
robert.fuchs@fh-koeln.de  
Prof. Dr. Horst Beinlich  
Universität Würzburg,  
Ägyptologisches Seminar  
horst.beinlich@uni-wuerzburg.de

## PROJEKTPARTNER

Gerda Henkel-Stiftung, Düsseldorf  
Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften



Abb. 1: Kiosk des Tempels von Philae im steigenden Wasser des Staudamms.



Abb. 3: Abklatsch eines Wandreliefs des Tempels von Philae. Durch den Abklatschvorgang wurde viel Farbpigment der blaue Krone des Pharaos auf das Papier übertragen.

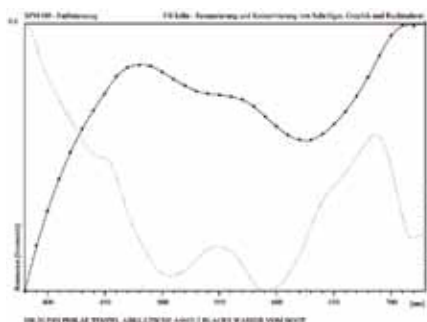


Abb. 2: Farbkurve der blauen Farbreste aus dem Abklatsch A4603-3 (Ägyptisch Blau)



Abb. 4: Messplatz in der Berlin-Brandenburgischen Akademie Berlin. Im Hintergrund Prof. Beinlich.

phien (schwarz/weiß) gemacht. Die größte Zahl der Abklatsche konnte 1904–1907 gemacht werden, kurz bevor die Tempel zunehmend im Wasser standen. Zu dieser Zeit war die Tempelanlage nur hin und wieder bei besonders hohen Fluten überschwemmt. Mit dem Bau des Neuen Staudamms in Assuan, 1960–1971, wurden die Tempel völlig überflutet. 1971–1981 siedelte man die Tempel im Auftrag der UNESCO um. Zu dieser Zeit waren jedoch die Farben schon weitestgehend abgewaschen.

Eine frühere Serie von Abklatschen stammt aus der Zeit um etwa 1850 bis 1895, eine weitere Serien aus der Zeit vor 1907. Von keinem anderen ägyptischen Tempel gibt es so viel Abklatsche wie von den Tempeln von Philae. Da die Technik die Gefahr birgt, auch Farbschichten von der Oberfläche abzunehmen, wurde sie etwa ab 1910 verboten. Ergänzend dazu sind von der gleichen Expedition etwa 2500 s/w-Photos, zumeist Glas-Negative erhalten, davon rund 2/3 die Tempel von Philae betreffend. Die s/w-Negative wurden in den vergangenen Jahren am Ägyptischen Institut der Universität Würzburg digitalisiert. Sie dienen als Orientierungshilfe für die spätere Zuordnung der Abklatsche.

### Untersuchung der Farbreste

Die in Berlin gelagerten Abklatsche bewahren noch genügend Farbmateriale (Abb. 3), aus denen sich die ursprüngliche Bemalung des Tempels von Philae rekonstruieren lässt. Die Farbreste wurden naturwissenschaftlich analysiert und die Farbmittel bestimmt. Die dadurch rekonstruierte Farblichkeit sollte zuerst in die gescannten s/w-Photos eingetragen werden, um so die ursprüngliche, inzwischen verloren gegangene Farblichkeit der Öffentlichkeit zu präsentieren, doch die Zuordnung gestaltete sich schwieriger, als zuerst gedacht.

### Arbeitsablauf

Im Projekt wurden die in den Abklatschen haftenden Farbpartikel untersucht (Abb. 4). Vom Leiter der Sammlung Professor Seydler war jegliche Probennahme untersagt worden. In zwei Kampagnen in Berlin wurden daher zerstörungsfrei insgesamt 166 Farbmessungen gemacht und die genaue Lage der Messungen in 464 digitalen Photographien festgehalten. Die Farbkurven ermittelte man durch Reflexion an der Oberfläche der Farbpartikel. Die mithilfe eines VIS-Farbspektrometers (SPM-100, Fa. Gretag) vermessenen Farbkurven wurden mit denen im CICS, FH Köln in den vergangenen 30

Jahren angesammelten und gespeicherten Daten von antiken bis neuzeitlichen Farbmitteln verglichen. Mit jeder gemessenen Farbkurve wird auch die erste Ableitung des Kurvenverlaufs ausgerechnet. Mithilfe der ersten Ableitung und Normierung ist es möglich, feinste Abweichungen und den präzisen Kurvenverlauf auch von sehr kleinen Farbspuren zu ermitteln. Die folgende Kurve wurde an den Abklatschen ohne Probennahme gemessen (Abb. 2).

Als erschwerend stellte sich heraus, dass die in den Papieren der Abklatsche steckenden Farbschichten teilweise so dick waren, dass man an der Oberfläche nur noch die untersten Malschichten oder die Grundierung sehen konnte. So musste vor jeder Messung überprüft werden, ob auch die oberste Farbschicht durch die Analyse erfasst wurde. Die Ergebnisse wurden in Köln und Würzburg ausgewertet und es wurde versucht, die Farbwerte auf die alten eingescannten s/w-Photographien zu übertragen. Leider hat es sich herausgestellt, dass die s/w-Werte dieser frühen Photographie die Farbwerte derart stark beeinflussen, dass eine Beurteilung nicht mehr erfolgen kann. Daher wurden die Darstellungen digital umgezeichnet und die Farbwerte in die Umrisse eingefüllt. Es zeigte sich auch, dass bisher die Abklatsche ungenügend aufgearbeitet waren. Es war nicht bekannt, dass den Wänden nicht übergreifend und vollständig Abklatsche vorhanden waren. Daher wurde die Rekonstruktion einer ganzen Wand schwierig. Am vollständigsten waren die Säulenoberflächen erfasst. Doch gerade von diesen Oberflächen gibt es noch keine photographischen Abrollungen, die Verwendung hätten finden können. Säulenoberflächen sind äußerst schwierig aufzunehmen. Um ein verzerrungsfreies Bild zu erreichen, muss entweder eine Schlitzkamera auf einem Stativ auf einem Kreis die Oberfläche quasi abfahren oder die Oberfläche muss aus einzelnen Aufnahmen zu einer Abrollung zusammengesetzt werden. Beides ist bisher nicht erfolgt. Daher beschränkten wir uns auf die Nord-Ost-Ecke des Pronaos des Isis-Tempels (Wände und zugehörige Säule 10, vgl. Abb. 5). Auch dort lassen sich die Farbzusammenstellungen gut sichtbar machen.

Entgegen dem heutigen Zustand waren die Fassaden früher sehr farbig und die Farbzusammenstellungen erscheinen dem ungeübten Auge sehr willkürlich. Sie ist durch die mehrschichtige Maltechnik viel kompli-



Abb 5: Grundriss des Isis-Tempels von Philae

zierter, als es sich auf einem Übersichtsbild darstellen lässt. Hier sind komplizierte Analysen mit Hilfe von Mikroskop und eventuelle Anschliffen vonnöten, um eine detaillierte Rekonstruktion zu ermöglichen. Auch müssten andere zeitgenössische Malereien verglichen werden. All dies war in dem vorgegebenen Projekt nicht möglich. Es sollte vielmehr gezeigt werden, dass eine schematische Rekonstruktion der Farblichkeit möglich ist. Abb. 6 zeigt die farbliche Rekonstruktion einer Wanddarstellung auf der Säule Nr. 10 (2. Darstellungsregister). Für die Farbtreue der Kolorierung wurden Vergleichsmessungen der L\*a\*b\*-Werte der durch die Analyse gefundenen altägyptischen Pigmente: Ägyptisch Blau, Ägyptisch Grün, Gelbocker, Rotocker und Braunocker verwendet. Diese Werte wurden in der schematischen Darstellung in Photoshop eingetragen und hier dargestellt. In einer elektronischen Fassung dieses Berichts sind die Farbwerte richtig wiedergegeben. In einer gedruckten Version muss die Kette Computer-Drucker farbrichtig kalibriert sein. Eine besondere Überraschung zeigte sich bei der Rekonstruktion der Hieroglyphenzeichen. Sie sind in sich schlüssig, doch ein Vergleich mit früheren Tempelschriften zeigt teilweise deutliche Unterschiede auf zwischen den verschiedenen Epochen. Eine genaue Analyse der ikonographischen und Kunst- und kulturhistorischen Deutung steht noch aus. Um unsere neue farbliche Rekonstruktion mit einer alten Zeichnung aus der Zeit Napoleons 18./19. Jahrhundert zu vergleichen, müssen zwei verschiedene Stellen des Pronaos in Philae nebeneinander gestellt werden: Im Vergleich der neuen farblichen Rekonstruktion mit einer Zeichnung aus dem 18. Jahr-



hundert („Description de l'Égypte“) zeigt sich, dass die Farbigekeit im Wesentlichen richtig rekonstruiert wurde. Die Götter und Protagonisten der Szene sind sehr bunt und die Farbkontraste sehr auffällig. Allerdings wurden in der „Description“ nicht alle Farbstellungen vor allem bei den Hieroglyphen aufgenommen (Abb. 7, 8). Es musste für den damaligen Geschmack manches zu auffällig gefärbt erscheinen. Daher wurden Inkarnate fleischfarben wiedergegeben und Kronen musste per se golden sein. Was bei unserer Rekonstruktion nicht möglich war, ist die Wiedergabe der obersten Malschicht. Wie per Auge erfasst werden konnte, war die Modellierung der Farbflächen sehr elaboriert. Feinste Striche und Konturen vervollständigten die Malerei. Sie sind mit zerstörungsfreien Techniken nicht wieder sichtbar zu machen. Im vorliegenden Projekt konnte jedoch die allgemeine farbkompositorische Zusammenstellung der Farben wieder rekonstruiert werden. Die vielen Messungen erlaubten eine detaillierte Übersicht der Farbstellung und Farbwirkung. Bei anderen Untersuchungen konnte dies nur stichprobenartige an wenigen Stellen nach einer Probennahme gemacht werden.

### Zusammenfassung

Wie kolorierte Lithographien und Stiche vom Anfang des 19. Jahrhunderts zeigen,

etwa die Darstellungen aus der Description de l'Égypte und Lithographien und Zeichnungen von David Roberts von 1838, waren der Tempel von Philae zu dieser Zeit noch sehr farbenreich erhalten. Doch Zuordnungen von Farben lassen sich aus den großartigen Grafiken nicht entnehmen, die Farbgebung in den verschiedenen Ansichten des Philaetempels widerspricht sich, etwa in den Lotuskapitälen der Säulen (Abb. 7, 8). Solche frühen farblichen Darstellungen sind vergleichsweise selten nachzuweisen, da ihre Dokumentation vor Ort früher mit erheblichem Aufwand verbunden war. Es ist zu vermuten, dass die Kolorierungen später in den Druckateliers nach mehr oder weniger präzisen Farbnotizen erfolgt sind. Durch die starke philologische Fragestellung innerhalb der Ägyptologie wurden bisher ikonographische Probleme und dabei auch besonders die Dokumentation farblicher Gestaltung von Tempelwänden weitgehend vernachlässigt. Zu schwierig sind noch heute naturwissenschaftliche Dokumentationen vor Ort. Eine Überraschung war die Bemalung des Hintergrunds. Sie ist nicht wie bisher angenommen steinsichtig, sondern weiß oder gelblich grundiert. Wohl wollte man den stark porösen Sandstein mit einer weißen Politur versehen, um den Stein wertvoller erscheinen zu lassen. Um einen

genauen Eindruck der Farbschichten zu bekommen, müssten Anschliffe von Farbproben angefertigt werden, eine jedoch nicht zerstörungsfreie Analysetechnik. In dem vorliegenden Projekt konnte gezeigt werden, dass es möglich ist, die ursprüngliche Farbigekeit der Reliefs der Tempel von Philae wenigstens teilweise zu rekonstruieren. Die naturwissenschaftliche Analyse kann den Farbwert wieder in der ursprünglichen Weise wiedergeben. Doch leider sind weitere Feinheiten der Binnenzeichnung ohne Probennahme nicht möglich.

*Robert Fuchs/Horst Beinlich*

### LITERATUR

Eine erste Liste der Abklatsche ist erst 1996 publiziert worden, vgl. Köpstein: Das Abklatscharchiv beim Wörterbuch der ägyptischen Sprache, Berlin 1994-96

Horst Beinlich, Robert Fuchs: Rekonstruktion der farblichen Fassung des Tempels von Philae, in: Festschrift Irmtraut Munro (B. Backes, M. Müller-Roth, S. Stöhr Hrsg.) [=Studien zum Altägyptischen Totenbuch 14], Wiesbaden 2009, S. 53 – 68 u. Tafeln 2-3



Abb. 6: Rekonstruierte Farbwerte des Reliefs auf Säule 10, des 2. Darstellungsregisters



Abb. 7: David Roberts 1838, View under the Grand Portico, Philae



Abb. 8: David Roberts im 1838. Die Farbgebung in den verschiedenen Ansichten des Philaetempels widerspricht sich bspw. in den Lotuskapitälen der Säulen

# Bekleidung im römischen Reich als Identitätsträger

Kleidung ist und war immer schon in hohem Maß Medium der Selbstdarstellung und der nonverbalen Kommunikation. Sie kann nach außen sowohl Zugehörigkeit zu einer politischen, sozialen, ethnischen oder anderen Gruppierung signalisieren als auch Individualität innerhalb einer Gruppe zum Ausdruck bringen. 2006 hat sich eine internationale Gruppe von Forschern, denen auch Professorin Dr. Annemarie Stauffer angehört, zum Ziel gesetzt, exemplarisch die Bedeutung von Textilien und Bekleidung in der griechisch-römischen Antike als Medium der Kultur-, Sozial- und Geistesgeschichte in den Blickpunkt der Geistes- und Kulturwissenschaften zu rücken. Das römische Reich mit seinen vereinheitlichenden politischen und organisatorischen Strukturen eignet sich in idealer Weise um aufzuzeigen, dass „römische Uniformität“ und „lokale Identität“ nebeneinander existiert haben. Das seit 2007 nun auch von der Europäischen Union (EU) in ihrem Programm „Culture“ finanziell unterstützte Projekt trägt deshalb den signifikanten Titel: „Dress ID“. Es unterteilt sich in acht Unterprojekte, deren umfangreichstes Einzelprojekt „elements of dress“ von Professorin Stauffer geleitet und koordiniert wird – gemeinsam mit Ulla Mannering von der University Copenhagen. Neben wissenschaftlichen Zielen ist es erklärtes Ziel der Projektträger und der EU, die internationale Zusammenarbeit und den Wissenstransfer auf diesem Gebiet zu fördern und Wissenschaftler länder- und fächerübergreifend zu vernetzen. Schließlich beinhalten die Zielsetzungen unter anderem eine Einbindung der breiten Öffentlichkeit in die Forschungsergebnisse durch Ausstellungen in Mannheim/Wien/Valencia/Brüssel.

## Themenschwerpunkte:

1. Die frühetruskische Bekleidung aus den Fürstengräbern von Verucchio – Vorstufen der römischen „Einheitstracht“.

Mit dem Privileg ein römischer Bürger zu sein beziehungsweise das Bürgerrecht zu erwerben, war das Recht verbunden, die Tunica clavata und die Toga praetexta tragen

zu dürfen. Diesen Kleidungsstücken kam daher stets politische Konnotation zu, und ihr Aussehen war seit der Entstehung Roms kanonisch festgelegt. Die Wurzeln von Form und Bedeutung des halbrunden Mantels mit Purpurborte und des langen Hemdes werden bis heute in der Forschung kontrovers diskutiert. 1972 wurden in Verucchio bei Rimini in Fürstengräbern Textilien aus frühetruskischer Zeit um 700 vor Christus gefunden, darunter auch zwei Vorläufer der römischen Toga. Die Fragmente wurden von 1997 bis 2006 in der Studienrichtung Textilien und archäologische Fasern konserviert, erforscht und zu Kleidern rekonstruiert. Es handelt sich dabei um Bekleidungsstücke, wie sie bis heute nirgendwo original erhalten sind. 2006 konnten die sensationellen und einmaligen Funde anlässlich einer internationalen Fachtagung zum ersten Mal einer Gruppe von Spezialisten gezeigt und mit diesen diskutiert werden. Im Rahmen des Forschungsvorhabens soll der Frage nach Trageweise, Kombination der unterschiedlichen Kleidungsstücke sowie deren Bedeutung im Hinblick auf die Entwicklung von Tunika und Toga bei den Römern nachgegangen werden. Diese Erkenntnisse sowie die Ergebnisse der nunmehr zwölfjährigen Arbeit an den Funden aus Verucchio sollen in die abschließende Publikation einfließen.

2. Kleidung in Syrien: Bekleidung und Bekleidungstraditionen in Palmyra 1 bis 3. Jahrhundert.

Die politisch, strategisch und handelsgeschichtlich hoch bedeutende Stadt Palmyra/Syrien lag im Grenzbereich der griechisch-römischen und persischen Kultur. Die archäologische Forschung neigt dazu, aufgrund der stilistischen und ikonographischen Auswertung der Kulturdenkmäler von einer zunehmenden „Romanisierung“ Palmyras zu sprechen. In der Bekleidung der Palmyrener lässt sich in paradigmatischer Weise ein „römischer“ und „lokal persischer“ Kleidungsstil feststellen. Diese Erkenntnis verdanken wir zahlreichen detaillierten Darstellungen von Palmyrenern in Form von Malerei und Skulpturen. Ebenfalls aus Palmyra ist eine große



## ABSTRACT

Im Rahmen eines EU-Projekts zur Bedeutung von Kleidung als Ausdruck von Identität werden an der Fachhochschule Köln zwei Teilbereiche erforscht: die Frühformen der römischen Toga und die Bedeutung von Kleidung als Ausdruck lokaler Identität im antiken Syrien.

## PROJEKTLEITUNG

PD Dr. Michael Tellenbach  
michael.tellenbach@mannheim.de



Zahl von Kleiderfragmenten überliefert, welche 1991 bis 1994 erfasst, konserviert und in der bis heute maßgeblichen Publikation der Wissenschaft zugänglich gemacht wurden. Im Rahmen des Teilprojekts sollen die dargestellte Kleidung bei Männern und Frauen systematisch erfasst, katalogisiert und nach „römisch“ beziehungsweise „persisch“ gruppiert werden. Auf dieser Grundlage soll ein

Thesaurus der Bekleidung in Palmyra erarbeitet werden. Darüber hinaus soll geprüft werden, ob sich die These einer „Romanisierung“ der Kultur vom 1. bis 3. Jahrhundert in Palmyra auch hinsichtlich der Bekleidung feststellen lässt oder ob sich in der individuellen Bekleidung lokale ethnische Traditionen festmachen lassen.

*Annemarie Stauffer*



Abb. 1: Palmyrener in „offizieller“ römischer Tracht



Abb. 2: Palmyrenin in lokaler syrischer Tracht

#### TEILPROJEKTTRÄGER

Fachhochschule Köln  
Forschungsschwerpunkt  
„Art Materials in Medieval Cologne“  
Konservierung von Textilien und  
archäologischen Fasern und  
Zentrum zur Erforschung antiker  
und mittelalterlicher Textilien

#### TEILPROJEKTLITERIN

Prof. Dr. Annemarie Stauffer  
Fakultät für Kulturwissenschaften  
Institut für Restaurierungs- und  
Konservierungswissenschaften  
annemarie.stauffer@fh-koeln.de

#### PROJEKTBETEILIGTE

Dr. Lise Raeder Knudsen,  
Vejle (Dänemark)  
[www.f02.fh.de/forschung/dressID](http://www.f02.fh.de/forschung/dressID)

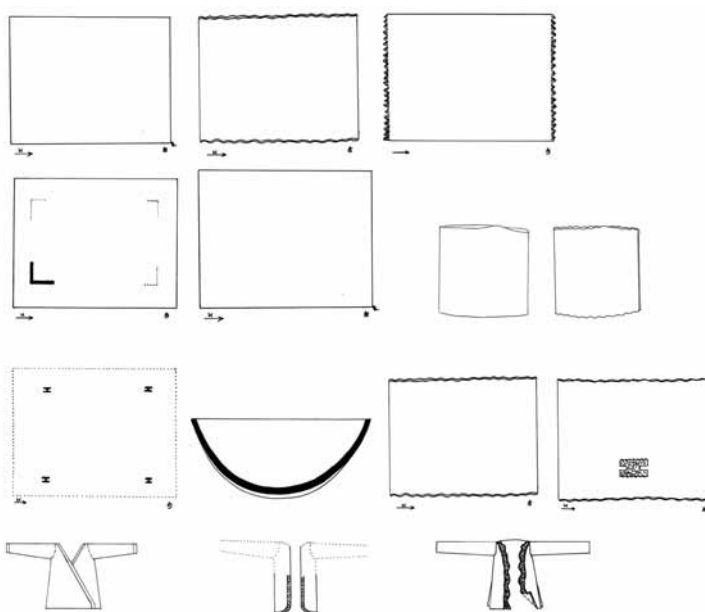


Abb. 3: Römische, syrische und persische Mantelformen in Palmyra

# Untersuchungen zur Materialität von Kölner Textilien im Mittelalter

**K**öln war im Hoch- und Spätmittelalter die größte und bedeutendste Stadt im Heiligen Römischen Reich und das wichtigste Gewerbe- und Fernhandelszentrum. Letzteres betrifft auch die Produktion von Kunst und Kunsthandwerk. Durch ein weit gespanntes Handelsnetz erreichten Kölner Kaufleute Märkte in ganz Europa. Umgekehrt war besonders durch den „Rheinstapel“ der Kölner Markt Umschlagplatz für Waren aus aller Welt. Wichtige Kölner Exportartikel waren in der Zeit der Hochgotik auch Kunstwerke: Skulpturen, Tafelbilder, Buchmalerei und auch Luxusgewebe. Die Wirtschaftsgeschichte Kölns ist seit dem frühen 20. Jahrhundert zunehmend breit erforscht. Der Schwerpunkt dieser historischen Arbeiten lag jedoch auf den mengenmäßig wichtigsten Kölner Produkten und Exportgütern wie etwa Wein, einfachen Tuchen, Blei, Messing und Eisenwaren. Kunstwerke als Handelsware spielen jedoch in wirtschaftshistorischen Publikationen kaum eine Rolle. Dennoch bezeugen etwa zahlreiche Holzbildwerke im deutschen

und europäischen Umfeld der Metropole die Rolle dieser Bilder auch als Wirtschaftsgüter. Aus italienischen Quellen lässt sich der Handel mit Kölner Luxustextilien erschließen, auch bereits explizit als „de Colonia“ bezeichnet werden. Die Materialität von Kunstwerken ist in der jüngeren Zeit immer stärker in den Blickpunkt kunsthistorischer Forschung geraten. Die genauere Kenntnis von Rohstoffen, Trägermaterialien, Farbstoffen und Herstellungstechniken hat der Kunstwissenschaft viele neue Einsichten zu Herkunft eines Werks gebracht. Mit der Erfassung dieser Parameter beschäftigt sich auch das neu initiierte Teilprojekt zur Materialität von Kölner Textilien. Besonders aussagekräftig sind die Untersuchungen des verwendeten Goldes sowie die Bindungsanalyse. Erste Untersuchungen fanden an Objekten aus dem Nachlass Herman von Gochs aus dem Kölner Stadtmuseum sowie an einer Gruppe von Reliquien aus der Münsterkirche von Roermond statt. Die Ergebnisse sollen auf längere Sicht eine Art „finger print“ für Kölner Textilien liefern.

*Annemarie Stauffer*

## ABSTRACT

Im Rahmen des Forschungsschwerpunkts „Art Materials in Medieval Cologne“ werden seit 2008 textile Erzeugnisse aus Köln auf Basis ihrer Materialien untersucht. Das Schwergewicht liegt dabei auf der Untersuchung der Metallbestandteile, der Farbstoffe und der Bindungstechniken. Die Ergebnisse sollen auf längere Sicht eine Art „finger print“ für Kölner Textilien liefern.

## PROJEKTLEITUNG

Prof. Dr. Ulrike Bergmann  
ulrike.bergmann@fh-koeln.de  
Prof. Dr. Annemarie Stauffer  
annemarie.stauffer@fh-koeln.de  
Dr. Doris Oltrogge  
doris.oltrogge@fh-koeln.de  
Fakultät für Kulturwissenschaften  
Institut für Restaurierungs- und Konservierungswissenschaften  
Forschungsschwerpunkt „Art Materials in Medieval Cologne“

## TEILPROJEKTLEITUNG

Prof. Dr. Annemarie Stauffer

## ABSTRACT

Die beiden Frauenstifte Essen und Gandersheim gehören zu den bedeutendsten und herausragendsten Frauengemeinschaften des Heiligen Römischen Reiches. Das interdisziplinäre Projekt soll Fragen und dem Besitz von Luxustextilien, deren Erwerb in mittelalterlichen Adelskreisen und der Bedeutung solcher Güter als Prestigeobjekte nachgehen.

## PROJEKTLEITUNG

Prof. Dr. Annemarie Stauffer  
Fakultät für Kulturwissenschaften  
Institut für Restaurierungs- und Konservierungswissenschaften  
annemarie.stauffer@fh-koeln.de

## PROJEKT BETEILIGTE

Dr. Birgitta Falk, Thesaurarin  
Domschatz Essen  
Prof. Dr. Thomas Schilp,  
Universität Duisburg-Essen  
Prof. Dr. Hedwig Röckelein,  
Universität Göttingen

# Textile Luxusgüter in Frauenstiften

**D**ie beiden Frauenstifte Essen und Gandersheim gehören zu den bedeutendsten und herausragendsten Frauengemeinschaften des Heiligen Römischen Reiches. Der Reichtum der Äbtissinnen spiegelt sich nicht zuletzt in den Stiftungen an ihre Mutterkirche. Exemplarisch hierfür ist der Essener Domschatz, der in den vergangenen Jahren neu ausgestellt worden ist. Parallel dazu haben die Essener Forschungen zu den beiden Frauenstiften die Aufmerksamkeit auf neue Fragestellungen gelenkt. Im Rahmen des Forschungsprojekts „Portal zur Geschichte – das Frauenstift Gandersheim“ wurden bedeutende Reliquien-gewebe aus dem adeligen Frauenstift nach materialspezifischen und ikonographischen Gesichtspunkten untersucht. Im Vorder-

grund stand die digitale Erfassung komplexer Bindungsstrukturen, die Untersuchung der Farbstoffe – von Dr. Doris Oltrogge durchgeführt – sowie die Rekonstruktion der Muster im Hinblick auf deren textilhistorische Einordnung. Im Laufe der Vorbereitungen zur Neupräsentation der Essener Schatzkammer, wurden auch dort zahlreiche mittelalterliche Reliquien-gewebe geborgen, die nun im Rahmen des Forschungsprojekts ebenfalls detailliert erfasst und auf ihre Herkunft befragt werden. Das interdisziplinäre Projekt soll Fragen des Besitzes von Luxustextilien in mittelalterlichen Adelskreisen sowie der Weitergabe solcher Güter an Frauenstiften nachgehen.

*Annemarie Stauffer*



# Die Grabdenkmäler auf dem Ehrenfelder Friedhof

## ABSTRACT

Ziel des Projekts ist die Bestandsaufnahme sämtlicher Grabdenkmäler auf dem Ehrenfelder Friedhof in Köln. Entstehen soll eine Dokumentation, die Aussagen trifft zur Typologie, Grabsteinsymbolik, Material und den Herstellern der Grabdenkmäler – aber der Nachwelt auch, die auf diesem Friedhof Bestatteten näher bringt.

## PROJEKTLÉITUNG

Prof. Dr. Michael Werling  
Fakultät für Architektur  
Institut für Baugeschichte  
und Denkmalpflege  
michael.werling@fh-koeln.de

## PROJEKTPARTNER

Untere Denkmalschutzbehörde  
der Stadt Köln

Im Jahre 2010 ist es genau 140 Jahre her, dass die Ehrenfelder Bürger gezwungen wurden, einen eigenen Friedhof anzulegen. Der Wunsch, ihre Toten auf dem Melatenfriedhof beizusetzen, wurde ihnen damals durch den Rat der Stadt Köln versagt. Dass beide Friedhöfe – obwohl sie heute als eine Einheit betrachtet werden – nicht als Einheit geplant wurden, lässt sich unschwer durch einen Blick auf den Stadtplan erkennen. So richtet sich das Wegenetz auf Melaten entlang der Aachener Straße aus, während die Wege des Ehrenfelder Friedhofes sich an der heutigen Weinsbergstraße orientieren. Gravierend ist aber der Unterschied, wenn man sich die Grabplastik mit ihren vielfältigen sepulkral-ikonographischen Symbolen beider Friedhöfe vor Augen führt. Hierbei wird deutlich, dass die Gedenksteine auf dem Ehrenfelder Friedhof mit jenen auf Melaten nicht mithalten können, obwohl sich auch auf ihm ein Kompendium der Grabkultur des ausgehenden 19. Jahrhunderts bis hin zur Grabgestaltung im Sinne der Reformkunst der Zeit

ab 1914 an vielen Grabstätten ablesen lässt. Und auch für die Zeit danach sind durchaus beispielhafte Objekte erhalten, die mit Hilfe einer jeweils zeittypischen Bildsprache an die verstorbenen Bürger von Ehrenfeld erinnern. Inhalt des Projektes ist eine sogenannte Inventarisierung. Neben der bildlichen Erfassung und Beschreibung, sollen Aussagen zur Typologie und zum verwendeten Material, zu den verwendeten Grabsteinsymbolen, den Herstellern und dem Zurichten der Grabsteine getroffen werden. Auch die Kirchenbücher sowie anderweitige Veröffentlichungen werden dazu beitragen, der Nachwelt die auf diesem Friedhof Bestatteten näher zu bringen. Ein weiteres Ziel: bei den Grabdenkmälern zumindest einen Überblick über den Bestand der verschiedenen Gesteinsmaterialien und deren verwitterungsbedingten Zustand und Gefährdungsgrad zu erhalten. Eine Publikation der Ergebnisse ist vorgesehen.

*Michael Werling*

# Bauforschung in der „Unterwelt“ von Traben-Trarbach

## ABSTRACT

Um wenigstens die wichtigsten Weinkeller der Stadt Traben-Trarbach aus der Wende vom 19. zum 20. Jh. der Öffentlichkeit zugänglich zu machen, wird seit dem Wintersemester 2009/10 an der dreidimensionalen Erfassung der zum Teil mehrere 1000 m<sup>2</sup> großen Räume gearbeitet. Daneben ist es das Ziel, eine komplette archäologische Bestandserhebung und damit auch die Erfassung und Darstellung aller Keller in Traben-Trarbach durchzuführen.

Um die Wende vom 19. zum 20. Jahrhundert war Traben-Trarbach als eine der bedeutendsten Weinhandelsstätten Europas bekannt. Nach der großen französischen Stadt Bordeaux nahm sie Rang zwei ein. Der Grund für diese außergewöhnliche Stellung liegt in den großen Exportbemühungen speziell nach Großbritannien und Übersee, was die Gründung von mehr als 100 Weinfirmen nach sich zog, die damals hauptsächlich mit Riesling-Weinen handelten. Aus diesem Grund musste in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts die Kapazität der Traben-Trarbacher Weinkeller vergrößert werden. So entstanden in jener Zeit eine Fülle von Weinkellern mit zum Teil mehreren 1000 Quadratmeter großen Räumen. Charakteristisch für diese Kellerei-Neubauten ist nicht nur ihre verkehrsgünstige Platzierung im Bahnhofsnähe mit teilweisem Gleisanschluss oder Flussnähe, sondern ihre oft mehrgeschossige Bauweise, die mit Hilfe des damals erfundenen Stahlbetonbaues leichter zu bewerkstelligen war – bis dahin musste man sich dafür noch in den anstehenden Devon-Schiefer eingraben. Es

gibt unter den nahezu 100 Weinkellern in Traben-Trarbach aber auch Kellergewölbe, die in der Baugeschichte noch weiter zurückgreifen. So existieren heute noch die Keller der früheren Landesherrn, Kirchen und Klöster sowie deren angeschlossene Stadthöfe. Einer der ältesten Weinkeller dürfte jener unter dem Aacher Hof sein. Dieser Hof am Ufer der Mosel ist eine Schenkung Ludwigs des Frommen (814 bis 840) an das Aachener Marienstift gewesen, die im Jahre 1226 in einer Kaiserurkunde bestätigt wurde. Das heute noch vorhandene Kellergewölbe dürfte noch auf diese frühmittelalterliche Zeit zurückzuführen sein. Da über die meisten der Weinkeller keinerlei Planunterlagen vorliegen, führte der Autor zusammen mit Jost Broser vom Institut für Baugeschichte und Denkmalpflege und einer Studiengruppe im Wintersemester 2009/10 eine erste Erfassung der wichtigsten Keller durch. Hierzu kam das am Institut befindliche terrestrische 3D-Laserscanner-System zum Einsatz, das auch noch bei völliger Dunkelheit mit einer Geschwindigkeit von 50.000 Einzelmessungen pro Sekunde die Räume drei-

dimensional abtastet. Der kurz- oder mittelfristige Gewinn dieser Untersuchungen wird sein, diese dokumentierten Keller als einen neuen Höhepunkt in der Darstellung der touristischen Besonderheiten von Traben-Trarbach zugänglich zu machen. Langfristig ist beabsichtigt, eine archäologische Bestands-erhebung und damit auch die Erfassung aller Keller in Traben-Trarbach durchzuführen.

*Michael Werling*

#### BERICHTE IN DEN MEDIEN

SWR-Fernsehen, Landesschau Rheinland-Pfalz, Sendung vom 14.12.2009, 18.45 Uhr.  
SAT 1, Landesstudio Rheinland-Pfalz, 17:30 live, vom 14.12.2009.

Trierischer Volksfreund, Nr. 291, vom Dienstag den 15.12.2009, „Wissenschaftler blicken in die Unterwelt“ von W. Simon.

Mosel-Hunsrück Aktuell, Bauforschung in der Unterwelt von Traben-Trarbach, Ausgabe 51/2009.

#### PROJEKTLEITUNG

Prof. Dr. Michael Werling  
Fakultät für Architektur  
Institut für Baugeschichte und  
Denkmalpflege  
michael.werling@fh-koeln.de

#### PROJEKTBETEILIGTE

Dipl.-Ing. Jost Broser  
Fakultät für Architektur  
Institut für Baugeschichte und  
Denkmalpflege

#### PROJEKTPARTNER

Verbandgemeindevverwaltung  
Traben-Trarbach

## Geophysikalische Untersuchungen an der Stiftskirche zu Bad Münstereifel

Um 700 nach Christus entstand in Form einer kleinen Holzkapelle der erste Sakralbau in Bad Münstereifel. Um 830 wurde anstelle dieser merowingischen Kapelle ein Kloster errichtet, das ab 844/46 die Reliquien des römischen Märtyrerehepaares Chrysanthus und Daria beherbergte. Damit begann eine rege Wallfahrt zu den Glaubenszeugen. Das Kloster gewann an Bedeutung. Vor den Klostertoren entstand eine Siedlung mit Marktrechten. Im Zuge der Umwandlung des Klosters in ein Kollegiatstift entschloss man sich um 1048 zum Bau einer neuen Kirche. Als um 1100 ein Brand das Gotteshaus zerstörte, gab es wiederum einen Neubau in Form einer Basilika. Dieser Bau ist – trotz vielfacher Veränderungen – bis heute erhalten. Was nicht mehr vorhanden ist, sind die um den Sakralbau ursprünglich anschließenden Klosterbaulichkeiten. Im letzten Viertel des 18. Jahrhunderts begann im Klosterbereich eine rege Bautätigkeit, die dazu führte, dass die Kirche völlig freigestellt wurde, was aber in den vergangenen Jahrhunderten nie so war. So gab es zum Beispiel am Westportal der Kirche einen überdachten und mit einer Kapelle überbauten Vorbau, einen sogenannten „Pörzeling“ (Porz, Porta, Tor), der über eine Arkade mit dem Kirchhof, der bis 1819 auf dem heutigen Kirchplatz lag, verbunden war. Nördlich der Kirche erstreckte sich der Freihof mit dem Kapitelsbrunnen und daran anschließend in östlicher Richtung die Stiftsgebäude mit dem Kreuzgang, dessen vermauerte Zugänge zur Kirche am nördlichen Seitenschiff noch erkennbar sind. Die Lage der ehemaligen Baulichkeiten ist also bekannt. Nun wollten wir wissen: Sind noch

Fundament-Reste dieser Gebäude vorhanden? Ist somit deren genaue Lokalisierung möglich? Gibt es Hinweise auf den Erhaltungszustand der möglicherweise noch unter der Pflasterdecke verborgenen Fundamentmauern? Zur Klärung dieser Fragen führte im Herbst 2009 der Autor mit Architekturstudierenden und zusammen mit Dr. Harald von der Osten-Woldenburg, Geophysiker des Landesdenkmalamtes Baden Württemberg, eine geophysikalische Untersuchung beziehungsweise Prospektion des die Kirche umgebenden Areals durch, die im Laufe des Sommersemesters 2010 erste Ergebnisse erwarten lässt. In der archäologischen Feldforschung werden verschiedenste sogenannte Prospektionsmethoden eingesetzt, durch deren Anwendung man im Vorfeld der eigentlichen Ausgrabungstätigkeit schon eine Vielzahl von Informationen über den späteren Befund erhält. Die wohl bekannteste Methode ist die Luftbildarchäologie, weniger geläufig ist die geophysikalische Prospektion, bei der im Boden verborgene Strukturen durch Messungen physikalischer Eigenschaften des Bodens erfasst werden können. Die Geomagnetik und die Geoelektrik sind dabei die wichtigsten in der Archäologie angewandten Methoden, die auch zur Prospektion der mittelalterlichen Klosterbauten in Bad Münstereifel zum Einsatz kamen. Die gewonnenen Einblicke in den Boden zeigen einen Überblick über die vorhandenen Strukturen und dienen dem Archäologen zur effizienten Planung der folgenden Ausgrabungen. Ob diese dann auch durchgeführt werden ist noch ungewiss.

*Michael Werling*

#### ABSTRACT

Ziel des Projekts ist die archäologische Erfassung der Gebäude-  
reste, die vor Jahrhunderten an die  
Stiftskirche zu Bad Münstereifel  
anschlössen – etwa Kreuzgang,  
Kanonikergebäude oder Pörzeling.  
Die Untersuchung wurde in Form  
einer geophysikalischen Prospekti-  
on durchgeführt.

#### PROJEKTLEITUNG

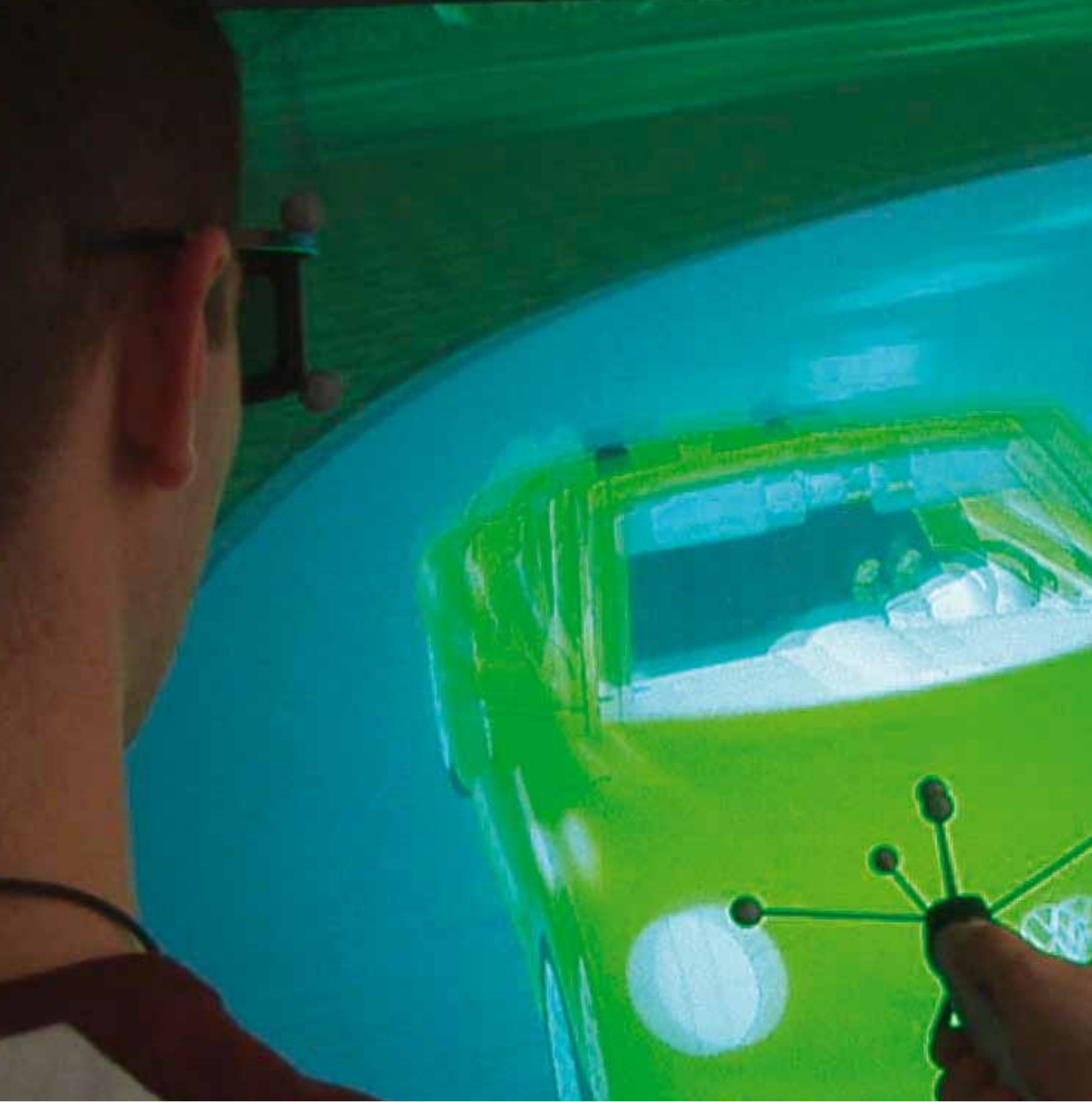
Prof. Dr. Michael Werling  
Fakultät für Architektur  
Institut für Baugeschichte und  
Denkmalpflege  
michael.werling@fh-koeln.de

#### PROJEKTPARTNER

Dr. Harald von der  
Osten-Woldenburg  
Geophysiker des Landesamtes  
Baden Württemberg  
Untere Denkmalschutzbehörde der  
Stadt Bad Münstereifel

#### BERICHTE IN DEN MEDIEN

<http://www.euskirchen-online.ksta.de>,  
„Suche nach den alten Kloster-  
mauern“ von Günter Hochgürtel  
vom 11.11.2009



# Inhalt

**Bracke, Stefan**

Einsatz von nichtparametrischen statistischen  
Methoden in der Risiko- und Zuverlässigkeitsanalytik 52

**Franzkoch, Bernd**

Eignungsfähigkeit des Gewinderollens  
bei dünnwandigen Hohlkörpern 56

**Henrichfreise, Hermann**

Schätzung querdynamischer Größen von Fahrzeugen  
ohne die Verwendung von Reifenmodellen 58

## INTERDISZIPLINÄRE FAHRZEUGSYSTEMENTWICKLUNG

CLUSTER 4



# Einsatz von nichtparametrischen statistischen Methoden in der Risiko- und Zuverlässigkeitsanalytik

**Z**unehmende Bauteil-Funktionalität und Produktkomplexität, bedingt durch stetig wachsende Ansprüche der Kunden, Märkten sowie der Wettbewerbssituation, führt vielfach zu komplexen Schadenssymptomen im Feld vor Kunde. Insbesondere in der Fahrzeugindustrie, aber auch bei Produkten der Investitions- und Konsumgüterbranche, liegen die Ursachen der komplexen Schadenssymptome oft in mehreren möglichen Schadenskausalitäten begründet. Neben Prototypentestläufen innerhalb der Entwicklungsphase zur präventiven Erkennung vorhandener Schadenskausalitäten, nimmt die Bedeutung der Feld-Beobachtung der Produkte im Einsatz stetig zu. Die zeitnahe, präzise und wirtschaftliche Ermittlung der potentiell vorhandenen und relevanten Schadenskausalitäten und damit des Bauteil-Ausfallverhaltens auf Basis der eingehenden Feldreklamationen bilden für den Hersteller die Grundlage gezielt weitere Maßnahmen, etwa zur Fehlerbehebung im Feld, einzuleiten. Insbesondere durch den Fokus der zeitnahen Einleitung der Maßnahmen, ist der Hersteller auf die Auswertung kleiner Stichproben angewiesen. Zeitnahe Maßnahmen zur Feldfehlerbeseitigung bei aktueller Produktgeneration sind etwa Werkstattaktionen, Erhöhung der Ersatzteilversorgung oder laufende Produktoptimierungen. Mittelbeziehungsweise langfristige Maßnahmen betreffen baureihenunabhängige Entwicklungsansätze oder -strategien zur Fehler-Prävention beziehungsweise -Minimierung und Erhöhung der Wirtschaftlichkeit:

- Konzernteilstrategien: Verwendung einer ausgereiften, zuverlässigen Komponente innerhalb verschiedener Produktvarianten.
- „Carry Over Part (COP)“-Strategien: Übernahme bereits im Markt befindlicher, zuverlässiger Komponenten in die nächste Produktgeneration.

Grundlage zum Einsatz dieser Strategien ist eine detaillierte und frühzeitige Kenntniss der Zuverlässigkeit beziehungsweise des Ausfallverhaltens der Bauteile und Systeme.

## Industrie-Standard Zuverlässigkeitsanalyse – State of the art

Der industrielle Methoden-Standard der Zuverlässigkeitsanalyse wird detailliert durch Ronniger und Bertsche beschrieben (siehe [1] und [2]). Die Basis für eine statistische Beschreibung des Produkt-/Bauteil-Ausfallverhaltens und von Schadenskausalitäten können zwei grundlegende Informationsarten sein:

- Gewinnung von Schadensdaten aus der aktuellen Produkt-Entwicklungsphase im Rahmen von Prototypentest- und -erprobungsläufen.
- Erhebung von Felddaten (Schadensdaten) aus dem Produktlebenszyklus der vorhergehenden Produktgeneration (bereits im Feldeinsatz). Die Datenbasis liefern hier insbesondere Garantie-Datenbanken innerhalb der gesetzlichen Gewährleistung und Garantie – bspw. in Deutschland zwei Jahre oder in den USA vier Jahre.

Die Auswertung der Schadensdaten erfolgt anhand Industriestandards unter Zuhilfenahme statistischer, parametrischer Verteilungsmodelle, die das Ausfallverhalten von Bauteilen und Systemen abbilden. Der industrielle Standard sieht hierzu die Verwendung von parametrischen Weibull-Verteilungsmodellen vor. Mit Weibull-Verteilungsmodellen können einfache Schadenskausalitäten und Schadenssymptome sehr gut statistisch abgebildet werden. Die Weibull-Verteilungsfunktion  $F_{WD}(t)$  ist in Gleichung 1 in zweiparametrischer Form (Formparameter  $b$  und Lageparameter  $T$ ) dargestellt. Die Ausfallrate  $\lambda(t)$  wird aus dem Quotienten Dichtefunktion  $f_{WD}(t)$  und Verteilungsfunktion  $F_{WD}(t)$  gebildet (vgl. Gleichung 2). Die verschiedenen, übergeordneten Phasen eines Bauteil-Ausfallverhalten wie Früh-, Zufalls- sowie laufzeitbedingte Bauteilausfälle bilden bei Darstellung der Ausfallrate  $\lambda(t)$  die bekannte „Badewannenkurve“ [3] (vgl. Abb. 1). Daneben kann eine Hochrechnung bezogen auf die gesamte im Feld befindliche Stückzahl hinsichtlich der noch zu erwartenden Feldausfälle durchgeführt werden (etwa Sudden-

## ABSTRACT

Zunehmende Bauteil-Funktionalität und Produktkomplexität führen häufig zu komplexen Schadenssymptomen im Feld vor Kunde. Die Einseitung zeitnaher Maßnahmen zur Fehlerbehebung erfolgt in der frühen Phase der Feld-Produktbeobachtung auf Grundlage weniger erkannter Feld-Schadensfälle (kleine Stichproben). Die herkömmliche, parametrische Zuverlässigkeitsanalytik ist diesen veränderten Herausforderungen nur begrenzt gewachsen. Das Fachgebiet für Qualitätsmanagement und Fertigungsmesstechnik erprobt den Einsatz nichtparametrischer statistischer Testverfahren in der Zuverlässigkeitsanalytik bei der Auswertung kleiner Stichprobenumfänge, um sich den Herausforderungen zeitkritischer, komplexer Schadenssymptome zu stellen.

## PROJEKTLEITUNG

Prof. Dr.-Ing. Stefan Bracke  
Fakultät für Fahrzeugsysteme  
und Produktion  
Institut für Produktion  
stefan.bracke@fh-koeln.de

## PROJEKTBETEILIGTE

Dipl.-Wirtsch.-Ing. Stephan Haller

Death-/Eckelverfahren) [4]. Abschließend erfolgt – zur Verifikation der statistischen Auswertung – die Durchführung einer technischen Analyse der defekten Bauteile und Systeme zur genauen Beschreibung des technischen Hintergrunds der Schadenskausalität.

### Die Problematik parametrischer statistischer Methoden innerhalb der Zuverlässigkeitsanalytik

Im Rahmen der skizzierten parametrischen Statistik, wie sie innerhalb der industriellen Zuverlässigkeitsanalytik verwendet wird, liegt die Schwierigkeit darin, verlässliche Aussagen bei kleinen Datenmengen zu treffen. Bei der Analyse von Feldausfällen liegen bei Bekanntwerden der ersten Schadensfälle im Feld meist nur wenige Schadensdaten in Summe vor. Schadensfall-Analysen wie etwa der Vergleich des Ausfallverhaltens auf Basis verschiedener Produktionsmonate oder Schadenskausalitäten lassen sich aus diesem Grund über die parametrische Zuverlässigkeitsanalytik nicht durchführen. Auch häufig praktizierte Lösungsansätze wie die vorherige Datenselektion – Schadensfälle werden manuell auf Basis zusätzlicher Informationen wie etwa Freitexte zur Schadensfall-Beschreibung einzelnen Schadenskausalitäten zugeordnet und jeweils mit einer Weibull-Verteilung beschrieben – lassen sich bei kleinen Stichprobenumfängen nur bedingt durchführen. Zusammenfassend wird festgehalten, dass auf Basis weniger Schadensfalldaten angefitzte Weibull-Verteilungsmodelle ein großes Streuverhalten aufweisen, welches sich beispielsweise in entsprechend großen Vertrauensbereichen

der Weibullverteilungs-Parameter zeigt. Im vorliegenden realitätsnahen Fallbeispiel „Feldanalyse Kraftstoffförderpumpe“ mit synthetischem Datensatz liegen einige Monate nach Markteinführung der entsprechenden Fahrzeugbaureihe aus zwei Produktionsmonaten in Summe  $n = 19$  Schadensfälle aus dem Feld vor. Zu Beginn des zweiten Produktionsmonats erfolgte ein Lieferantenwechsel der Kraftstoffförderpumpe aufgrund anhaltender Verunreinigungen innerhalb der Pumpenfertigung. Die Verunreinigung führte zu einem Leistungsabfall oder verfrühten Total-Ausfall der Kraftstoffförderpumpe innerhalb der Fahrzeugnutzungsphase. Erkenntnisse über die Wirksamkeit des Lieferantenwechsels sind nicht bekannt. Das Frühausfallverhalten der Pumpen fand im Fahrzeuglaufleistungsrange 500 km bis 11.000 km bezogen auf die  $n = 19$  bekannten Schadensfälle innerhalb der ersten Nutzungsmonate statt. Abb. 3 zeigt die graphische Auswertung der bekannten Schadensfälle zum Schadenssymptom „fehlerhafte Kraftstoffförderpumpe“ auf Basis der jeweiligen Produktionsmonate. Dargestellt sind die Summenhäufigkeiten der bekannten Schadensfälle (x-Achse: Laufleistung [km]; y-Achse: Ausfallwahrscheinlichkeit [%]). Die Fahrzeug-Laufzeiten wurden normiert, um eine Verzerrung der Wegstrecke durch unterschiedliche Nutzungszeiten zu vermeiden. Des Weiteren sind zwei angefitzte Weibull-Verteilungsfunktionen  $F_{WD}(t)$  nach dem Stand der Technik (gemäß Gleichung 1) zu erkennen, die Parameter wurden mittels Maximum-Likelihood-Verfahren bestimmt

(vgl. [2]). Zusätzlich enthält die Abbildung die jeweiligen Vertrauensbereiche, die jeweils den wahren, aber unbekannten Verlauf des Weibull-Verteilungsmodells – und damit des Ausfallverhaltens – mit einer vorgegebenen Wahrscheinlichkeit, dem Vertrauensniveau  $\gamma$ , überdecken. Zu erkennen ist, dass die Breite der jeweiligen Vertrauensbereiche sehr stark ausgeprägt ist und sich beide Vertrauensbereiche überlagern. Dies liegt darin begründet, dass insbesondere bei kleinen Stichprobenumfängen die Vertrauensbereichsbreite stark anwächst und dadurch nur bedingt eine statistische Aussage hinsichtlich eines unterscheidbaren Ausfallverhaltens mittels Weibull-Verteilung getroffen werden kann. Neben dem Vergleich zweier Ausfallverhalten mittels parametrischer Weibull-Verteilungsmodelle sowie deren Vertrauensbereiche sieht der Industriestandard die Verwendung einfacher parametrischer Testverfahren vor. Hauptsächlich werden die beiden Parameter-Testverfahren t-Test (Vergleich zweier Mittelwerte) und F-Test (Vergleich zweier Streuungen) verwendet, welche das Vorliegen einer Normalverteilung voraussetzen (vgl. [11]). Bei kleinen Stichprobenumfängen kann häufig eine Normalverteilung angenommen werden, daher ist im vorliegenden Fallbeispiel ein Vergleich der beiden Stichproben mittels t-Test und F-Test möglich. Die Auswertung beider Stichproben ergibt nach t-Test und F-Test, dass beide Stichproben bezogen auf die Mittelwerte und Streuungen gleich sind. Hierfür wird bei beiden Testverfahren jeweils die Prüfgröße, die aus den Schadensdaten berechnet wird, mit einem kritischen Wert, abhängig

$$F_{WD}(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{T}\right)^b}$$

Gleichung 1

$$\lambda(t) = \frac{f_{WD}(t)}{1 - F_{WD}(t)}$$

Gleichung 2

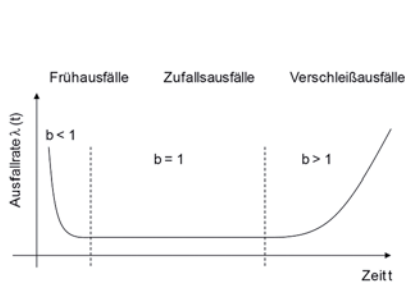


Abb. 1: Beispiel eines typischen Funktionsverlaufes der Ausfallrate  $\lambda(t)$

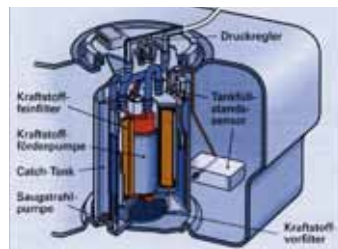


Abb. 2: Schematischer Aufbau einer Fahrzeug-Kraftstoffförderpumpe [5]

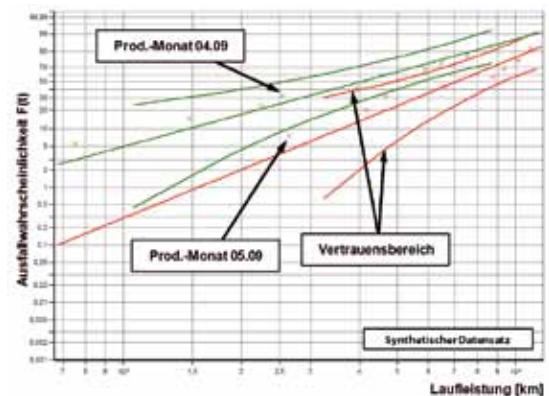


Abb. 3: Fallbeispiel „Feldanalyse Kraftstoffförderpumpe“; Vergleich des Ausfallverhaltens auf Basis zweier Produktionsmonate bei Lieferantenwechsel



vom Signifikanzniveau  $\alpha$ , verglichen. Liegt die Prüfgröße im Intervall  $\pm$  kritischer Wert, wird die Null-Hypothese – es besteht ein Zusammenhang zwischen beiden Stichproben – angenommen. Zur Bewertung der Wirksamkeit des Lieferantenwechsels zur Kraftstoffförderpumpen-Fertigung würde zu diesem frühen Zeitpunkt keine signifikante Besserung im Feld beobachtet werden können (vgl. Tabelle 1). Zusammenfassend können folgende Nachteile beim Einsatz parametrischer Verfahren in der Zuverlässigkeitsanalytik festgehalten werden:

- Die Unterscheidbarkeit des dargestellten Ausfallverhaltens unterschiedlicher Produktionsmonate mittels Verteilungsmodelle ist auf Basis weniger bekannter Schadensfälle (kleine Stichproben) nicht zu gewährleisten.
- Die zusätzliche Anwendung von statistischen parametrischen Testverfahren (etwa t-Test/F-Test) liefern ebenfalls keine Hinweise auf eine Differenzierbarkeit der betrachteten kleinen Stichproben.

#### Einsatz nichtparametrischer statistischer Testverfahren

Auf Grund der aufgezeigten Defizite parametrischer Verfahren innerhalb der Zuverlässigkeitsanalytik müssen erweiterte Ansätze zur statistischen Auswertung von Feldschadensdaten hinzugezogen werden. Das Fachgebiet für Qualitätsmanagement und Fertigungsmesstechnik erprobt im Rahmen laufender Forschungstätigkeiten in Koopera-

tion mit Fahrzeugherstellern entwickelte Ansätze zur statistischen Zuverlässigkeitsanalyse in empirischen Studien, mit den Zielen

- der frühzeitigen Erkennung von Schadenskausalitäten bei Vorliegen erster Feld-Schadensfällen (kleine Stichproben),
- dem frühzeitigen Vergleich einzelner Produktionsmonate/Produktionschargen und
- der verknüpften Anwendung von klassischen – „State-of-the-art“ – parametrischen und nichtparametrischen Testverfahren.

Ein Ansatzpunkt zur Sicherstellung der genannten Ziele liegt in der Verwendung der genannten nichtparametrischen Testverfahren. Gegenüber den bekannten parametrischen Testverfahren bieten nichtparametrische Testverfahren unter den gegebenen Anforderungen folgende Vorteile [7]:

- unabhängig anwendbar vom Verteilungsmodell. Bei kleinen Stichproben kann nicht angenommen werden, dass sich die Ausfälle nach einem bestimmten Verteilungsmodell verhalten.
- kleine Stichprobenumfänge erforderlich
- verhältnismäßig simple Berechnung

Eine gute Übersicht zu relevanten nichtparametrischen Testverfahren findet sich etwa bei Büning und Siegel (vgl. [6] und [7]). Im Fallbeispiel „Feldanalyse Kraftstoffförderpumpe“ verdeutlicht die Darstellung beider Produktionsmonate in einem Box-Plot-Diagramm die Schwierigkeit ein geeignetes parametrisches

Verteilungsmodell anzunehmen (vgl. Abb. 5). Die Streuung des Stichproben-Mittelwerts ist erheblich, die Differenzierbarkeit mittels t-Test/F-Test nachgewiesener Weise nicht möglich. Daher eignen sich zur Bewertung der Wirksamkeit des im Fallbeispiel vorliegenden Lieferantenwechsels nichtparametrische Testverfahren zur Untersuchung ordinaler unabhängiger Datensätze zweier Stichproben (vgl. rote Markierung Abb. 4). Für das vorliegende Fallbeispiel werden daher zwei geeignete nichtparametrische Testverfahren, der U-Test (Man-Whitney-U-Test) und der Siegel-Tukey-Test, zur Bewertung der beiden Stichproben ausgewählt. Der U-Test – dessen parametrisches Äquivalent der t-Test ist – überprüft die Null-Hypothese, im Hinblick auf die Gleichheit der Mittelwerte beider Stichproben. Der Siegel-Tukey-Test – vergleichbar mit dem parametrischen F-Test – überprüft die Null-Hypothese, ob die beiden Stichproben aus der gleichen Grundgesamtheit stammen. Die Auswertung beider Stichproben ergibt nach U-Test und Siegel-Tukey-Test, dass beide Stichproben nicht gleich sind. Auch hierbei wird die jeweilige Prüfgröße mit dem jeweiligen kritischen Wert verglichen. Liegt die Prüfgröße beim U-Test unter dem kritischen Wert, wird die Null-Hypothese abgelehnt. Beim Siegel-Tukey-Test wird die Null-Hypothese abgelehnt, wenn mindestens eine der beiden Prüfgrößen den unteren oder oberen kritischen Wert unter- beziehungsweise überschreitet oder erreicht. Zur Bewertung der Wirksamkeit des Lieferantenwechsels mit Fokus Kraftstoffförderpumpen-Fertigung würde daher zu diesem frühen Zeitpunkt in der Feld-Beobachtung eine signifikante Veränderung der Produktqualität (des Ausfallverhaltens) beobachtet werden können (vgl. Tabelle 2). Die nichtparametrische Statistik eröffnet hier im Vergleich zur parametrischen Statistik die Möglichkeit, zu einem früheren Zeitpunkt Aussagen über Differenzen des Chargen-Ausfallverhaltens zu treffen.

#### Zusammenfassung und Ausblick

Der industrielle Standard der Zuverlässigkeitsanalyse stößt bei der Betrachtung kleiner Stichproben, die im Rahmen frühzeitiger Zuverlässigkeitsanalysen auftreten, an seine Grenzen. Die aufgezeigten nichtparametrischen Testverfahren ermöglichen eine sichere statistische Analyse kleiner Stichprobenumfänge. Verbunden mit weiteren Methoden der Zuverlässigkeitsanalytik, wie etwa der WCF-Ansatz, DCD-Algorithmus und der FDA-Prozess (vgl. [8], [9] und [10]),

| Produktionsmonat | Stichprobenumfang n | Mittelwert [km] | Streuung [km] |
|------------------|---------------------|-----------------|---------------|
| 04.09            | 11                  | 4380            | 2559          |
| 05.09            | 8                   | 6978            | 2975          |

| Testverfahren | Signifikanzniveau [%] | Prüfgröße                 | kritischer Wert            |
|---------------|-----------------------|---------------------------|----------------------------|
| t-Test        | 5                     | $t_{\text{prüf}} = 2,08$  | $t_{\text{krit}} = 2,11$   |
| F-Test        | 5                     | $F_{\text{prüf}} = 1,292$ | $F_{\text{krit}} = 3,9498$ |

Tabelle 1: Übersicht der Ergebnisse t-Test und F-Test bei angenommener Normalverteilung

| Produktionsmonat | Stichprobenumfang n | Mittelwert [km] | Streuung [km] |
|------------------|---------------------|-----------------|---------------|
| 04.09            | 11                  | 4380            | 2559          |
| 05.09            | 8                   | 6978            | 2975          |

| Testverfahren     | Signifikanzniveau [%] | Prüfgröße | kritischer Wert |
|-------------------|-----------------------|-----------|-----------------|
| U-Test            | 5                     | 18        | 19              |
| Siegel-Tukey-Test | 5                     | 32/114    | 55/105          |

Tabelle 2: Übersicht der Ergebnisse U-Test und Siegel-Tukey-Test

ermöglichen nichtparametrische Testverfahren über den gesamten Produktlebenszyklus im Bereich kleiner Stichprobenumfänge aussagekräftige und sichere Handlungsempfehlungen basierend auf der statistischen Schadensdatenauswertung zu treffen. Die Vorteile der statistischen Zuverlässigkeitsanalytik unter Zuhilfenahme der nichtparametrischen Testverfahren lassen sich wie folgt skizzieren:

1. Einsatz nichtparametrischer Testverfahren bereits bei kleinen Stichprobenumfängen zu einem frühen Feldbeobachtungszeitpunkt möglich, an welchem parametrische Verfahren nicht einsetzbar sind.
2. Statistisch abgebildetes Ausfallverhalten der Schadenskausalitäten mittels Verteilungsmodellen ist (noch) nicht nötig, beziehungsweise muss nicht bekannt sein.
3. Unterstützung bei der Auswahl geeigneter Maßnahmen zu einem frühen Zeitpunkt.

Aufbauend auf Ergebnissen der Anwendung nichtparametrischer Testverfahren können bei Anwachsen der Feld-Schadensfälle herkömmliche, parametrische Testverfahren durchgeführt werden. Bei differenzierter Betrachtung einzelner Schadensdaten, etwa dem Vergleich mehrerer Produktionsmonate oder verschiedener Schadenskausalitäten, können nichtparametrische Testverfahren jedoch weiterhin ergänzend verwendet werden. Die langfristige Zielsetzung wird die Abbildung komplexer Schadensstrukturen bei komplexen Baukomponenten und Systemen in der Fahrzeugtechnik zu einem frühen Zeitpunkt in der Feldbeobachtung nach Fahrzeug-Markteinführung sein. Hierbei steht die Schadensfrüherkennung beziehungsweise präventive Qualitätsabsicherung nachfolgender Fahrzeug- sowie Bauteilgenerationen im Zentrum.

Stefan Bracke

## LITERATUR

- [1] Ronniger, C. (2000): Zufällig oder systematisch. Erschienen in: Qualität und Zuverlässigkeit (QZ), Nr. 5, 45. Jahrgang, Seiten 586–590
- [2] Bertsche, B. und Lechner, G. (2004): Zuverlässigkeit im Fahrzeug- und Maschinenbau, Springer Verlag, Heidelberg
- [3] Linß, G. (2005): Qualitätsmanagement für Ingenieure, Carl Hanser Verlag, München
- [4] Eckel, G. (1977): Bestimmung des Anfangsverlaufs der Zuverlässigkeitsfunktion

tion von Automobilteilen. Erschienen in: Qualität und Zuverlässigkeit (QZ), Nr. 9, 22. Jahrgang, Seiten 206–208

- [5] Gescheidle, R. (Hrsg.) (2004): Fachkunde Kraftfahrzeugtechnik. Verlag Europa-Lehrmittel, Haan-Gruiten
- [6] Siegel, S. (2001): Nichtparametrische statistische Methoden, Klotz, Eschborn bei Frankfurt a. M.
- [7] Büning H. und Trenkler G. (1994): Nichtparametrische statistische Methoden, De Gruyter, Berlin
- [8] Bracke, S. und Haller, S. (2010): Analysing multiple damage causes of complex products using DCD algorithm and WCF approach. Konferenz-Einzelbericht: Bris, R.; Guedes Soares, C. Martorell, S. (Hrsg.): Re-

liability, Risk and Safety: Theory and Applications. Taylor & Francis Group London

- [9] Bracke, S.; Haller, S. (2008): Defekt – aber warum? Softwarealgorithmus analysiert komplexe Schadenssymptome. Erschienen in: Qualität und Zuverlässigkeit (QZ), Nr. 11
- [10] Bracke, S.; Haller, S. (2009): The field damage analysis (FDA) – process for supporting the development of environmental-friendly products. Konferenz-Einzelbericht: 7th Global Conference on Sustainable Manufacturing, Sunstainable Product Development and Life Cycle Engineering, Indian Institute of Technology Madras, Chennai, Indian, 2.–4. Dezember
- [11] Sachs, L. (2002): Angewandte Statistik, Springer Verlag, Berlin

| Mess-niveau | Einstich-probenfall                       | Zwei Stichproben                                 |                                                                                                                                   | c Stichproben                         |                                                                                           |
|-------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
|             |                                           | Abhängige Datensätze                             | Unabhängige Datensätze                                                                                                            | Abhängige Datensätze                  | Unabhängige Datensätze                                                                    |
| Nominal     | Binomial Test<br>$\chi^2$ Test            | McNemar Test der Signifikanz                     | Fisher Test<br>$\chi^2$ Test                                                                                                      | Cochrans-Q-Test                       | $\chi^2$ Test                                                                             |
| Ordinal     | Kolmogorov-Smirnov Test<br>Sequenzanalyse | Man-Whitney U- (Wilcoxon) Test<br>Vorzeichentest | Median Test<br>Man-Whitney U- (Wilcoxon) Test<br>Siegel-Tukey Test<br>Kolmogorov-Smirnov Test<br>Mood Test<br>Wald-Wolfowitz Test | Friedmans-Zwei-Weg-Rangvarianzanalyse | Extension des Mediantests<br>Ein-Weg-Rangvarianz-Analyse nach Kruskal und Wallis (H-Test) |

Abb. 4: Übersicht nichtparametrischer Testverfahren

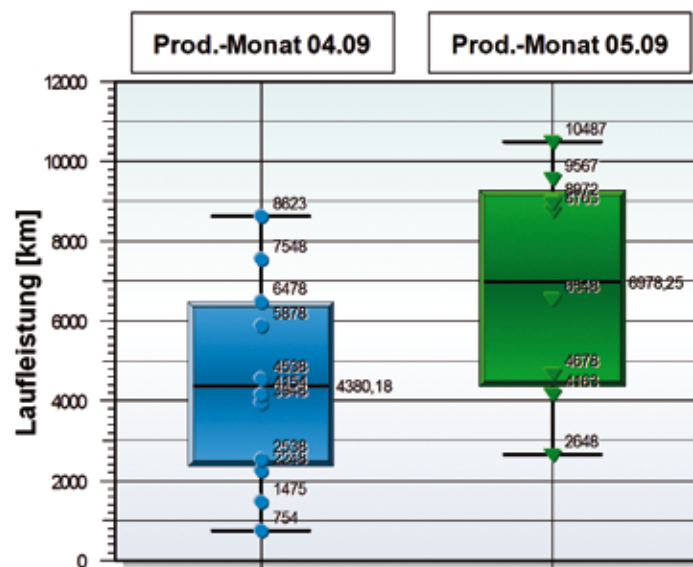


Abb. 5: Darstellung beider Fallbeispiel-Stichproben im Box-Plot-Diagramm

# Eignungsfähigkeit des Gewinderollens bei dünnwandigen Hohlkörpern

## ABSTRACT

Ziel dieses Projekts war es Antworten auf die Frage zu erhalten: Wie geeignet ist das Verfahren des Gewinderollens als Ersatz für die zerspanende Gewindefertigung bei dünnwandigen Hohlkörpern? Betrachtet wurden in diesem Zusammenhang Axialgewinderollen und Gewinderollen mit radialer Zustellung.

## PROJEKTLEITUNG

Prof. Dr.-Ing. Bernd Franzkoch  
Fakultät für Informatik und  
Ingenieurwissenschaften  
Institut für Produktentwicklung,  
Produktion und Qualität  
franzkoch@gm.fh-koeln.de

## PROJEKTBETEILIGTE

Dipl.-Ing. Rolf Bruns  
rolf.bruns@fh-koeln.de  
Dipl.-Ing. Klaus Ullrich  
Dragana Ivakovic  
Markus Niehaus

Im Rahmen des durchgeführten Projekts galt es, die Eignungsfähigkeit des Gewinderollens als Ersatz für die zerspanende Gewindefertigung bei dünnwandigen Hohlkörpern zu ermitteln. Betrachtungsrelevant waren Verschraubungen aus Kupfer und Edelstahl. Verknüpft mit dieser Absicht ist die Minimierung des Materialeinsatzes. Es gilt, die Wandstärke der Werkstücke so dünn wie möglich auszuführen. Die Frage der Machbarkeit, die Ermittlung von relevanten Randbedingungen sowie das Aufzeigen eines Lösungsansatzes für das Verfahren „Gewinderollen“ wurden als Aufgabe dem Institut für Produktentwicklung, Produktion und Qualität (IPPQ) der Fachhochschule Köln, Campus Gummersbach übertragen. Die Bearbeitung der Aufgabe sah in einem ersten Schritt die Durchführung einer Literaturstudie, die Sichtung der Normen sowie die Analyse der Hersteller vor. Die für die Praxis relevanten Verfahren Axial-, Radial- und Tangentialgewinderollen wurden vorgestellt. Die wichtigsten Merkmale dieser Verfahren wie: Rollgeschwindigkeit, Antriebsleistung/Rollmoment, Kräfte beim Rollen und die erreichbare Dünnwandigkeit von Werkstücken wurden aufgezeigt. Das Produktprogramm der Hersteller wurde dargestellt.

## Beschreibung der Gewinderollverfahren

Die Verfahren zur spanlosen Gewindeherstellung lassen sich übergeordnet danach

unterscheiden, ob das Gewinde zwischen angetriebenen oder nicht angetriebenen Profilwerkzeugen entsteht. Bei Einzeckmaschinen mit angetriebenen Walzen spricht man vom Gewindewalzen, während die Herstellung mit Gewinderollköpfen auf herkömmlichen Werkzeugmaschinen als Gewinderollen bezeichnet wird. Beim Gewinderollen wird der Antrieb von der Werkzeugmaschine übernommen, können Gewinderollköpfe auch auf umlaufenden Werkzeugmaschinen wie Drehmaschinen oder Bohrmaschinen eingesetzt werden. Beim Eindringen des Werkzeugs in das Werkstück füllen sich nach dem Verdrängungsverhältnis die Profillücken der Rollen mit dem aufbließenden Werkstoff. Dabei steigt der Werkstoff an den Flanken der eindringenden Gewindegänge stärker hoch als zwischen den Gängen (Abb. 1 links). Besonders bei Spitzgewinden kann es dadurch zur Bildung einer sogenannten Schließfalte kommen. Diese kann bis zu 20 Prozent der Gewindetiefe betragen. Harte Werkstoffe bilden tiefere Schließfalten als weiche. Die Tragfähigkeit der Gewinde wird durch eine Schließfalte nicht verringert. Durch die spanlose Umformung entsteht praktisch keine Volumenänderung. Die mit Rundwerkzeugen arbeitenden Verfahren lassen sich in Einstech- und Durchlaufverfahren untergliedern sowie nach der Vorschubrichtung – axial, radial und tangential. Das Axialverfahren wird dem

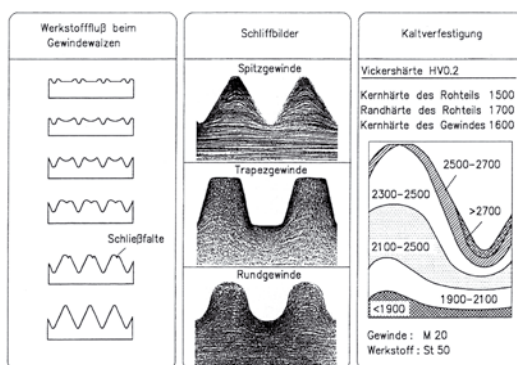


Abb. 1 links: Werkstofffluss beim Gewindewalzen, Mitte: Schliffbilder, Faserverlauf, rechts: Kaltverfestigung an den Gewindeflanken, Quelle: Klocke, König, Fertigungsverfahren 4, Springer, S. 249 ff

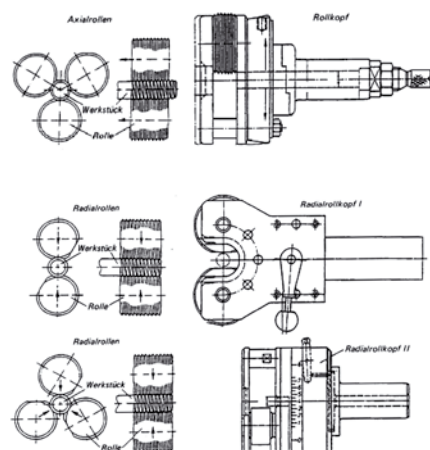


Abb. 2: Axialrollen, Quelle: VDI, VDI-Richtlinie 3174

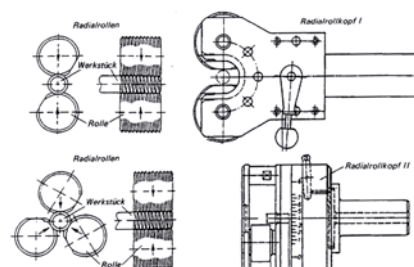


Abb. 3: Radialrollen, Quelle: VDI, VDI-Richtlinie 3174

Durchlaufverfahren, das Radial- und Tangentialverfahren dem Einstechverfahren zugeordnet. Bei den Gewinderollverfahren findet eine Erhöhung der Werkstofffestigkeit in den Gewindeflanken statt. Während die Struktur des Werkstoffs vor dem Gewinderollen eine in axialer Richtung verlaufende Faserung aufweist, passt sich der Faserverlauf des Werkstücks durch den Rollvorgang der Form des Gewindes an, wobei sich besonders bemerkenswerte Verfestigungen im Kerngrund des gerollten Gewindes ergeben. Sie bringen zusätzliche Vorteile wie geringe Kerbempfindlichkeit (Abb. 1). Durch die Verfestigung steigt die Härte des Werkstoffs im Bereich des Gewindeprofils örtlich teilweise bis fast auf den doppelten Wert der Ausgangshärte (Abb. 1). Die Tragkrafterhöhung, infolge der Verfestigung, liegt beispielsweise bei Stahlschrauben M10 bei 6 bis 12 Prozent gegenüber spannungsgemäß hergestellten Gewinden.

#### **Vor- und Nachteile der Gewinderollverfahren**

Vorteile des Gewinderollens gegenüber dem Gewindeschneiden:

- hohe Genauigkeit bei hoher Ausbringung
- pressglatte Oberflächen der gewalzten Gewinde, dessen Rauhtiefe kleiner als die einer geschliffenen Oberfläche ist. Dies führt zu einer hohen Verschleißfestigkeit
- Erhöhung der Werkstofffestigkeit in den Gewindeflanken
- Erhöhung der Biegezugfestigkeit in den Randschichten
- kaltverfestigte Flanken ertragen eine höhere Flächenpressung als geschnittene Gewinde und zeichnen sich durch Korrosionsbeständigkeit aus.
- Werkstoffersparnis, da das Vorarbeitungsmaß kleiner als der gewünschte Gewindeaußendurchmesser ist
- gleichbleibende Profilgenauigkeit
- Werkstoffe mit einer Festigkeit  $R_m \leq 1400 \text{ N/mm}^2$  sind auch im vergüteten Zustand rollbar

Nachteile des Gewinderollens gegenüber dem Gewindeschneiden:

- Ist eine Wärmebehandlung erforderlich, wird diese möglichst vor dem Rollen durchgeführt, da die Verfestigung beim Erwärmen wieder abgebaut würde.
- hohe Werkzeugbeschaffungskosten
- Zu jedem unterschiedlichen Gewindedurchmesser, auch bei gleicher Steigung, ist ein dem jeweiligen Durchmesser entsprechender Rollensatz notwendig.

#### **Axialgewinderollen**

Beim Axialgewinderollen im Durchlaufverfahren wird ein Rollkopf mit in der Regel drei Rollen ausgerüstet. Die Drehachsen werden um den Steigungswinkel des Gewindes geschwenkt. Die Rollen tragen ein steigungsloses Rillenprofil, das von der Einlaufseite her zunächst geringere Tiefe und größere Kopfradien aufweist. Wird dazu noch berücksichtigt, dass durch die um den Steigungswinkel gegenüber der Werkstückachse verdrehten Walzenachsen der Abstand des Walzenprofils zum Werkstück im Einlaufteil noch vergrößert wird, ist zu erkennen, dass ein stufenweise zunehmendes Eindringen des Walzenprofils erfolgt. Als Nachteil dieses Verfahrens ist zu beachten, dass aufgrund der ansteigenden Profiltiefe im Anrollen beim Abbruch des Rollprozesses am Gewindeauslauf die letzten Gewindegänge nicht das volle Maß haben. Soll zum Beispiel ein Gewinde bis zu einem Bund voll ausgenutzt werden, kann dieses Verfahren nur mit Einschränkung angewendet werden.

#### **Radialgewinderollen**

Beim Radialgewinderollen werden zwei oder drei mit Steigung versehene Gewinderollen achsparallel zum Werkstück und mit festem Abstand in den Rollkopf eingebaut. Hierbei kann das Werkstück stillstehen oder umlaufen. Beim Gewinderollen mit radialer Zustellung werden zwei Gewinderollen in einen seitlich offenen c-förmigen Rollkopf aufgenommen, wodurch hier von der Seite her hinter einem Bund Gewinde gerollt werden kann. Hierbei muss das Werkstück umlaufen. Steigungswinkel und Gewindeprofil müssen mit dem zu rollenden Gewinde übereinstimmen. Vor dem Gewinderollen sind die Rollen dem Werkstück mit der abgeflachten Seite zugewandt. Daher kann der Rollkopf vorschubunabhängig über das Werkstück in Rollposition gebracht werden. Nach Auflösen der Federspannung verdrehen sich die Rollen so weit, bis sie vom Werkstück mitgenommen werden. Im Auslaufteil wird das Federwerk gespannt, und die Rollen kommen in der Ausgangsstellung wieder zur Ruhe. Weil bereits nach einer Umdrehung der Gewinderolle das Gewinde fertig gestellt ist, liegt hier die Rollzeit nur im Bereich von Sekundenbruchteilen. Außerdem lassen sich Gewinde mit außergewöhnlich kurzem Gewindeauslauf herstellen. Allerdings ist hier im Gegensatz zum Gewinderollen im Durchlaufverfahren die mögliche Gewindelänge durch die größte Walzenbreite begrenzt.

#### **Forderung:**

##### **Dünnwandigkeit der Werkstücke**

Beim Gewinderollen wird der Werkstoff zum Fließen gebracht. Material fließt in die Profilrillen des Werkzeugs und bildet die Gewindeflanken. Das führt zum Aufweiten des Innendurchmessers und kann zum Platzen des Werkstücks und sogar zur Zerstörung des Rollkopfs führen. Daher ist es wichtig, den Vorverarbeitungsdurchmesser sehr genau mit geringen Toleranzen einzuhalten und das Werkstück entsprechend anzufassen. Die einwirkenden Kräfte auf das Werkstück sind so gering wie möglich zu halten. Die hohe Radialkraft beim Radialrollverfahren hat sich als besonders problematisch herausgestellt, da sie die wesentliche Kenngröße dieses Verfahrens darstellt und nur schlecht minimiert werden kann.

##### **Bewertung der Verfahren**

Die Durchführung des zweiten Schritts der Projektaufgabe sah die Erarbeitung eines Lösungsvorschlags mit Auswahl des im Hinblick auf die Umsetzbarkeit geeigneten Verfahrens sowie des geeigneten Herstellers vor. Zur Auswahl des geeigneten Verfahrens wurde anhand von im Vorfeld festgelegten spezifischen Vorgaben sowie der relevanten Kriterien der Verfahren gemäß der Literaturstudie ein Vergleich der Verfahren Axial- und Radialgewinderollen durchgeführt. In dem Vergleich wurde das Verfahren Tangentialgewinderollen nicht mit einbezogen, weil die Vorgaben auswiesen, dass die Bearbeitung bei stillstehendem Werkstück erfolgen muss. Der Vergleich der Verfahren wurde gegenüberstellend mit einfacher Bewertung durchgeführt. Der durchgeführte Vergleich zeigt, dass das Axialgewinderollen das geeignete Verfahren ist. Es zeigte sich, dass das Bearbeiten von Hohlkörpern nur mit diesem Verfahren möglich ist, da beim Axialgewinderollen die wichtigen Kenngrößen wie die Radialkraft, Rollmoment und Antriebsleistung klein gehalten werden können. Im Weiteren wurde für das ausgewählte Axialgewinderollverfahren eine systematische Herstellerwahl durchgeführt. Ableitend aus der technischen Kompetenz und Marktdurchdringung orientierte sich der Vergleich der Hersteller an den Bewertungskriterien wie: Gewindedurchmesser, Anzahl der Rollköpfe gekoppelt mit Preisaussage, mechanische Kopfausführung, Rüstaufwand und Kompetenz des Herstellers. Basierend auf diesen Bewertungen wurden Empfehlungen hinsichtlich der Hersteller sowie zur praktischen Umsetzung des Gewinderollens gemacht.

Bernd Franzkoch

# Schätzung querdynamischer Größen von Fahrzeugen ohne die Verwendung von Reifenmodellen

Die Weiterentwicklung von Fahrdynamikregelsystemen wird durch steigende Ansprüche an Fahrkomfort und Sicherheit vorangetrieben. Dabei ist die Qualität dieser Systeme stark abhängig von der Genauigkeit bestimmter fahrdynamischer Größen, die für die Regelungen benötigt werden. Der Einsatz von Sensoren zur direkten Messung aller benötigten Größen ist in Serienfahrzeugen aus Kosten- und Wartungsgründen nicht denkbar. Stattdessen kommen Beobachter zum Einsatz, die mit Hilfe eines mathematischen Modells und der vorhandenen Messgrößen fehlende, nicht gemessene Größen rekonstruieren. Dabei sollte das mathematische Modell so komplex wie nötig und so einfach wie möglich sein, um den Aufwand für die Modellbildung und Validation sowie den für eine spätere Realisierung erforderlichen Rechenaufwand gering zu halten.

Zur Schätzung querdynamischer Größen sehen verschiedene Beobachter [1,2] den Einsatz komplexer Fahrzeugmodelle (Zweispurmodelle mit nichtlinearen Reifenmodellen) für den Beobachterentwurf vor, um möglichst gute Ergebnisse zu erreichen. Die Schätzergebnisse hängen jedoch maßgeblich von der Güte (Modellstruktur und Parameter) der verwendeten Reifenmodelle ab. In diesem Beitrag wird ein Beobachter beschrieben, der ein vergleichsweise einfaches mathematisches Modell verwendet, damit jedoch sehr gute Schätzergebnisse liefert. Als Grundlage dabei dient ein Einspurmodell. Anders als bei konventionellen Beobachtern kommen hier jedoch keine Reifenmodelle zum Einsatz. Stattdessen wird ein sogenanntes Signalmodell genutzt, ähnlich wie bei einem Beobachter zur Schätzung von Strukturlasten bei Flugzeugen [3,4]. Damit wird eine sehr genaue Schätzung fahrdynamischer Größen unabhängig vom verwendeten Reifentyp und von der Fahrbahnbeschaffenheit ermöglicht. Ein vergleichbarer Ansatz wird für einen komplexeren Beobachter in [5] vorgestellt.

## Fahrzeugmodell

Für den Entwurf des hier vorgestellten Beobachters wird als Fahrzeugmodell ein nichtlineares Einspurmodell verwendet. Dabei werden die Reifenseitenkräfte als externe Eingangsgrößen im Modell berücksichtigt. Abb. 1 zeigt das zugehörige physikalische Ersatzmodell.

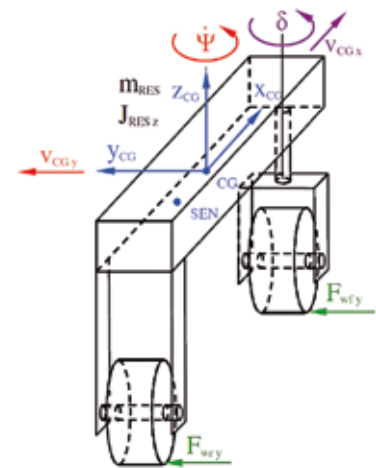


Abb. 1 Physikalisches Ersatzmodell des Einspurfahrzeugs

Für den Beobachterentwurf wird das dynamische Verhalten der Strecke (indiziert **plant**), in diesem Fall des Einspurfahrzeugs, durch die Zustandsdifferentialgleichung

$$\begin{aligned}\dot{\underline{x}}_p &= \underline{f}_p(\underline{x}_p, \underline{u}_{pc}, \underline{u}_{pe}), \\ \underline{x}_p(t=0) &= \underline{x}_{p0}\end{aligned}\quad (1)$$

beschrieben. Darin treten als Variable der Zustandsvektor  $\underline{x}_p$ , der Steuereingangsvektor  $\underline{u}_{pc}$  (indiziert **plant control**) und der Eingangsvektor  $\underline{u}_{pe}$  (indiziert **plant external**) für die Reifenseitenkräfte auf. Die Zustandsgrößen im Vektor  $\underline{x}_p$  sind die Giergeschwindigkeit  $\dot{\Psi}$  des Fahrzeugs und die Lateralgeschwindigkeit  $v_{CG,y}$  des Fahrzeugschwerpunkts im fahrzeugfesten Koordinatensystem CG. Steuereingangsgrößen im Vektor  $\underline{u}_{pc}$  sind der Lenkwinkel  $\delta$  sowie die Fahrzeuggeschwindigkeit  $v_{CG,x}$ .

## ABSTRACT

Fahrdynamikregelsysteme, wie ABS und ESP, gehören heute in vielen Fahrzeugen zur Serienausstattung. Da solche Regelsysteme mit Größen arbeiten, die im Serienfahrzeug messtechnisch nicht zur Verfügung stehen, werden Beobachter (Zustandsschätzer) eingesetzt. Ein solcher Beobachter berechnet diese nicht gemessenen Größen auf Grundlage eines mathematischen Modells des Fahrzeugs durch Einbeziehung vorhandener Messgrößen. Konventionelle Beobachter setzen als Teil des mathematischen Fahrzeugmodells Reifenmodelle ein und liefern bei sich ändernden Reifen- und Fahrbahnverhältnissen unzureichend genaue Schätzungen für fahrdynamisch relevante Größen. In diesem Beitrag wird ein Beobachter vorgestellt, der anstelle von Reifenmodellen ein Signalmodell verwendet und damit eine genaue Schätzung von Reifenseitenkräften ohne Kenntnisse über Reifen- und Fahrbahneigenschaften ermöglicht.

## PROJEKTLÉITUNG

Prof. Dr.-Ing. Hermann Henrichfreise,  
Dipl.-Ing. Thomas Schubert  
Fakultät für Fahrzeugsysteme und  
Produktion  
Labor für Mechatronik  
Website: [www.clm-online.de](http://www.clm-online.de)  
[info@clm-online.de](mailto:info@clm-online.de)

Der Vektor  $\underline{u}_{pe}$  enthält die Reifenseitenkraft  $F_{wfy}$  an der Vorderachse und die Reifenseitenkraft  $F_{wry}$  an der Hinterachse (indiziert **w**heel **f**ront / **r**ear). Die Messausgangsgleichung

$$\underline{y}_{pm} = \underline{g}_{pm}(\underline{x}_p, \underline{u}_{pc}, \underline{u}_{pe}) \quad (2)$$

stellt mit dem Messausgangsvektor  $\underline{y}_{pm}$  (indiziert **p**lant **m**asurement) die im Fahrzeug gemessenen Größen zur Verfügung. Das sind die Giergeschwindigkeit  $\dot{\Psi}$  und die Querbeschleunigung  $a_{sen\ y}$  eines Punktes SEN des Fahrzeugaufbaus. Zusätzliche Größe im Messausgangsvektor ist die Lateralgeschwindigkeit  $v_{sen\ y}$  des Punktes SEN des Fahrzeugaufbaus im fahzeugfesten Koordinatensystem. Diese Größe steht im Fahrzeug messtechnisch nicht zur Verfügung und wird für den Beobachter mit Hilfe eines separaten Algorithmus aus den vorhandenen Messgrößen erzeugt. Mit der Zielausgangsgleichung

$$\underline{y}_{po} = \underline{g}_{po}(\underline{x}_p, \underline{u}_{pc}, \underline{u}_{pe}) \quad (3)$$

werden im Zielausgangsvektor  $\underline{y}_{po}$  (indiziert **p**lant **o**bjective) die vom Beobachter gewünschten Größen, wie etwa die Reifenseitenkräfte, der Schwimmwinkel oder die Schräglaufwinkel, bereitgestellt.

### Beobachterentwurf

Für den Beobachter wird das Fahrzeugmodell um ein Signalmodell für die Reifenseitenkräfte erweitert. Dieses wird durch die Zustandsdifferentialgleichung

$$\dot{\underline{x}}_e = \underline{f}_e(\underline{x}_e, \underline{u}_e), \quad \underline{x}_e(t=0) = \underline{0} \quad (4)$$

mit dem Zustandsvektor  $\underline{x}_e$  (indiziert **e**xternal) und durch die Ausgangsgleichung

$$\underline{y}_e = \underline{g}_e(\underline{x}_e) \quad (5)$$

beschrieben. Es generiert aus dem Eingangsvektor  $\underline{u}_e$  die Reifenseitenkräfte  $F_{wfy}$  und  $F_{wry}$  als Größen im Ausgangsvektor  $\underline{y}_e$ . Einsetzen von Gleichung (5) in Gleichung (1) durch die Substitution  $\underline{u}_{pe} = \underline{y}_e$  liefert mit Gleichung (4) die Zustandsdifferentialgleichung

$$\begin{bmatrix} \dot{\underline{x}}_p \\ \dot{\underline{x}}_e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \underline{f}_p(\underline{x}_p, \underline{u}_{pc}, \underline{g}_e(\underline{x}_e)) \\ \underline{f}_e(\underline{x}_e, \underline{u}_e) \end{bmatrix}, \quad (6)$$

oder in Kurzform

$$\dot{\underline{x}}_a = \underline{f}_a(\underline{x}_a, \underline{u}_{pc}, \underline{u}_e), \quad (7)$$

des erweiterten Modells der Strecke mit dem erweiterten Zustandsvektor  $\underline{x}_a$  (indiziert

**a**ugmented). Dieser enthält die Zustandsgrößen des Fahrzeugmodells im Vektor  $\underline{x}_p$  und die Zustandsgrößen des Signalmodells im Vektor  $\underline{x}_e$ . Durch Einsetzen von Gleichung (5) in Gleichung (2) erhält man die Messausgangsgleichung

$$\begin{aligned} \underline{y}_{pm} &= \underline{g}_{pm}(\underline{x}_p, \underline{u}_{pc}, \underline{g}_e(\underline{x}_e)) \\ &= \underline{g}_{am}(\underline{x}_a, \underline{u}_{pc}) \end{aligned} \quad (8)$$

und Einsetzen von Gleichung (5) in Gleichung (3) liefert die Zielausgangsgleichung

$$\begin{aligned} \underline{y}_{po} &= \underline{g}_{po}(\underline{x}_p, \underline{u}_{pc}, \underline{g}_e(\underline{x}_e)) \\ &= \underline{g}_{ao}(\underline{x}_a, \underline{u}_{pc}) \end{aligned} \quad (9)$$

des erweiterten Modells der Strecke.

Für den Entwurf des Beobachters wird angenommen, dass das durch Gleichung (7) beschriebene erweiterte Modell an den Steuereingängen im Vektor  $\underline{u}_{pc}$  und den externen Eingängen im Vektor  $\underline{u}_e$  zusätzlich durch Rauschprozesse in den Vektoren  $\underline{v}_{pc}$  und  $\underline{v}_e$  angeregt wird. Diese Rauschprozesse werden im Vektor  $\underline{v}$  für Prozessrauschen zusammengefasst. Die Zustandsdifferentialgleichung für das erweiterte Modell der Strecke in stochastischer Umgebung lautet damit

$$\dot{\underline{x}}_a = \underline{f}_a(\underline{x}_a, \underline{u}_{pc} + \underline{v}_{pc}, \underline{u}_e + \underline{v}_e), \quad (10)$$

oder in Kurzform

$$\dot{\underline{x}}_a = \underline{f}_a(\underline{x}_a, \underline{u}_{pc}, \underline{u}_e, \underline{v}). \quad (11)$$

Darin beschreibt  $\underline{x}_a$  den durch Prozessrauschen beeinflussten erweiterten Zustandsvektor. Damit folgt aus Gleichung (8) die Messausgangsgleichung

$$\underline{\tilde{y}}_{pm} = \underline{g}_{am}(\underline{x}_a, \underline{u}_{pc}) + \underline{w} \quad (12)$$

des erweiterten Modells in stochastischer Umgebung. Hier wird mit dem Vektor  $\underline{w}$  zusätzlich Messrauschen berücksichtigt und somit der Messausgangsvektor  $\underline{\tilde{y}}_{pm}$  durch Prozess- und Messrauschen beeinflusst. Die Vektorprozesse  $\underline{v}$  und  $\underline{w}$  werden dabei als stationäre Gaußsche weiße Rauschprozesse mit bekannter Intensität angenommen. Ausgehend von den Gleichungen (10) und (12) für das erweiterte Modell der Strecke wird die Struktur des Beobachters gemäß [6] durch die nachfolgenden Gleichungen beschrieben. Die Zustandsdifferentialgleichung

$$\dot{\hat{\underline{x}}}_a = \underline{f}_a(\hat{\underline{x}}_a, \underline{u}_{pc}) + \underline{L} \cdot \underline{r}, \quad (13)$$

$$\hat{\underline{x}}_a(t=0) = \hat{\underline{x}}_{a0}$$

des Beobachters liefert mit dem Zustandsvektor  $\hat{\underline{x}}_a$  eine Schätzung für den Zustandsvektor  $\underline{x}_a$ . Darin wird die Differentialgleichung des erweiterten Modells aus Gleichung (7) für  $\hat{\underline{x}}_a$  und  $\underline{u}_e = \underline{0}$  verwendet und der Zustandsvektor  $\hat{\underline{x}}_a$  des Beobachters durch Rückführung des Residuums

$$\underline{r} = \underline{\tilde{y}}_{pm} - \underline{\hat{y}}_{pm} \quad (14)$$

über die Verstärkungsmatrix  $\underline{L}$  dem Zustandsvektor  $\hat{\underline{x}}_a$  der Strecke nachgeführt. Die zugehörige Messausgangsgleichung

$$\underline{\hat{y}}_{pm} = \underline{g}_{am}(\hat{\underline{x}}_a, \underline{u}_{pc}) \quad (15)$$

folgt aus Gleichung (8) mit dem Zustandsvektor  $\hat{\underline{x}}_a$  des Beobachters. Entsprechend ergibt sich die Zielausgangsgleichung des Beobachters

$$\underline{\hat{y}}_{po} = \underline{g}_{ao}(\hat{\underline{x}}_a, \underline{u}_{pc}) \quad (16)$$

aus Gleichung (9).

Abb. 2 zeigt den Beobachter mit dem erweiterten Modell der Strecke. Ähnlich wie bei einem erweiterten Kalman-Filter wird die Verstärkungsmatrix  $\underline{L}$  des Beobachters im Betrieb dem Betriebspunkt des Fahrzeugs nachgeführt. Dabei werden vorab für geeignete Betriebspunkte mit einem linearisierten Modell des Fahrzeugs lineare Kalman-Filter entworfen und die resultierenden Verstärkungen im Echtzeitbetrieb zwischen den Betriebspunkten interpoliert.

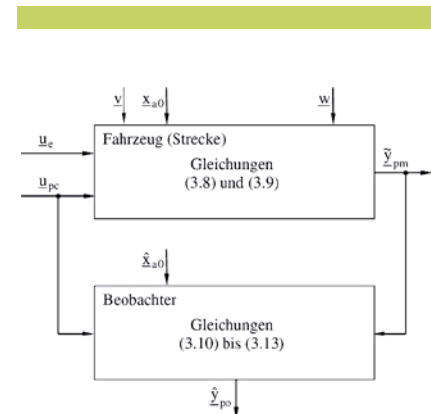


Abb. 2: Beobachter mit erweitertem Modell der Strecke



## Simulationsergebnisse

Zur Bewertung der mit dem beschriebenen Beobachter erzielbaren Schätzergebnisse wird dieser an verschiedenen Fahrzeugmodellen in der Simulation betrieben. Die vom Beobachter benötigten Messsignale werden dabei mit Sensormodellen bereitgestellt, die in der Realität auftretende Effekte wie Rauschen, Quantisierung und Abtastung nachbilden. Aus der Simulation von „Open-loop“- und „Closed-loop“-Fahrmanövern werden die Zeitverläufe der Schätzgrößen und der entsprechenden Referenzgrößen aus dem verwendeten Fahrzeugmodell betrachtet. Zum Vergleich werden zusätzlich die Zeitverläufe der Schätzgrößen von zwei weiteren Beobachtern herangezogen. Diese Beobachter verwenden ein nichtlineares Einspurmodell mit linearen und mit nichtlinearen Reifenmodellen. Sie werden dabei ähnlich dem hier beschriebenen Ansatz als nichtlineare Beobachter mit Nachführung der Beobachterverstärkungen umgesetzt [7]. Die Abbildungen 3–5 stellen die Zeitverläufe von Referenz- und Schätzgrößen für ein „Open-loop“-Sinuslenkmanöver mit einer Frequenz von 1 Hz bei einer Fahrzeuggeschwindigkeit von 80 km/h dar. Als Referenzmodell dient ein nichtlineares Einspurmodell mit nichtlinearen Reifenmodellen. Dargestellt sind jeweils die Zeitverläufe für den Schwimmwinkel und die vordere Reifenseitenkraft für verschiedene Lenkwinkelamplituden und Reibwerte. Abb. 3 zeigt die Verläufe für eine Lenkwinkelamplitude von 50° und einen Reibwert von 1,1. Für dieses Manöver liefern alle Beobachter gute Schätzwerte. Grund dafür ist, dass die Fahrzeugmodelle in allen Beobachtern für den betrachteten Fall eine gute Abbildung der Fahrzeugquerdynamik darstellen. Die linearen Reifenmodelle liefern aufgrund der auftretenden betragsmäßig kleinen Schräglaufwinkel ( $< 1,5^\circ$ ) eine zufriedenstellende Beschreibung der Reifenseitenkräfte. Die Abweichungen der mit dem betreffenden Beobachter erzeugten Schätzgrößen (orange) von den Referenzgrößen (rot) sind verhältnismäßig gering.

Abb. 4 zeigt Ergebnisse für das Manöver mit einer Lenkwinkelamplitude von 150° und einem Reibwert von 1,1. Die Beträge der Schräglaufwinkel nehmen hier größere Werte an. In diesem Fall sind lineare Reifenmodelle zur Beschreibung der Reifenseitenkräfte nicht mehr geeignet. Erwartungsgemäß liefert der Beobachter mit linearen Reifenmodellen Schätzgrößen (orange), die deutlich

von den Referenzgrößen (rot) abweichen. Die Schätzgrößen der übrigen Beobachter stimmen nahezu mit den Referenzgrößen überein.

In Abb. 5 werden die Zeitverläufe für das Sinuslenkmanöver für eine Lenkwinkelamplitude von 50° und ein Reibwert von 0,3 betrachtet. Dieser Reibwert tritt z.B. bei einer schneebedeckten Fahrbahnoberfläche auf. Für diesen Fall erzeugt sowohl der Beobachter mit linearen Reifenmodellen (orange) als auch der Beobachter mit nichtlinearen Reifenmodellen (grün) Schätzgrößen, die deutlich von den Referenzgrößen abweichen. Der Beobachter mit dem Signalmodell (blau) liefert weiterhin gute Schätzwerte. Die relativ großen Abweichungen bei den Beobachtern mit Reifenmodellen treten auf, weil die Reifenmodelle in den Beobachtern für einen bestimmten Reibwert ausgelegt sind und für sich verändernde Reibwerte eine ungenaue Beschreibung der Reifenseitenkräfte liefern. Dagegen arbeitet der Beobachter mit Signalmodell unabhängig von Reifen- und Fahrbahneigenschaften und liefert daher weiterhin gute Ergebnisse. In Abb. 6 und Abb. 7 werden die Verläufe aus einem „Closed-loop“-Manöver nur noch für den Beobachter mit Signalmodell betrachtet. Hier wird mit einem automatischen Fahrer ein doppelter Spurwechsel bei einer Geschwindigkeit von 60 km/h simuliert. Als Referenzmodell dient dabei ein komplexes Zweispurmodell mit 16 Freiheitsgraden [8]. Dargestellt werden die Verläufe für die Summe der vorderen und der hinteren Reifenseitenkräfte und für den Schwimmwinkel. Alle Schätzgrößen zeigen eine gute Übereinstimmung mit den Referenzgrößen.

## Zusammenfassung

In diesem Beitrag zur Schätzung querdynamischer Größen von Fahrzeugen wird ein Ansatz vorgestellt, der auf die Verwendung von Reifenmodellen verzichtet und stattdessen mit einem Signalmodell arbeitet. Simulationsergebnisse für verschiedene Fahrmanöver zeigen, dass mit einem so entworfenen Beobachter auch bei hochdynamischen Fahrmanövern und unabhängig von den Verhältnissen zwischen Reifen und Fahrbahn eine hohe Schätzgenauigkeit erreicht wird. Dagegen ist die Schätzgenauigkeit von Beobachtern mit Reifenmodellen abhängig von der Güte (Modellstruktur und Parameter) des verwendeten Reifenmodells. Weiter wird aus Simulationsergebnissen mit einem komplexen Zweispurmodell [8] deut-

lich, dass mit dem beschriebenen Beobachter auch in dieser realitätsnahen Testumgebung nur geringe Abweichungen der Schätzgrößen von den Referenzgrößen auftreten. Der hier vorgestellte Beobachter erfüllt damit unabhängig von Reifen- und Fahrbahnverhältnissen hohe Anforderungen sowohl an die Schätzgenauigkeit als auch an die Recheneffizienz. Dieser Ansatz lässt sich leicht auf die Schätzung längs- und querdynamischer Größen mit Ein- und Zweispurmodellen übertragen.

*Thomas Schubert / Hermann Henrichfreise*

## LITERATUR

- [1] Reif, K.; Renner, K.; Saeger, M; (2007): Fahrzeugzustandsschätzung auf Basis eines nichtlinearen Zweispurmodells, ATZ 07
- [2] von Vietinghoff, A (2008): Nichtlineare Regelung von Kraftfahrzeugen in querdynamisch kritischen Fahrsituationen. Dissertation, Universität Karlsruhe, Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik
- [3] [DE] 102005058081 – Verfahren zur Rekonstruktion von Böen und Strukturlasten bei Flugzeugen, insbesondere Verkehrsflugzeugen. Patentschrift 2005
- [4] Henrichfreise, H.; Bensch, L.; Jusseit, J.; Merz, L.; Gojny, M. (2009): Estimation of gusts and structural loads for commercial aircraft. Int. Forum on Aeroelasticity and Structural Dynamics (IFASD) 2009, Seattle, USA, 21.–25. Juni
- [5] Nuthong, C.; Svaricek, F. (2008): Estimation of Tire-Road Friction Forces using Extended and Unscented Kalman Filtering for Advanced Vehicle Control. Erschienen in: VDI Berichte, VDI Verlag GmbH, Düsseldorf
- [6] Friedland, B. (1996): Advanced Control System Design, Prentice Hall
- [7] Schubert, T. (2008): Untersuchung von Ansätzen zur Beobachtung querdynamischer Größen von Fahrzeugen, Diplomarbeit, FH Köln, CLM
- [8] Klotzbach, S.; Herfeld, T.; Henrichfreise, H. (2006): Eine flexibel konfigurierbare Modellumgebung für die Fahrdynamiksimulation. AUTOREG 2006, Steuerung und Regelung von Fahrzeugen und Motoren, Wiesloch, 7.–8. März

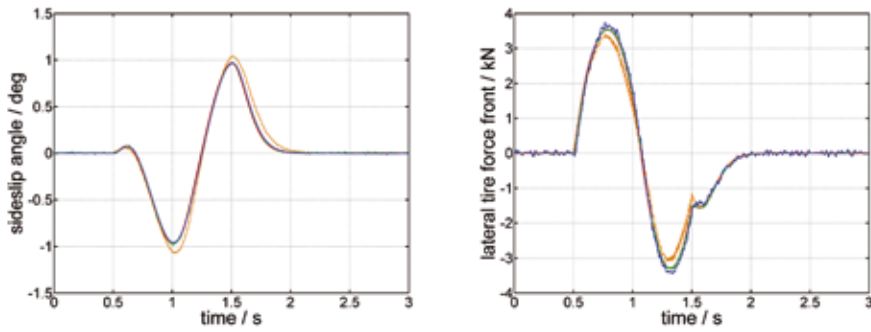


Abb. 3: Schwimmwinkel und vordere Reifenseitenkraft (Lenkwinkelamplitude 50° und Reibwert 1,1) für Fahrzeug (rot), Beobachter mit linearen (orange) / nichtlinearen (grün) Reifenmodellen und mit Signalmodell (blau)

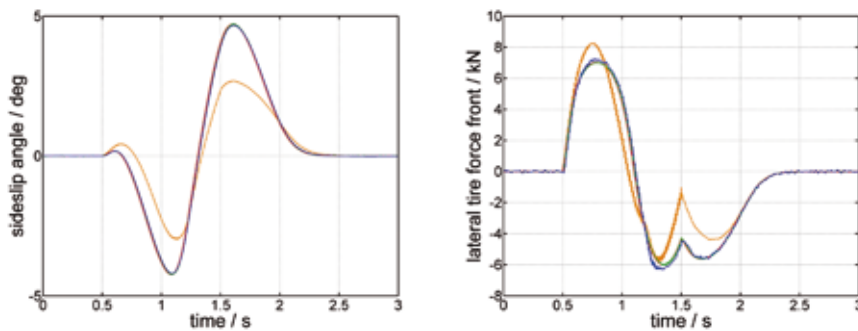


Abb. 4: Schwimmwinkel und vordere Reifenseitenkraft (Lenkwinkelamplitude 150° und Reibwert 1,1) für Fahrzeug (rot), Beobachter mit linearen (orange) / nichtlinearen (grün) Reifenmodellen und mit Signalmodell (blau)

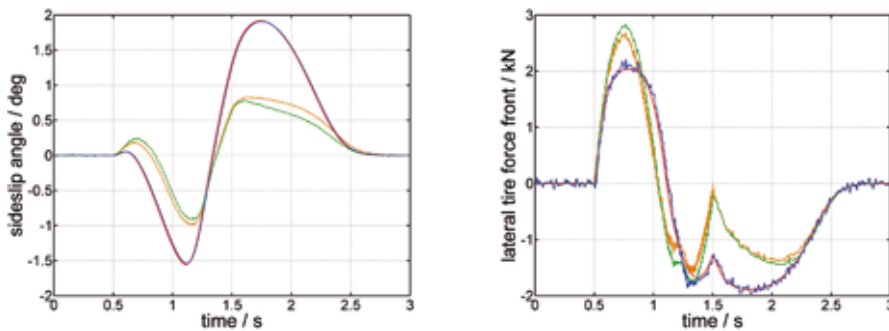


Abb. 5: Schwimmwinkel und vordere Reifenseitenkraft (Lenkwinkelamplitude 50° und Reibwert 0,3) für Fahrzeug (rot), Beobachter mit linearen (orange) / nichtlinearen (grün) Reifenmodellen und mit Signalmodell (blau)

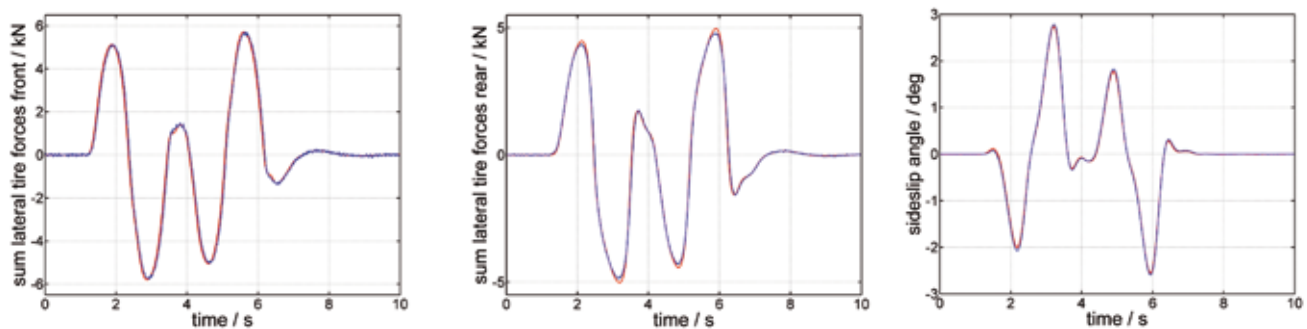
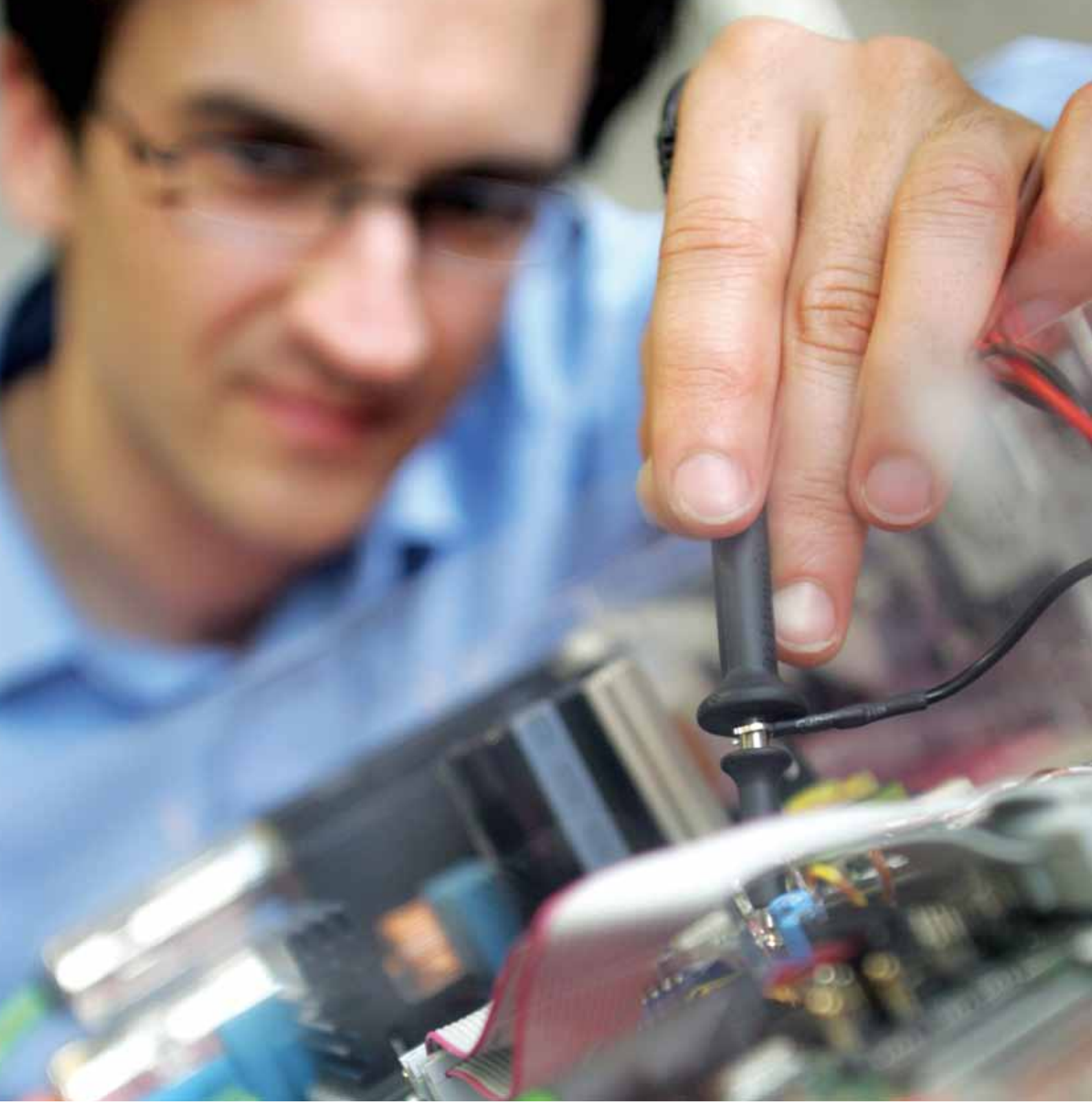


Abb. 6: Summe der vorderen und hinteren Reifenseitenkräfte (doppelter Spurwechsel) für Fahrzeug (rot) und Beobachter mit Signalmodell (blau)

Abb. 7: Schwimmwinkel (doppelter Spurwechsel) für Fahrzeug (rot) und Beobachter mit Signalmodell (blau)



# Inhalt

**Bärwolff, Hartmut**

Untersuchung zum Einsatz und zur Ansteuerung von LEDs im Automotive-Bereich

64

Untersuchungen zur Entwicklung von kapazitiven Näherungssensoren

66

**Elders-Boll, Harald /Dettmar, Uwe/  
Kronberger Rainer**

Innovative Software-Defined Trunked Radio (ISTruRadio)

68

**Fischer, Gregor**

Automatic White Balance: WhitebalPR Using the Dichromatic Reflection Model

71

**Grebe, Andreas**

Evaluation der subjektiven Qualität von IP Video Streaming

77

**Hartung, Georg**

Ein flexibles und zuverlässiges eingebettetes System für den Einsatz in Teilchenbeschleunigern

80

**Kronberger, Rainer/Dettmar, Uwe**

Lokalisierung mit RFID-Technologie (RFLoc)

84

**Pörschmann, Christoph**

Fluglärm-messung: Trennung und Identifikation von Hintergrundgeräuschen und Lärmereignissen (TIHL)

87

**Reidenbach, Hans-Dieter**

Arbeitsplatzbezogene Beeinträchtigungen durch Blendung mit optischen Strahlungsquellen

90

**Rieker, Christiane**

Wirtschaftlichkeit von Biogasanlagen unter Berücksichtigung der Biogaskinetik

94

# INFORMATION-, MEDIEN- UND KOMMUNIKATIONSTECHNOLOGIE

CLUSTER 5



# Untersuchung zum Einsatz und zur Ansteuerung von LEDs im Automotive-Bereich

Das vorliegende Projekt beschäftigt sich mit einem Anwendungsbereich der Lichtemittierenden-Dioden (LEDs) im Kfz-Bereich. Neben der Untersuchung der physikalischen, optischen und technischen Grundlagen der LED und Ihrer Ansteuerung wurde eine Markt- und Trendanalyse durchgeführt. Diese gibt Aufschluss über die Häufigkeit des Einsatzes von LED-Leuchten im Außenbeleuchtungsbereich von Kraftfahrzeugen. Abb. 1 zeigt die Ergebnisse dieser Untersuchung, die bei uns im Hause durchgeführt wurde. In den vergangenen 50 Jahren haben LEDs immer mehr an Interesse gewonnen. 1962 wurden die ersten roten LEDs von General Electric angeboten. Ihre Effektivität lag bei ca. 0,1 lm/W. Es kann, grob, davon ausgegangen werden, dass sich die Effektivität der LEDs danach jedes Jahrzehnt etwa um das zehnfache verbessert hat. Mit zunehmender Steigerung der Lichtausbeute,

stieg auch die Anzahl der Anwendungsbe-  
reiche. Zudem gibt es heute die Möglichkeit, nahezu jede Farbe durch LEDs zu erzeugen. Ihre Vorteile liegen nicht nur in der besseren Lichtausbeute gegenüber herkömmlichen Lichtquellen, sondern auch in Ihrer geringen Leistung. Eine Lampe auf Glühdrahtbasis hat eine Lichtausbeute von etwa 5 Prozent. 95 Prozent der Energie gehen demnach in Form von Wärme verloren. LEDs hingegen können wesentlich mehr der Energie in Form von Licht abgeben. Zudem haben sie eine höhere Lebensdauer und Schockbelastbarkeit. Anfangs wurden LEDs wegen ihrer geringen Lichtausbeute und der eingeschränkten Farben nur im Innenbereich verwendet. Heute findet man sie fast überall. Als Betriebsbereitschaftsanzeige vieler Geräte, in Displaybeleuchtungen, als Strahler für Innen- und Außenbeleuchtungen und seit einigen Jahren auch immer mehr in Kraftfahrzeugen.

## Abstract

Das vorliegende Projekt beschäftigt sich mit einem Anwendungsbereich der Lichtemittierenden-Dioden (LEDs) im Kfz-Bereich. Neben der Untersuchung der physikalischen, optischen und technischen Grundlagen der LED und Ihrer Ansteuerung, wurde eine Markt- und Trendanalyse durchgeführt. Diese gibt Aufschluss über die Häufigkeit des Einsatzes von LED-Leuchten im Außenbeleuchtungsbereich von Kraftfahrzeugen.

## Projektbeteiligte

Andreas Wagen  
Aline Kamp

## Projektleitung

Professor Dr. Hartmut Bärwolff  
Fakultät für Informatik und  
Ingenieurwissenschaften  
Institut für Elektronik und  
Information Engineering  
baerwolff@gm.fh-koeln.de

Häufigkeit LEDs im Kfz-Bereich

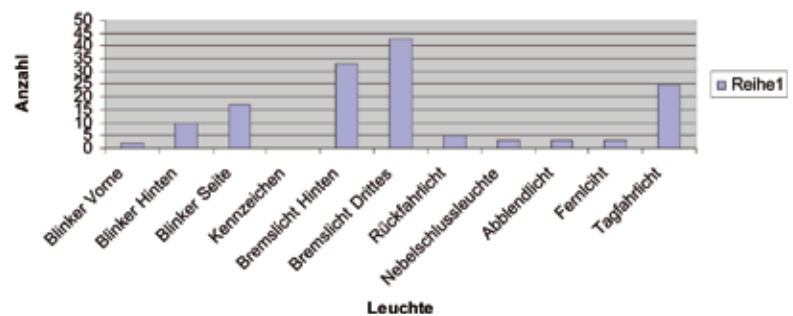


Abb. 1: Einsatz von LEDs im Kfz-Außenbereich

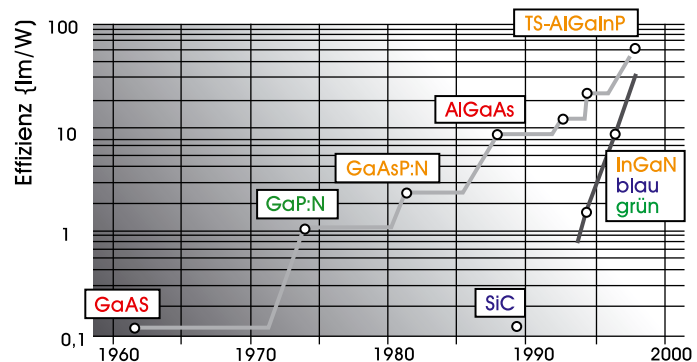


Abb. 2: Graphik zur Effektivitätssteigerung von LEDs

Hartmut Bärwolff





# Untersuchungen zur Entwicklung von kapazitiven Näherungssensoren

Im Rahmen des vorliegenden Projekts sollen Näherungssensoren für den Automotivebereich entwickelt werden. Sie sind starken Umwelteinflüssen ausgeliefert, weshalb sich diese Aufgabe als nicht trivial herausstellt. Die Arbeiten wurden im Auftrag und in Kooperation mit der Firma Brehmer Mechatronics durchgeführt. Es gibt verschiedene Wege, eine Annäherung oder eine Berührung zu erkennen, deshalb ging der Arbeit eine intensive Recherche voran. Abb. 1 zeigt die verschiedenen Detektierungsarten, die für diese Arbeit in Frage kämen. So lassen sich Näherungen auch mit einer optischen Elektronik erkennen. Betrachtet man allerdings die Störeinflüsse, erkennt man schnell, dass eine optische Auswertung nicht optimal ist. Induktive Schalter detektieren nur Metalle, wodurch das mechanische Packaging zu aufwendig würde, da eine mechanische Bewegung eines metallischen Körpers erfolgen müsste. Ein resistiver Sensor, der mit Hilfe der Dehntechnik arbeiten könnte, wäre im Stande, leichte Berührungen zu erkennen. Hier ließe sich allerdings eine Montage hinter Glas nur schwer realisieren. Die „taktile Auswertung“ wäre ebenfalls zu nennen, wobei der Verschleiß und der höhere mechanische Aufwand wiederum gegen dieses Konzept sprechen. Eine kapazitive Auswertung bringt in Anbetracht der Anforderungen

die sichersten Ergebnisse. Die Zielsetzung dieser Arbeit ist die Entwicklung eines kapazitiven Näherungssensors als Prototyp. Die Herausforderungen, die sich im Rahmen der Entwicklung des Sensors ergeben, sind durch die vorgegebenen Anforderungen begründet. Der Schalter soll etwa resistent gegen Störeinflüsse wie Dreck, Schnee oder Regen sein und über einen weiten Temperaturbereich von  $-46^{\circ}\text{C}$  bis  $+70^{\circ}\text{C}$  fehlerfrei funktionieren. Außerdem ist darauf zu achten, dass bestehende Patente anderer Firmen nicht verletzt werden, und die Produktzielkosten sollen, als einer der wichtigsten Faktoren, die gesamte Entwicklung im Auge behalten werden. Kapazitive Sensoren arbeiten auf Basis der Veränderung der Kapazität oder besser gesagt: der Veränderung des Streufeldes eines Kondensators. Diese Änderung der Kapazität kann dabei auf verschiedene Arten erfolgen, die sich meist bereits durch den Verwendungszweck ergeben. Wir unterscheiden verschiedene Arten von kapazitiven Sensoren, wie etwa kapazitive Drucksensoren, Abstandssensoren, Füllstandssensoren, Näherungsschalter, Spaltsensoren, Beschleunigungssensoren und Wegsensoren. Durch die sehr flexible Gestaltung von Kondensatoren ergibt sich ein sehr breites Spektrum für die Realisierung solcher Sensoren. Eine Kapazitätsänderung kann durch verschiedene Ar-

## ABSTRACT

Im Rahmen des vorliegenden Projekts sollen Näherungssensoren für den Automotivebereich entwickelt werden. Die kapazitive Näherungssensorik bietet die Möglichkeit, Schaltvorgänge durch Objekte hindurch zu realisieren. So ist es in der Entwicklung gelungen, einen Sensor zu entwerfen, der im Stande ist, durch eine 24 mm starke Doppelverglasung zu schalten. Dieser Test ließ sich während der Arbeit allerdings nur bei Zimmertemperatur verwirklichen. Durch Anpassung der einzelnen Timerstufen wäre es allerdings möglich, den Sensor so anzupassen, dass dieser ebenfalls über den geforderten Temperaturbereich sicher durch Glas schaltet.

## PROJEKTLEITUNG:

Professor Dr. Hartmut Bärwolff  
Fakultät für Informatik  
und Ingenieurwissenschaften  
Institut für Elektronik und  
Information Engineering  
baerwolff@gm.fh-koeln.de  
Projektbeteiligte:  
Andreas Wagen  
Dennis Blättermann

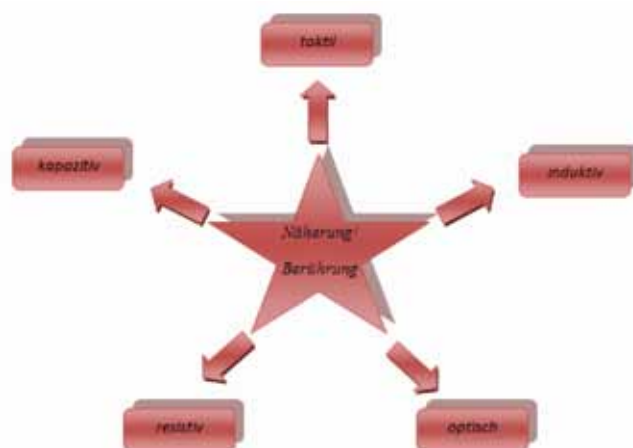


Abb. 1: Detektierungsarten

Hartmut Bärwolff

67



# Innovative Software-Defined Trunked Radio (ISTruRadio)

## ABSTRACT

Ziel des Projekts „ISTruRadio“ ist die Entwicklung eines innovativen Funkmodems für private Mobil- und Bündelfunksysteme auf Basis der Software-Defined Radio (SDR) Technologie. Im Bereich privater Mobilfunkssysteme (PMR, Private Mobile Radio) und im Bündelfunk (Trunked Radio) existieren eine Vielzahl unterschiedlicher Standards wie etwa TETRA, TETRAPOL oder DMR. In konventioneller Bauweise wäre für jeden dieser Standards die Entwicklung einer eigenständigen Hardwarelösung erforderlich, was gerade für kleine und mittlere Unternehmen aus Kostengründen nicht zu leisten ist. Im ISTruRadio-Projekt wird daher eine universelle Hardware-Plattform geschaffen, auf der sich unterschiedliche Standards in Software implementieren lassen. Dadurch wird es auch kleineren Unternehmen ermöglicht, in dem Bereich Produkte anzubieten.

## PROJEKTL EITUNG

Prof. Dr. Harald Elders-Boll  
Bereich Digitale  
Kommunikationstechnik  
harald.elders-boll@fh-koeln.de  
Prof. Dr. Uwe Dettmar  
Bereich Digitale  
Kommunikationstechnik  
uwe.dettmar@fh-koeln.de  
Prof. Dr. Rainer Kronberger  
Bereich Hochfrequenztechnik  
rainer.kronberger@fh-koeln.de  
Fakultät für Informations-,  
Medien- und Elektrotechnik  
Institut für Nachrichtentechnik

## PROJEKTMITARBEITER

BSc. Hanna Simon  
Dipl.-Ing. (FH) Dirk Beckmann  
Dipl.-Ing. (FH) Christian Lieber  
BSc. You Lu  
Projektpartner  
Funk-Electronic Piciorgros GmbH

Neben öffentlichen Mobilfunksystemen, die von wenigen Anbietern für eine große Zahl von Teilnehmern betrieben werden, existieren eine Vielzahl von privaten oder professionellen Mobilbeziehungsweise Bündelfunksystemen, die von Unternehmen oder öffentlichen Institutionen für eine vergleichsweise kleine Zahl von Nutzern unterhalten werden. Beispiele für die Betreiber solcher privater Mobilfunkssysteme (PMR, Private Mobile Radio) oder Bündelfunksysteme (Trunked Radio) sind Behörden, insbesondere Organe der öffentlichen Sicherheit wie Polizei, Feuerwehr oder Katastrophenschutz oder Großbetriebe und Betriebe mit erhöhten Sicherheitsanforderungen, wie beispielsweise Transportunternehmen oder Betreiber von Flughäfen.

Aus den im Vergleich zu öffentlichen Mobilfunksystemen anderen Randbedingungen ergeben sich für PMR und Bündelfunksysteme auch entsprechend andere Anforderungen, wie etwa eine höhere Verfügbarkeit und eine höhere Sicherheit, als sie öffentliche Mobilfunknetze bieten können. Darüber hinaus muss der Verbindungsaufbau sehr schnell erfolgen können und auch ein dezentraler Betrieb ohne dezidierte Basisstation möglich sein. Da die Nutzerzahlen privater Mobilfunkssysteme wesentlich kleiner sind als die öffentlicher Mobilfunknetze, müssen private Mobilfunkssysteme zudem effizient und kostengünstig auch für eine kleine Zahl von Nutzern betrieben werden können.

Stand traditionell bei privaten Mobilfunksystemen die Sprachübertragung im Vordergrund, so werden auch diese nun in zunehmendem Maße zur Datenübertragung genutzt. Da die Datenübertragung meist in eine bestehende IT-Infrastruktur des Betreibers oder Nutzers eingebunden werden muss, ergeben sich daraus sehr spezifische Anforderungen, die nur durch entsprechend angepasste Produkte erfüllt werden können. Aufgrund der damit verbundenen geringen Stückzahlen ergibt sich daraus eigentlich ein ideales Produktsegment für kleine und mittlere Unternehmen (KMUs).

Gerade im Bereich privater Mobilfunk- und Bündelfunksysteme existieren jedoch eine Vielzahl unterschiedlicher Standards, wie etwa TETRA, TETRAPOL oder DMR, sodass sich die Entwicklung eines traditionellen Hardware-basierten Datenfunkmodems für nur einen dieser Standards aufgrund des hohen Entwicklungsaufwands und der zu erwartenden Stückzahlen kaum lohnen würde.

Einen Ausweg aus diesem Dilemma eröffnet ein Funkmodem in Software-Defined Radio (SDR) Technologie als Standard übergreifende Hardware-Plattform, wie es derzeit im Institut für Nachrichtentechnik in Zusammenarbeit mit der Firma Funk-Electronic Piciorgros GmbH im Rahmen des ISTruRadio-Projekts (Innovative Software-Defined Trunked Radio) entwickelt wird.

## Software-Defined Radio

Mit dem Begriff Software-Defined Radio (SDR) beschreibt man das Bestreben, möglichst die gesamte Signalverarbeitung eines Telekommunikations-Senders oder -Empfängers mit Hilfe anpassbarer Hardware in Software zu realisieren. In einem SDR-System wird daher ein Großteil der Signalverarbeitung auf einem Mikroprozessor oder einem digitalen Signalprozessor (DSP) oder auf programmierbarer Hardware wie etwa FPGAs durchgeführt. Dadurch können unterschiedliche Funkverfahren allein durch Änderung der Software implementiert werden. Der große Vorteil von SDR-Systemen besteht also in der Flexibilität und den niedrigen Kosten bei der Erweiterung auf neue oder geänderte Übertragungsstandards.

Ziel des ISTruRadio-Projekts ist daher die Entwicklung einer universellen Hardwareplattform als Basis für die Implementierung von Funkmodems für die oben angeführten Standards im Bereich privater Mobilfunk- und Bündelfunksysteme als SDR. Dadurch wird es in Zukunft möglich sein, auf Kundenwünsche und neue Modifikationen von Standards schnell, ohne wesentliche Hardware-Änderungen, sondern nur durch Anpassung der Software reagieren zu können.

Damit verbunden ist eine deutliche Reduktion der Entwicklungskosten und -zeiten, sodass sich auch die Entwicklung eines Funkmodems für einen speziellen Standard trotz der zu erwartenden vergleichsweise geringen Stückzahlen lohnt.

### Aufbau des ISTRadio-Modems

Das Blockschaltbild des ISTRadio-Modems ist in Abb. 1 dargestellt. Wie aus der Abbildung deutlich wird, besteht das ISTRadio-Modem aus den folgenden grundlegenden Komponenten:

- **HF-Frontend:** Dies umfasst die Signalverarbeitung von der Antenne bis zur Abtastung im Basisband. Das HF-Frontend wird in Hardware implementiert, die zum Teil rekonfigurierbar ist, um eine Anpassung an die unterschiedlichen Standards zu ermöglichen.
- **Basisband-Signalverarbeitung:** Hier findet die digitale Signalverarbeitung im Basisband statt: Digitale (De)Modulation, Zeit- und Frequenzsynchronisation, Kanalcodierung und Interleaving. Die Basisband-Signalverarbeitung wird in Software auf einem DSP realisiert.
- **Protokoll-Stack:** Dieser umfasst in der Regel die Schichten 2-3 des OSI-Modells und besteht daher etwa aus der Medium Access Control (MAC) und der Logical Link Control (LLC). Der Protokoll-Stack wird in Software auf einem Mikroprozessor implementiert.
- **Java Applikationsplattform:** Dies ist die Schnittstelle zur Anwendung des Benutzers. Sie stellt Funktionen zur Konfiguration und Nutzung des Modems zur Verfügung. Die Java Applikationsplattform wird in Software gemeinsam mit dem Protokoll-Stack auf demselben Mikroprozessor implementiert.

Wie aus Abb. 1 ersichtlich ist, wurde als Hardware für die Basisband-Signalverarbeitung, den Protokoll-Stack und die Java Applikationsplattform des ISTRadio-Modems ein einziger Prozessor-Baustein (Texas Instruments OMAP) ausgewählt, auf dem ein DSP und ein Mikroprozessor gemeinsam als System-on-a-chip (SoC) integriert sind. Über die Entwicklung der neuen, universellen Hardware-Plattform hinaus, wird diese in diesem Projekt auch direkt zur Implementierung eines auf dem TETRA (Terrestrial Trunked Radio) Standard basierenden Funkmodems genutzt. Am Beispiel TETRA kann die Aufgabenteilung zwischen der Basisband-Signalverarbeitung und dem Protokoll-Stack wie in Abb. 2 dargestellt werden.

Von den oben genannten grundlegenden Komponenten des ISTRadio-Modems werden im Institut für Nachrichtentechnik der Fachhochschule Köln die gesamte Basisband-Signalverarbeitung sowie wesentliche Teile des HF-Frontends und der Java-Applikationsplattform entwickelt. Auf die Entwicklung dieser Komponenten und den aktuellen Stand der Entwicklungen im Oktober 2009 soll daher im Folgenden näher eingegangen werden.

### HF-Frontend

Das im Rahmen des Projekts entwickelte HF-Frontend soll in der Lage sein, die analogen HF-Signale universell und entsprechend den spezifischen Anforderungen der unterschiedlichen Funkstandards zu verarbeiten. Dies erfordert neue Konzepte in Bezug auf Sender- und Empfängerbaugruppen. Die technologische Herausforderung hierbei ist, dass die analoge Signalverarbeitung im HF-Pfad so erfolgen muss, dass trotz der hohen Flexibilität dennoch alle kritischen Systemparameter wie etwa Empfindlichkeit,

Rauschen, Intermodulation, Blocking, Nebenkkanalverhalten oder Frequenzwechsel eingehalten werden. Dies erfordert einen extrem hohen und sorgfältigen Aufwand bei der Auswahl, Gestaltung und Dimensionierung aller vorhandenen Hochfrequenzstufen. Weiterhin muss das System so ausgelegt sein, dass es einen extrem großen Frequenzbereich abdeckt und zudem höchste Frequenzagilität aufweist. Hierfür werden derzeit neue Konzepte bezüglich der Frequenzsynthesizer entwickelt und erprobt. Die Linearisierung des Modulationspfads wird mit Hilfe einer Cartesian-Loop vorgenommen. Dies erfordert die Einbeziehung und Berücksichtigung zusätzlicher Signale des Basisbandes in der HF-Signalkette. Hierbei ist auch die Anpassung der Leistungsendstufen an die Basisbandparameter erforderlich. Nach der Erstellung der Anforderungen an das HF-Frontend werden zurzeit die Bauteile ausgewählt, die einzelnen Schaltungen entworfen und bereits erste Baugruppen erstellt. Daran wird sich in Kürze die Messung, Verifizierung und Optimierung der Baugruppen anschließen.

### Basisband-Signalverarbeitung

Wie in Abb. 2 dargestellt ist, gehören zu den Aufgaben der Basisband-Signalverarbeitung typischerweise Kanalkodierung und Interleaving, Rahmen- und Bursterstellung, Modulation und Leistungsregelung auf der Senderseite und Zeit- und Frequenzsynchronisation, Demodulation und eventuell Kanalschätzung und Entzerrung, Kanalkodierung und Deinterleaving auf der Empfängerseite. Aufgrund des SDR-Konzepts müssen diese Verfahren, die bisher größtenteils in Hardware implementiert wurden, nun ausschließlich in Software implementiert werden. Dies muss bereits bei der Auswahl und Optimierung der Algorithmen berücksichtigt werden und erfordert darüber hinaus einen neuen Designflow vom Algorithmenentwurf bis zur Implementierung in Software auf dem digitalen Signalprozessor. Im ersten Schritt werden derzeit die Algorithmen ausgewählt und im Hinblick auf die Komplexität optimiert, wobei sichergestellt werden muss, dass die Anforderungen des jeweiligen Standards, hier TETRA, im Hinblick auf die Bitfehlerrate eingehalten werden. Dazu werden zurzeit umfangreiche Simulationen mit Hilfe von Fließkommamodellen für Sender und Empfänger durchgeführt. Da die Implementierung auf der Zielhardware in Festkommaarithmetik erfolgen soll, müssen danach

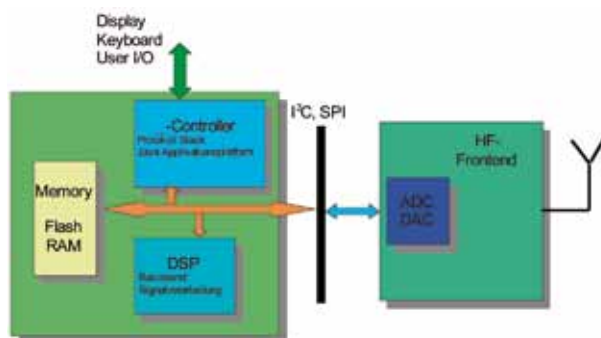


Abb. 1: Blockschaltbild des ISTRadio-Modems



aus den Fließkommamodellen Festkommamodelle erstellt werden, wobei wiederum mit Hilfe von Simulationen sichergestellt werden muss, dass die Anforderungen des Standards weiterhin eingehalten werden. Bei der Implementierung in Software ist die Ablaufsteuerung (Scheduling) der einzelnen Signalverarbeitungsblöcke besonders kritisch. Diese wird im nächsten Schritt durch eine entsprechende Verfeinerung des Festkommamodells verifiziert. Danach erfolgt die Portierung auf die Zielplattform, wo nun das Echtzeitverhalten der Ablaufsteuerung optimiert und verifiziert werden kann. Dazu sind insbesondere die Schnittstellen zur HF-Baugruppe und zum Protokoll-Stack sowie die Schnittstelle zwischen dem DSP und dem Mikroprozessor zu verifizieren.

### Java-Applikationsplattform

Durch die Java-Plattform soll der Nutzer in der Lage sein, seine kundenspezifische Anwendung ohne weitere Hardware direkt per Software auf dem SDR-Modem zu realisieren. Die besondere technologische Herausforderung hierbei ist, die komplette Java-Plattform neutral und unabhängig vom SDR-Modem zu gestalten. Eine weitere technologische Herausforderung ist das Zusam-

menspiel von Protokoll-Stack und Java auf dem gleichen Prozessor. Hierbei sind insbesondere die lauffzeitkritischen Anforderungen an den Protokoll-Stack vorrangig zu berücksichtigen, ohne dass dabei die Verarbeitungsgeschwindigkeit der Applikation leidet. In diesem frühen Projektstadium wurden im Hinblick auf die Entwicklung der Java-Plattform lediglich Vorarbeiten durchgeführt.

### Förderung und Projektdaten

Dieses Projekt wird im Rahmen des Förderprogramms „Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand“ des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BWMi) gefördert. Das Projekt soll Ende 2010 abgeschlossen werden. Insgesamt werden im Rahmen dieses Projekts vier Absolventen der Studiengänge Kommunikationstechnik und Technische Informatik der Fachhochschule (FH) Köln als wissenschaftliche Mitarbeiter beschäftigt. Das Projekt wird im Rahmen der vom Land Nordrhein-Westfalen anerkannten Forschungsschwerpunkte „Next Generation Services in Heterogeneous Network Infrastructures“ (NEGSIT) und „Innovative Digital Signal Processing and Applications“ (DiSPA) betrieben.

*Harald Elders-Boll*

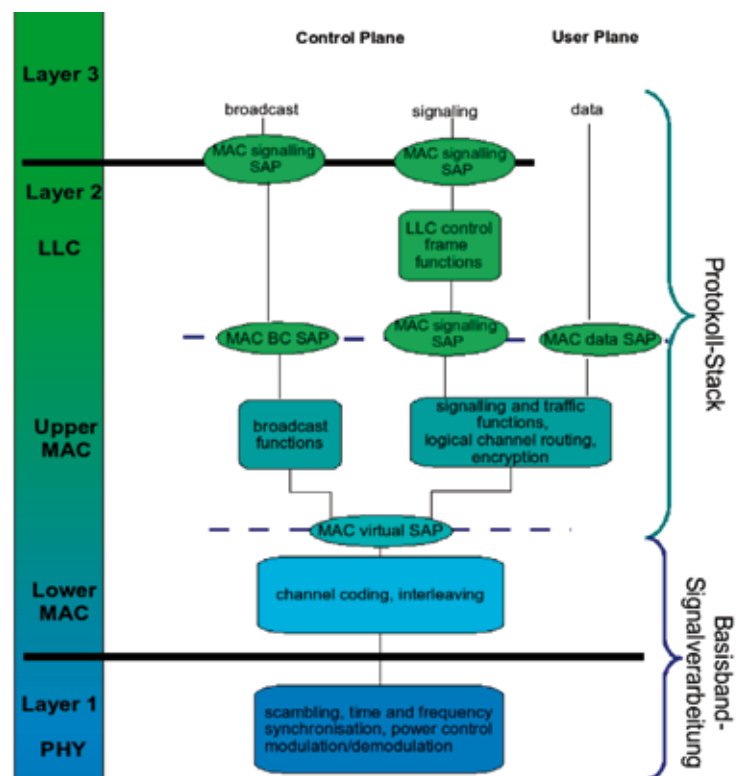


Abb. 2: Schnittstelle Basisband-Signalverarbeitung und Protokoll-Stack am Beispiel TETRA

# Automatic White Balance: WhitebalPR Using the Dichromatic Reflection Model

An accurate white balancing (WB) process is a basic condition to assure high image quality in digital photography. The result of a proper WB is the neutral reproduction of achromatic objects, independent of the spectral power distribution of the current light source. Digital cameras offer various WB options to compensate for the color of illumination:

1. manual WB by using a gray card reference
2. fixed settings for different color temperatures
3. automatic white balancing process (AWB) inside of the camera

Due to its importance numerous strategies and methods for an automatic white balancing procedure have been developed. All these methods are based on image processing algorithms being applied to the sensor RGB image data. The white balancing process consists of two steps:

1. determination of the chromaticity of the illuminant
2. adaptation of the RGB channels to that chromaticity

The determination of the illuminant is the essential task to guarantee a correct white balance; the performing algorithms are constituted as color constancy algorithms and are the focus of all AWB processes. Current methods estimate the illuminant by analyzing the RGB data of the sensor. Basically we can distinguish between physic-based and statistic-based methods. The statistic-based methods for example color by correlation or grey world rely on the probability distribution of the observed colors measured by a sensor. Due to the color distribution within the image, these methods estimate the color of the illumination. In the presence of only few or dominant colors in the scene the statistic-based approximations often fail [1, 2]. The physic-based approaches locate reflections within a scene assuming that the illuminant can be elicited from reflections which define the chromaticity of the incident light. The extraction of the illuminant information from the image content proves to be complex and often appears instable. An example for

this approach is the dichromatic reflection model [3, 4], which is based upon the separation of surface reflections (the specular components) from body reflections (the diffuse components). In order to obtain the color of illumination a segmentation of the image content into monochrome objects is necessary. This complex procedure is only effective under well-defined conditions of illumination. The procedural manner of the dichromatic reflection model will be explained in detail below. Further investigations around the field of scene analysis (e. g. shape recovery) in computer vision resulted in the idea to separate the specular from the diffuse component by using a polarization filter in front of a camera. This approach used the so-called polarization-difference imaging (PDI), which means the subtraction of two differently polarized images [5, 6]. WhitebalPR assumes this approach to measure the color of the illuminant for an automatic white balancing process.

## Color constancy by whitebalPR Basic principle

The current color constancy methods estimate the color of the illuminant. Unlike these methods whitebalPR measures the illuminant by separating the diffuse from the specular component in a scene by the use of the polarization effect of light which is reflected at dielectric surfaces. The specular component comprises the color of the light source and is neutral by definition. It reflects at least partially polarized light independent of its wavelength, whereas the diffuse component is non-polarized because of multiple scattering effects within the body of the object (Figure 1). The diffuse reflectance carries the object's color [7, 8, 9, 10]. By taking at least two images under different polarization directions, the specular reflection can be evaluated. The diffuse component remains the same for both images, whereas the intensity of the specular component varies pivotally (Figure 2). The subtraction of both images detects the polarization of the neutrally reflected light parts and eliminates the non-polarized colored parts. The result is the color of illumination within the scene and how the sensor receives

## ABSTRACT

The current color constancy methods are based on an image processing of the sensor's RGB data to estimate the color of illumination. Unlike previous methods, whitebalPR measures the illuminant by separating diffuse and specular components in a scene by taking advantage of the polarizing effect occurring to light reflection. Polarization difference imaging (PDI) detects the polarization degree of the neutrally reflected (specular) parts and eliminates the remitted (diffuse) non-polarized colored parts.

## PROJEKTLEITUNG

Prof. Dr. Gregor Fischer  
Fakultät für Informations-, Medien- und Elektrotechnik  
Institute of Media and Imaging Technology  
gregor.fischer@fh-koeln.de

## PROJEKT BETEILIGTE

Matthias Sajjaa

it (Figure 3). The obtained data are evaluated by a histogram to locate the chromaticity of the so-called white point, the color of illumination. Following, the color channels of the image will be adapted (Figure 4).

### The dichromatic reflection model

#### Basic principle

The Dichromatic Reflection Model (DRM) bases on the separation of the specular reflectance from the diffuse reflectance. The specular reflectance causes highlights that exhibit the color of the light source; the diffuse reflectance carries the color of the object's body. Assuming narrow-band camera sensors that respond to wavelength  $\lambda_i$  with, the total color  $I$ , which is measured by the sensor can be described as an addition of the specular  $R_s$  and the diffuse reflectance  $R_D$ . For one single-colored object, illuminated by a single light source, we obtain

$$I = s_D R_D L + s_S R_S L = s_D c_D + s_S c_S$$

Here  $c_D = [R_D, r_L, R_D, g_L, R_D, b_L]$  is the diffuse component, hence the color of the object point and  $c_S = [L_r, L_g, L_b]$  is the color of illumination.  $s_D$  and  $s_S$  are scale factors that depend on the object's geometry. On a general inspection of both vectors in the RGB- color space, all colors being reflected from a single-colored object lie on a plane

in the RGB color space, which is spanned by the two vectors  $c_S$  and  $c_D$ . By projecting the three-dimensional data points onto the chromaticity plane  $r+g+b=1$ , the computed chromaticities describe a straight line that connects the color of the object to the color of the light source. Two different colored objects illuminated by one single light source generate two different lines, which have one intersection point: The color of illumination, represented by  $c_S$  (Figure 5).

Assuming well-defined conditions, the DRM can detect the color of illumination, but some inevitable preprocessing affect the reliability of the result. The extensive steps are:

1. the segmentation into regions of homogeneous object color.  
To guarantee the accurate path of the straight lines, the vectors  $c_S$  and  $c_D$  must not be mixed up with colors that don't belong to the object color or the illuminant.
2. generating the straight lines  
The measured color values deliver a cluster that doesn't define an explicit line. The approximation of the straight line constitutes a potential error source.
3. finding the point of intersection for multiple lines

The achieved lines don't intersect in a well-defined point. The point of intersection must be approached by an adequate method.

### Polarization difference line imaging (PDLI) - the combination of White-balpr and the DRM

#### Basic principle

In contrast to the DRM, whitebalPR separates the specular and the diffuse components by PDI. Both images needed for PDI differ in the degree of polarization, consequently in the portion of the color of illumination. By taking a single pixel in both images we already achieve two chromaticities which generate a straight line in the  $r,g,b$ -plane. The pixel in the image with the lower portion of reflectance delivers a vector that is close to  $c_D$ , the body color. The same pixel in the second image contains a higher degree of the specular reflectance and approaches the vector  $c_S$ , the color of the illuminant. In the  $r,g,b$ -plane both vectors always define a straight line, which points towards the color of the light source (Figure 6). Another pixel from a differently colored objects, but illuminated by the same light source, determines a second straight line. Hence, by taking two pixels at least, a point of intersection, respectively the white point can be detected (Figure 7). By combining multiple regions of differently colored objects a multiple number of straight lines result by PDLI. Theoretically all lines intersect in one point, but in fact we obtain a cluster of intersection points (Figure 8). The intersection point namely the white point may correspond to that point whose sum of the distances from all straight lines gets minimal. In general, the distance  $d$  from a point  $x$  to a line  $g$  can be described as:

$$d = n^T (\bar{p} - \bar{x})$$

In case of two straight lines, we obtain a well defined solution: the intersection point. The distance  $d$  becomes zero; consequently the equation can be transformed to:

$$n^T (\bar{p} - \bar{x}) = 0 \quad \text{or} \quad n^T \bar{p} = n^T \bar{x}$$

For three and more lines this equation system gets over-determined, hence the point of a best fit must be approached (Figure 10). By the inspection of any number  $j$  of straight lines, we can pool the normal vectors to

$$N = \begin{bmatrix} \bar{n}_{x,1} & \bar{n}_{x,2} & \dots & \bar{n}_{x,j} \\ \bar{n}_{y,1} & \bar{n}_{y,2} & \dots & \bar{n}_{y,j} \end{bmatrix}$$

and the position vectors to

$$P = \begin{bmatrix} \bar{p}_{x,1} & \bar{p}_{x,2} & \dots & \bar{p}_{x,j} \\ \bar{p}_{y,1} & \bar{p}_{y,2} & \dots & \bar{p}_{y,j} \end{bmatrix}$$

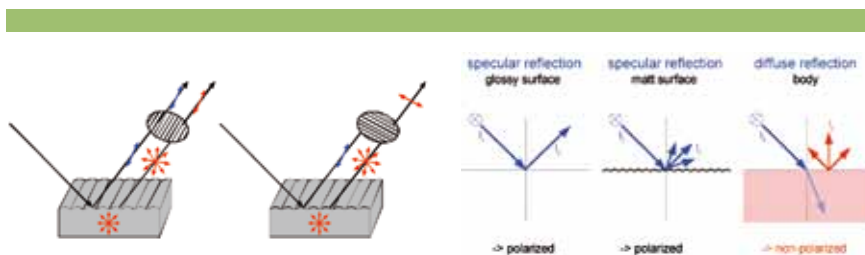
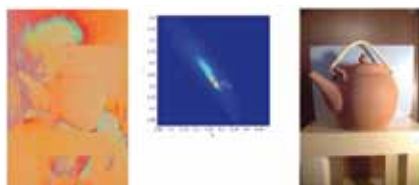


Figure 1: different types of reflection at surfaces of dielectric objects

Figure 2: effect of different polarizer orientations on surface reflections (polarized, blue) and body reflections (non-polarized, red)



Figure 3: polarization-difference imaging: subtraction of two differently polarized images



$$\begin{pmatrix} \bar{r} \\ \bar{g} \end{pmatrix} = \frac{\sum_N \begin{pmatrix} r_i \\ g_i \end{pmatrix} \cdot h(r_i, g_i)}{\sum_N h(r_i, g_i)}$$

Figure 4: the chromaticity image (left) is evaluated by a histogram (center), which delivers the white point for a proper white balance (right)

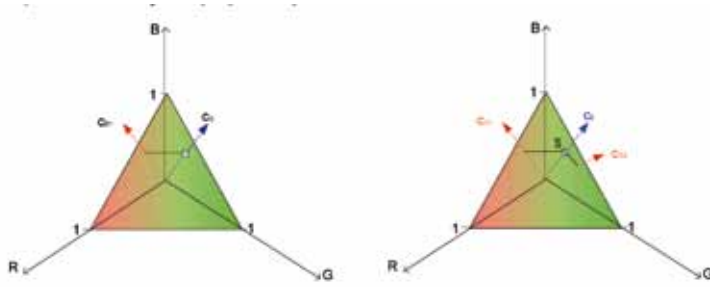


Figure 5: RGB colors captured from a surface are located on the plane that is spanned by  $cS$  and  $cD$ . That plane defines a single line within the chromaticity plane  $r+g+b=1$ . Accordingly two objects generate two lines. The color of the illuminant is located at the point of the intersection of these lines.

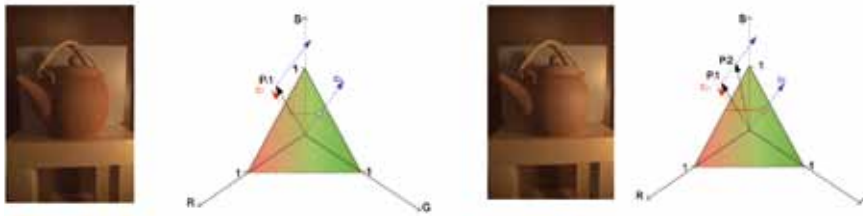


Figure 6: The image with the light reflex delivers a vector close to  $cD$  (left); the image with the stronger reflex delivers a vector closer to  $cS$ . Both vectors lie on the straight line that point towards  $cS$ .

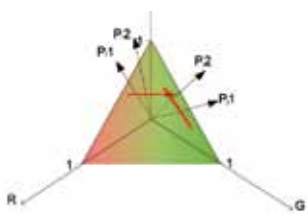


Figure 7: Two pixels define one point of intersection, hence the color of the illuminant.

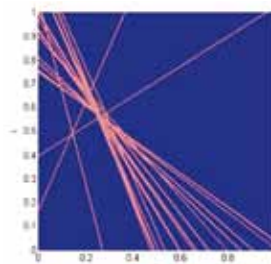


Figure 8: one result of multiple straight lines

Now we obtain the following equation:

$$N^T * \bar{x} = \text{diag}(N^T * P)$$

where  $\text{diag}(N^T * P)$  describes the scalar product for every single straight line. In order to find an explicit solution for  $x$ , the pseudo-inverse matrix of  $N^T$  is needed. It is defined by:

$$(N^T)^+ = (N * N^T)^{-1} * N$$

$x$  is now appointed by its position vector

$$\bar{x} = ((N * N^T)^{-1} * N) * \text{diag}(N^T * P)$$

The result is a well-defined solution for any number of straight lines (Figure 11). The proposed method detects a definite white point, independent of any image content and object's characteristics. Assuming a sufficient PDI signal level, the correct construction of a straight line can be extracted directly from the RGB-data of one pixel with high

accuracy. By taking two pixels that belong to differently colored objects being illuminated by one single light source, a point of intersection – the color of illumination can immediately be defined. Due to these basic conditions the PDLI method derives robust results with minimal effort. Admittedly, the evaluation of every single pixel in both images means an extensive computable effort. To reduce the complexity, further simplifications are proposed.

### The macro pixel model

In order to avoid the construction and evaluation of a high number of straight lines (in the current process the number of lines is equal to the number of pixels), several pixels can be merged to regions. Due to the fact, that the current process is not bounded to the image content, the segmentation can be chosen discretionarily. Basically two advantages emerge from that segmentation:

1. reduction of the computational effort
2. diminution of interferences caused by noisy image parts.

With regard to the first point it is true, that the segmentation of the image into regions of any size, followed by averaging the RGB values of these regions, results in macro pixels and straight lines of an enormously reduced number. Provided that a single light source illuminates the macro pixel region, the chromaticity of the specular part remains unchanged by varying the size of the averaged region. In that case, various objects of different colors can be combined and still produce a vector in the RGB color space, which points at the location of the light source. Thereby the computational effort can be reduced substantially without neither the loss of important information nor a falsification of the results. Another advantage is the noise reduction respectively an improvement of the signal-to-noise-ratio of the PDI signals by averaging the segmented regions. Let  $R1$  be the color vector of a pixel, respectively a monochromatic region and  $R2$  the vector of another different colored pixel or region, then the averaging of both regions causes a change of the path of the resulting straight line in the  $rgb$ -plane (Figure 12). The mixed diffuse color is applied to both PDI images, the image with the lower portion of specular reflection as well as the image containing the stronger part. Assuming one light source illuminates the two regions, the averaging only affects the diffuse part, namely the color of the object body in both images. The changing works identically for the two vectors as for the diffuse part, while the specular reflection doesn't befall any change whatsoever. Either vector that arises from the averaging process solely differs in the amount of the containing reflection, so that the resulting vector continues to point at the location of the light source.

The correlation between the content and the size of the averaged region on the one hand and the accuracy of the results on the other hand is investigated in several experiments. The second effect that comes along with the segmentation is the diminution of interferences caused by noisy image parts. Noisy image parts consist of a widely spread range of color values without obvious focus which generate accidentally located straight lines. These lines falsify the detection of the white point. Compared to exploitable



image parts, noisy parts contain a negligible signal, which hardly affects the averaged RGB values of a total region. This effect can be observed in the following experiments as well.

### Experiment

The purpose of the following experiment is a test chart that consists of 20 different patches and that is illuminated by one light source. Previous investigations made a conclusion about the dependence of the wanted signal from different parameters, as:

1. the color of the patches
2. the surface structure of the patches, which vary from very rough to glossy
3. the angles of incidence, defined by the arrangement of camera, light source and test chart

As experiments of the past have shown, the straight line concept acquires much better results for low signals than the analysis by

the histogram. A low signal is given in position 1 (Figure 13). If camera and light source target towards an object from the same position, the reflected light will not be polarized. Possible polarization effects might arise from any asperity of the object surfaces. The more efficient the angle of incidence becomes (complete polarization occurs at the Brewster angle, ca.  $54^\circ$ , ca. position 4) the more accurately succeeds the evaluation of the histogram. Now, the same experimental setup serves to analyze the accuracy of the process against the size and content of the averaged regions. Therefore the image is evenly segmented into regions of the same size, which is equivalent to a reduction of the resolution. The following evaluation of the resulting data is realized by:

1. the global histogram, i.e. all image points of the originally sized image run into the histogram
2. the local straight line construction

The grey card delivers the correct white point and acts as reference. The histogram evaluation is applied to the originally resolved PDI data and doesn't befall any change by varying the macro-pixel size. The behavior of the PDLI evaluation depends on the macro-pixel size and will be compared to the histogram evaluation. The bigger the size of the regions, which means a lower resolution and a lower noise level, the smaller becomes the computational effort, but the less possible straight lines can be generated. The reliability of both approaches is compared according to the segment size. The sizes vary

from a drastically reduction of the image size ( $5 \times 4$  regions) to a larger number of segments ( $20 \times 14$ ). The number of regions determines the number of chromaticity values, hence the number of straight lines. First of all we evaluate the image by the histogram in its original resolution (see chapter 2). For the evaluation we introduce a threshold that cut chromaticity values appearing less than 10% in relation to the maximum frequentness, hence they are negligible. This histogram delivers a first white point (cf. Figure 4) at the cluster point. Due to the inefficient angle of incidence within the arrangement, the data of position one is inadequate to obtain a well-defined white point. The histograms of positions two-four become more explicit by increasing the angle of incidence, id est the detection of the white point gets more accurate as well. For the evaluation of the macro pixel image the following steps are performed. At first we downsize the difference image (cf. Figure 3) and normalize the RGB color values to  $r, g, b$  chromaticities. Afterwards a histogram is applied on the macro pixel image and delivers a threshold value of 1% of the maximum histogram value. That means that every segment whose chromaticity value doesn't correspond to the threshold value will be disregarded for the evaluation. In contrast, each valid segment defines a straight line, so that the second white point can be found as the point of a best fit of the resulting straight lines (cf. eq.5). The results for the different positions from 1 to 4 and for different numbers of segments ( $5 \times 4$ ,  $10 \times 7$  and  $20 \times 14$ ) are shown in Table 1 be-

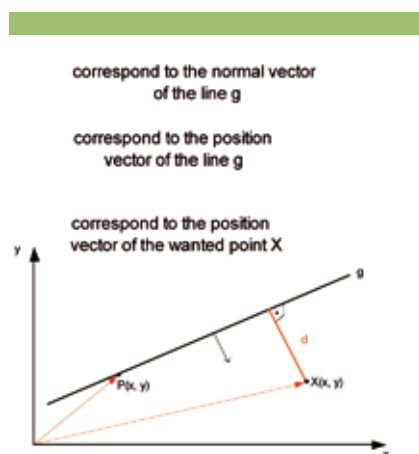


Figure 9: construction of the distance

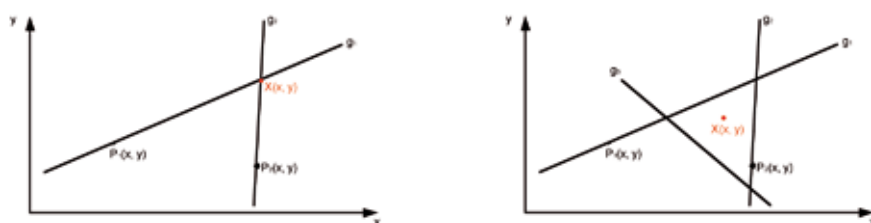


Figure 10: the intersection point for two straight lines (left), the point of best fit for three straight lines

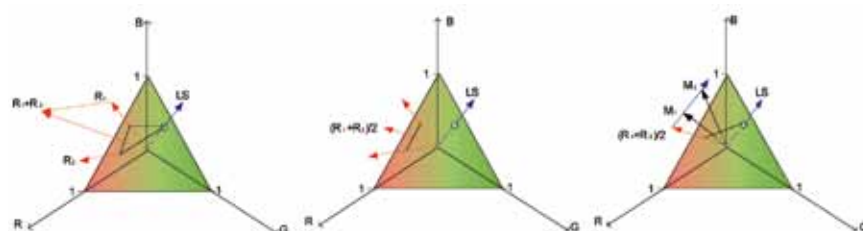


Figure 12: the averaging process of different colored regions

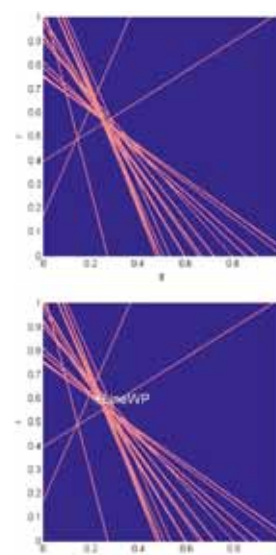


Figure 11: the point of best fit for any number of straight lines  $j \geq 2$ .

low. Both white points – histogram and PDLI white point – are compared with regard to:

1. different angles of incidence (positions 1-4)
2. different segment sizes, namely different resolutions

The deviation from the grey card chromaticity value according to

$$\Delta r g b = \sqrt{(r_m - r_{grey})^2 + (g_m - g_{grey})^2 + (b_m - b_{grey})^2}$$

specifies the reliability and is cited as "Histogram Error" and "Line Error" in the Table 1. The chromaticity values delivered by the histogram evaluation, respectively the PDLI evaluation are constituted as,

$$r_m, g_m, b_m,$$

whereas

$$r_{grey}, g_{grey}, b_{grey}$$

denominates the reference chromaticities of the grey card. Due to the low intensity of the PDI signal level at position 1, a histogram evaluation is not possible, as the small number of chromaticity values doesn't lead to a well-defined maximum in the histogram. Therefore the PDLI evaluation exploits only three out of 20 regions after the segmentation for 5x4 macro-pixels and only six macro-pixels out of 70 for 10x7 macro-pixels. In spite of this fact the accuracy in detecting the white point is quite high. For any segmentation it is obvious that the number of straight lines decreases by an increasing angle of incidence. This is due to the perspective within the image; the illuminated test chart becomes small in term of the area, so that again for the 5 x 4 pixels example only three pixels are evaluated again. However the experimental setup approaches the Brewster angle, i.e. the maximum level of the PDI signal within these regions is given. This fact affords the construction of well defined straight lines. In general we can declare, that the combination of a good yield of the PDI signal level by reason of the Brewster angle and an adequate number of straight lines permit a nearly perfect localization of the light source. The mean error of the single segmentation sizes tends to result in the assumption that the detection of the illuminant gets more accurate by the increasing of the number of macro-pixels. The lowest mean error occurs for a segmentation of 20x14 macro-pixels; however the difference to the mean error of the next bigger macro size of 10x7 is very small. Besides, the lowest error occurs at position 3 with a segmentation of 10x7, so

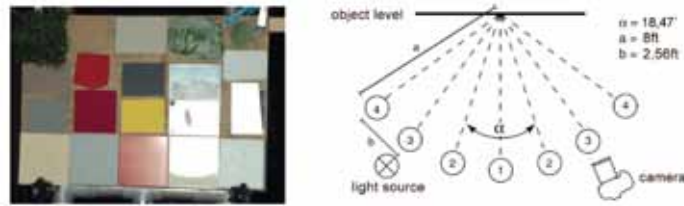


Figure 13: The test chart contains 20 different patches and is analyzed under different angles of incidence

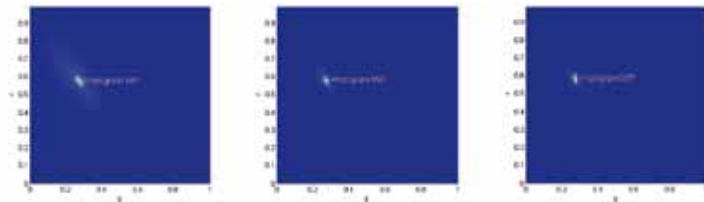


Figure 14: Position one is not evaluable, for position two (left), three (center) and four (right), it is true that the closer the angle of the setup approaches the Brewster angle the more definite appears the histogram

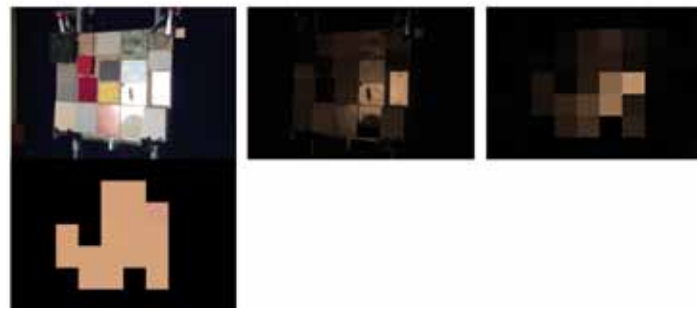


Figure 15: The test-chart in position 3 (left), the difference-image, the macro-difference-image, the macro-chromaticity image (right), disregarding invalid image segments

that the previous assumption is not clear. The correlation of the size of macro-pixels and the accuracy of this approach will be analyzed in detail in prospective investigations.

### Conclusion and outlook

Previous experiments tested the reliability of the whitebalPR-histogram evaluation and the PDLI-evaluation with respect to different image parameters. The experiments demonstrated the high accuracy of both approaches with different main focuses. The basic characteristics of these approaches are outlined below:

1. Basically the histogram evaluation achieves best results for mainly achromatic objects. In relation to multicolored objects and different object surfaces as well as the proportions of angles within the scene the experiments exhibited a high accuracy of measuring the color of the illuminant for glossy and matt surfaces.
2. The basic approach of PDLI shows a high accuracy for different colored objects

within a scene and proves a high stability even for the evaluation of very low signal intensities, which can be caused both by adversarial conditions of light incidence and rough-textured object surfaces. The approach yields robust results, due to the fact that no mathematically preprocessing is necessary to read out the local chromaticities which deliver the coordinates for the needed straight lines to locate the white point.

3. The segmentation to macro-pixels by PDLI has mainly two effects: on the one hand the reduction of the computational effort, on the other hand the reduction of the interference of noise. The number of exploitable segments depend on:
  - (a) the condition of the region regarding its noise behavior.
  - (b) the size of the segments.

Concerning (a) we maintain that the quota of noise basically depends on two factors:

- the object's surface

- the spatial arrangement of camera, object and light source.

The impact of noise on the evaluation depends on the local conditions within that segment. Either the noise is as dominant that the averaged segment exhibits no well defined value, in this case the segment is not included for the further evaluation. Or the noisy region is situated in immediate vicinity to a dominant region within that segment so as to the signal level can be analyzed. In this case the noisy signal appears low compared to the mean signal level and the impact on the averaged value can be neglected. Rough object's surfaces cause noise by two phenomenons. On the one hand the scattering effects at the surface induce a partial depolarization of the incident light; on the other hand the color of the object affects the PDI signal. Hence, the resulting signal becomes diminished and differs from the color of the illuminant. That means that both PDI vectors, namely the

straight line coordinates are close to each other, so that a well defined direction of the resulting straight line cannot be guaranteed. Moreover, the PDI chromaticity of a macro-pixel which is dominated by an object with a rough multi-scattering surface will drift towards the color of the object. Both effects don't affect the accuracy of the result in case of neutral objects, as both vectors are close to the achromatic point. However, highly saturated object colors have a strong impact on the result, because both PDI chromaticity vectors are located far from the achromatic point. Therefore a light error in their localization leads to an extensive deviation of the run of the straight line. Hence, a weighting of the straight lines appears to be a necessary aim of further investigations. The choice of the segment size does not only affect the number of the resulting straight lines but also the accuracy of the single segments, dependent on the local noise distribution. The coherence

of the size of the segments and the distribution and the level of noise within an image has not yet been sufficiently investigated. We can recapitulate that the extension of the basic whitebalPR-process to PDLI impairs the range of critical cases for the exact localization of the illuminant. The reliability of the process is assured for a large number of possible illumination situations and motifs. The upgrade of PDLI by using the macro pixel model augments the accuracy of the process and furthermore exhibits a high speed to detect the color of the light source. The aim of further investigations is to develop a concept for the choice of the optimal segment size against the noise content within a scene. Besides, the process will be optimized by weighting the single straight lines to weaken those lines which are badly conditioned or which deviate strongly from the probable white point.

Gregor Fischer

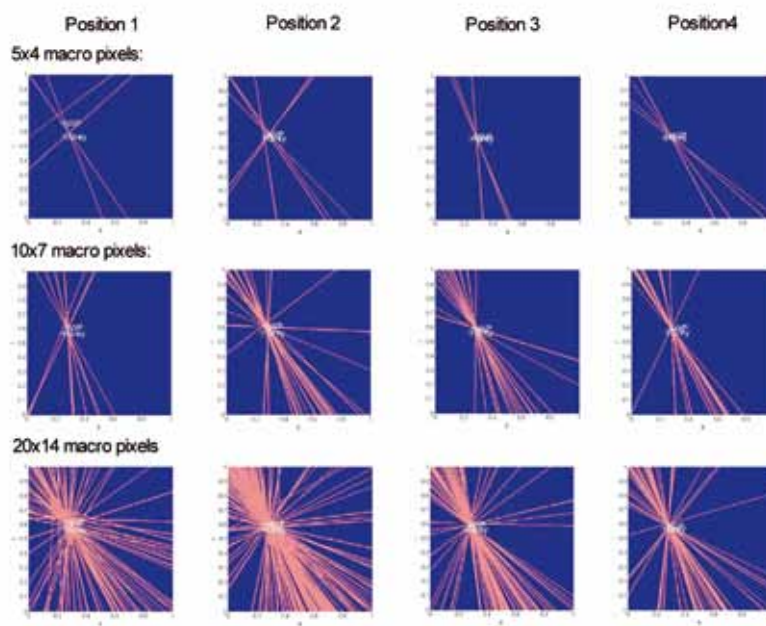


Figure 16: The PDLI-diagrams for different angles of incidence and different macro-pixel sizes

| Position        | 1      | 2    | 3      | 4      | Mean Error |
|-----------------|--------|------|--------|--------|------------|
| Histogram Error | N/A    | 4380 | 0,0471 | 0,0384 | 0,0421     |
| Line Error      | 0,0755 | 6978 | 0,0152 | 0,0170 | 0,0282     |
| Line Error      | 0,0169 |      | 0,0014 | 0,0047 | 0,0104     |
| Line Error      | 0,0197 |      | 0,0036 | 0,0049 | 0,0093     |

Table 1: error Table: the first row shows the histogram errors against the position within the arrangement, the remaining rows display the behavior of the PDLI evaluation with respect to the segment size and the position

## REFERENCES

- [1] Finlayson G.; Hordley, S.; Hubel, P. (2001): Color by correlation: A simple, unifying framework for color constancy, IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell, 23(11):1209-1221
- [2] Buchsbaum, G. (1980): A spatial processor model for object colour perception. Journal of the Franklin Institute 310(1), 337-350
- [3] Schaefer, G.; Hordley, S.; Finlayson, G. (2005): Combining physical and statistical evidence for computational color constancy, 10th Congress of the International Colour Association
- [4] Yoon, K.-J.; Choi, Y.-J.; Kweon, I.S. (2005): Dichromatic-Based Color Constancy Using Dichromatic Slope and Dichromatic Line Space, IEEE Int. Conf. on Image Processing, vol. 3, 960-963
- [5] Yoon, K.-J.; Choi, Y.-J.; Kweon, I.S. (2006): Fast Separation of Reflection Components Using a Specularity-Invariant Image Representation, IEEE Int. Conf. on Image Processing, 973-976
- [6] Miyazaki, D.; Tan, R.T.; Hara, K.; Ikeuchi, K. (2003): Polarization-based inverse rendering from a single view, IEEE Int. Conf. Computer Vision, 982-987
- [7] Fischer, G.; Kolbe, K.; Sajjaa, M. (2008): WhitebalPR automatic white balance by polarized reflections, Proceedings Electronic Imaging Conference / Digital Photography IV, San Jose [6817-13]
- [8] Fischer, G. (2006): Verfahren zur Ermittlung der Farbanteile von Licht, DE 10 2006 054 306.8, filed to the German Patent and Trade Mark Office
- [9] Fischer, G.; Sajjaa, M. (2008): whitebalPR- A New Method for Automatic White Balance, Proceedings CGIV 08, Barcelona
- [10] Fischer, G.; Sajjaa, M. (2008): Automatischer Weissabgleich-whitebalPR in Kombination mit dem Dichromatic Reflection Model, Proceedings Workshop Farbbildverarbeitung FWS08, Aachen

# Evaluation der subjektiven Qualität von IP Video Streaming

Neben den klassischen Distributionswegen für lineares Fernsehen via Satellit, Kabel oder Terrestrisch steigt der Anteil der IP-basierten Zustellung von Video Content. Dieser Anstieg findet beim Internet Service Provider parallel zu einem Ausbau von Breitbandverbindungen statt. Durch eine deutlich steigende Verbreitung von leistungsstarken Smart Phones ist dieser Trend auch im Mobilfunknetzen gut zu erkennen, die alle Möglichkeiten eines IP-basierten Netzzugangs gerade erst erfahren. Der enorm steigende Einsatz von Video-over-IP verursacht Probleme, auf die Broadcaster meist mit „Best Practice“-Ansätzen reagieren, in dem sie hochbitratige Anschlüsse zur Verfügung stellen und durch einfache Priorisierung ein gewisses Maß an „Quality of Service“ gewährleisten. Eine Analyse und Bewertung solcher Video Streams in unterschiedlichen IP-Netzen, um punktuelle Engpässe, Störungen oder gar Ausfällen von der Netzebene bis hin zur Content-Ebene zu erkennen und auf diese reagieren zu können, ist das Ziel des Forschungsprojekts „Smart Video“. Dies gilt auch für die im Heimnetzbereich häufig installierten WLAN, deren Eignung für IP Video Streaming ebenfalls untersucht werden. Schließlich stellt die Migration zum Internet-Protokoll Version 6 (IPv6) neue Herausforderungen an IP Video Streaming. Für diese Analyse wurde im Datennetzlabor eine Simulationsumgebung geschaffen, die stark an die Realität heran

reicht. Video on Demand, also das Abrufvideo, vergleichbar mit einer Videothek, wird über einen VoD Streamingserver realisiert, der Videos in MPEG2 und MPEG4 Format mit Unicastverbindungen zur Verfügung stellt. Im Testnetz wird auch lineares Fernsehen, also Live Streaming bereitgestellt. Hier wird der Contentempfang, wie in der Praxis üblich, mittels DVB sichergestellt. Nach einem Transcoding in das zu testende Format können die Streams sowohl via Unicast als auch Multicast verbreitet werden.

## SmartVideo IP Video Messsystem

Innerhalb des Forschungsprojekts „Smart Video“ wird ein Messsystem zur Qualitätsbestimmung von IP-basierten Video Streams erstellt (Abb. 1). So wurden Ressourcen schonende „light weight probes“ entwickelt. Diese haben die Aufgabe, Video Streams zu detektieren und eine Auswertung vorzunehmen. Die Steuerung und Konfiguration der Probes wird durch ein Web-basiertes Managementsystem realisiert, das Steuerbefehle an die Probes sendet und Messergebnisse der Probes zur weiteren Analyse abrufen und weiterverarbeitet. Das Managementsystem bietet die Möglichkeit, eine erste Evaluierung der gewonnenen Messergebnisse vorzunehmen und darzustellen. Die Darstellung kann im „Live-Betrieb“ erfolgen. Dabei beschränkt sich die Komponente auf die grundlegenden Netzwerkparameter, so können im ersten Schritt grobe Probleme

## ABSTRACT

IP-basierte Netze werden immer häufiger zur Bereitstellung von Videomaterial genutzt, wobei die Analyse der aktuellen Qualität sehr aufwendig und kostenintensiv ist. Im Rahmen des Forschungsprojekts „SmartVideo“ vom Bundesministerium für Bildung und Forschung wird ein kostengünstiges Verfahren zur Qualitätsbestimmung in IP-basierten Videoströmen wie IPTV oder Video-on-Demand (VoD) entwickelt. Das SmartVideo-Messsystem sowie die komplexe Testumgebung im Labor Datennetze wird vorgestellt. Erste Messergebnisse in aktuellen Netzszenarien werden vorgestellt und erste Untersuchungen in IPv6-Umgebungen demonstriert.

## PROJEKTLÉITUNG

Prof. Dr.-Ing. Andreas Grebe  
Dipl.-Ing. Oliver Portugall  
Dipl.-Ing. Stephan Küffner  
Fakultät für Informations-,  
Medien- und Elektrotechnik  
Institut für Nachrichtentechnik  
Forschungsgruppe Datennetze  
andreas.grebe@fh-koeln.de  
www.dn.fh-koeln.de  
www.smart-video.org

## PROJEKTPARTNER

Vodafone (Arcor) Deutschland,  
Eschborn  
Vierling Communications,  
Ebermannstadt

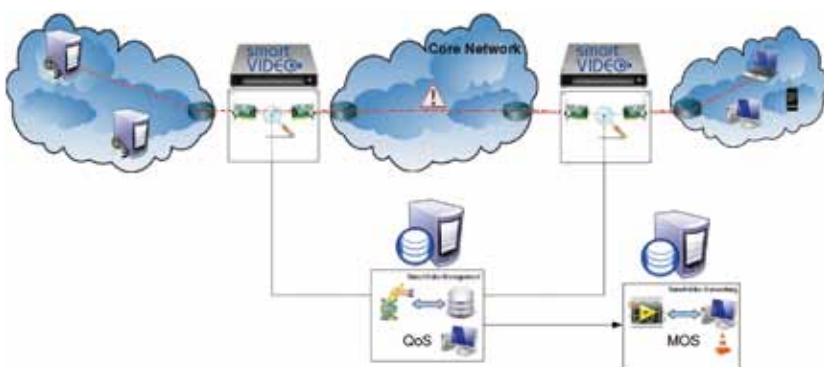


Abb. 1: Aufbau des SmartVideo-Messsystems



im Netzwerk erkannt und eine Abschätzung über die momentane QoS gegeben werden. Für eine detaillierte Auswertung ist eine eigenständige Auswerteeinheit zuständig. Hier fließen neben den QoS Parametern auch Parameter aus dem Bereich MPEG, die durch eine Deep Inspection gewonnen wurden, mit ein. Die Auswerteeinheit bewertet die Streams in einem Non-Referenzverfahren, im Gegensatz zum Full-Referenzverfahren nach ITU-T J.247 [J.247], das zwangsweise ungestörtes Vergleichsmaterial benötigt. Aus den Messergebnissen wird ein Mean Opinion Score (MOS) bestimmt, der die Faktoren einer Quality of Experience (QoE) [G.1080] und [DSLTR126] berücksichtigt.

### IP Video Streaming

Für eine Bereitstellung von IPTV mit einer geeigneten Quality of Service (QoS) stellen Internet Service Provider (ISP) ihre Netze zu Next Generation Network (NGN) mit QoS-Unterstützung um. Bei der Verbreitung des Video Content wird bei linearem Fernsehen ganz auf Multicast gesetzt, um die sonst auftretenden Redundanzen zu vermeiden. Durch diesen Einsatz und Dank der üblich redundanten Dimensionierung des Backbones liegt der Engpass bei einer IPTV Zustellung in der Last Mile. Der Engpass wird durch den stetigen Ausbau des Access-Netzes wie etwa VDSL oder Fiber-to-the-Home soweit entschärft, dass zumindest eine begrenzte Anzahl von Kanälen über die Last Mile übertragen werden kann. Der Einsatz von WLAN, im lokalen Netz, in Kombination mit IPTV bringt einige Probleme mit sich, da Standard WLAN Router nur bedingt QoS-fähig sind und eine begrenzte Bitrate bieten. Somit verschiebt sich die Problematik einer guten Video-Qualität in das lokale Netz, da an dieser Stelle mit Bruttodatenraten von 54 Mbit/s bei IEEE 802.11g, bzw. ca. 450 Mbit/s bei IEEE 802.11n

und deutlich geringeren Nettobitraten auf Applikationsebene, je nach Umgebung 28-30 Mbit/s bei 802.11g [Greb07], zu rechnen ist. WMM (IEEE 802.11e) als QoS-Mechanismus für WLAN kann verwendet werden um in dieser Engstelle eine geeignete Steuerung zu übernehmen und IPTV Streams zu bevorzugen. Allerdings bietet WMM nur eine relative QoS, die zwischen den Klassen gilt [Greb07]. Überlast in einer Klasse beeinträchtigt dann nach dem CSMA/CA-Verfahren alle Streams dieser Klasse, weiterhin werden auch alle darunter liegenden Klassen beeinflusst. Eine automatisierte, für den Heimanwender einfache Prioritätssteuerung von IPTV ist in WLAN nicht vorgesehen. Bei einem Einsatz von Multicast in WLAN-Systemen treten weitere Probleme auf. In aktuellen Systemen werden „Power Save“-Mechanismen eingesetzt, um den Energieverbrauch der Endgeräte möglichst klein zu halten. In diesem Fall stellt ein Client das Horchen auf den Kanal ein, wenn diesem durch eine TIM oder DTIM nicht mitgeteilt wird, dass zu empfangene Daten anstehen. Für Multicast verwendet der Access-Point DTIM, um den Client zu signalisieren, dass Multicastdaten versendet werden (Abb. 2). Durch die große Anzahl der Daten, die typischerweise zu versenden sind, muss für einen reibungslosen Einsatz die DTIM kleinstmöglich gesetzt werden. Daten zwischen zwei DTIMs müssen im Access-Point so lange gespeichert werden, bis die nächste DTIM ansteht, dies führt zu weiteren Verzögerungen und einer größeren Speicherauslastung im Access-Point. Für weitere Messungen wurde im Labor, aufbauend auf das bereits beschriebene Streaming-System, ein linux-basierter Router integriert, der neben den Standardfunktionen wie WPA, Firewall, DHCP auch die für Video Streaming interessanten Techniken WMM, VLAN und eine einstellbare DTIM bieten. VLAN wird zur Abschottung der

Videodaten, die gesondert und nur lokal verfügbar sein sollen, benutzt. Zur Unicastpriorisierung wurde WMM mit vier Klassen, Voice/Video/Best Effort/Background, eingesetzt. Messungen haben gezeigt, dass der Einsatz von Multicast über WLAN auch mit einem offenen Routersystem problematisch ist. Die Probleme, die durch den Einsatz von „Power Save“-Mechanismen entstehen, sind sehr groß und können nicht umgangen werden. Eine Kombination von WMM und Multicast ist nicht möglich, da Multicast zwangsweise auf die DTIM angewiesen ist, diese dann aber höchst priorisiert sendet. Bei einer für Multicast optimalen Einstellung der DTIM von 1, was einer Präsenz in jedem Beacon-Intervall entspricht, führt der „Power Save“-Zustand bei geringem Verkehr zu erhöhten Paketverlusten von bis zu 2,3% (Abb. 3). Bei dieser Messung wurde das Beacon-Intervall auf den im Standard definierten Minimalwert von 50 ms gestellt. Bei steigenden Quelldatenraten sinkt die Verlustrate und steigt erst bei Überlast wieder an. Das Minimum von 0,6 % Verlustrate wird in einem 802.11g WLAN mit 54 Mbit/s Bruttodatenrate und einem eingestellten Beacon Intervall von 50ms erst oberhalb von einem Verkehrsangebot von 3,48 Mbit/s (netto) erreicht (Abb. 4). Die Ergebnisse dieser Messungen zeigen, dass die DTIM einen messbaren Einfluss auf die Qualität des Streams hat. Der Einsatz von IP-Video im Multicastverfahren ist somit mit weiteren Paketverlusten behaftet und führt zudem zu einer Senkung des maximal erzielbaren Durchsatzes des WLAN-Systems. Abb. 5 zeigt die sichtbaren Auswirkungen einer solchen Störung. Ein Wechsel von Multi- hin zu Unicast würde die Auswirkungen der DTIM-Problematik umgehen. Die bessere Poweranpassung zwischen Access-Point und Client minimiert außerdem Störungen in diesem und den umliegenden WLAN-Systemen. Für einen Wechsel zwischen Multi- und Unicast müsste aber der Access-Point mit weiteren Funktionen ausgestattet werden, was sich durch den begrenzten Leistungs- und Funktionsumfang heutiger Systeme als schwierig herausstellt. Ein kompletter Verzicht auf Multicast indes ist auch nicht denkbar, da Multicast für die Backbone-Netze unabdingbar ist.

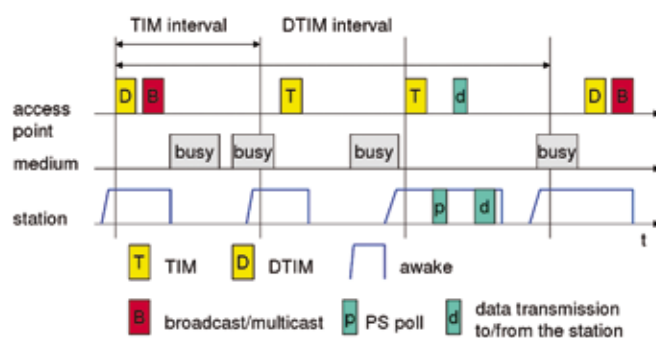


Abb. 2: DTIM zur Signalisierung von Multicastdaten

### IP Video over IPv6

In den letzten Monaten ist das Interesse am Thema IPv6 erheblich gestiegen, wie man an aktuellen Berichten und Beiträgen [RI09] sehen kann. Provider stoßen auf immer größere Probleme bei der Registrierung neuer Adressbereiche durch Adressknappheit. Somit wird

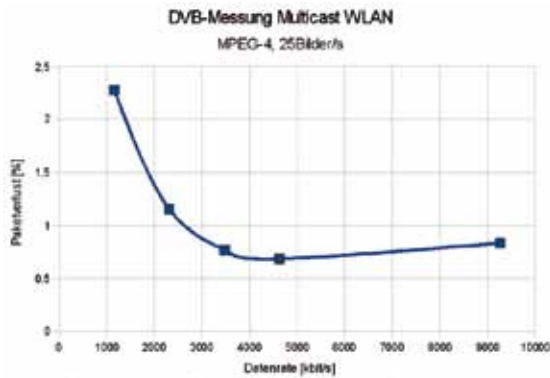


Abb. 3: Einfluss des »Power Save« Zustands in WLAN

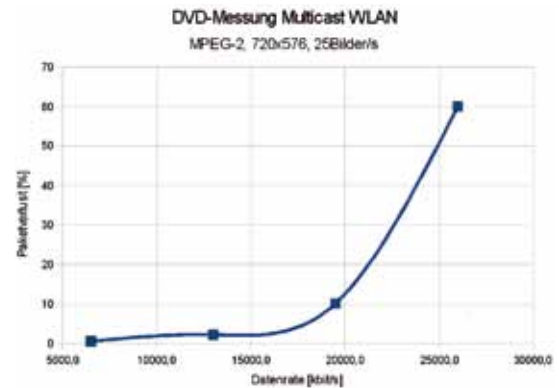


Abb. 4: Paketverlust bei steigendem IPTV-Verkehr in WLAN

aktuell auch bei Providern über Migrationszenarien von IPv4 hin zu IPv6 nachgedacht, um von dem deutlich größeren Adressbereich zu profitieren. Weitere wichtige Punkte wie eine bessere QoS-Unterstützung durch Flow Label, Roaming mittels mobiler IP-Unterstützung oder der erweiterte ICMP-Umfang sind für Provider von Interesse. Aus diesem Grund wurde das Testnetz um IPv6-Funktionalität erweitert, und es lassen sich verschiedene Migrationsszenarien testen. Im lokalen Netz ist ein Dual-Stack-Betrieb möglich, was bedeutet, dass IPv4 parallel zu IPv6 betrieben werden kann. Alle Komponenten im Netz müssen hierfür beide Protokolle unterstützen, das durch den Einsatz von aktuellen Linux-Betriebssystemen und aktuellen Cisco-Netzwerkkomponenten problemlos funktioniert. Somit können alle Funktionen von IPv6 genutzt werden, wie etwa ICMP-Meldungen zur dynamischen Anpassung der MTU Size für einen Stream, um eine Fragmentierung durch Router auszuschließen und somit Router-Ressourcen zu schonen. Da der Dual-Stack-Betrieb nur innerhalb des Testnetzes funktioniert und momentan nicht über das

Intranet der Fachhochschule (FH) Köln erreichbar ist, wurde parallel zum Dual-Stack ein Tunnelsystem installiert. Messungen an diesem System haben gezeigt, dass es zu unerwartetem Verhalten beim Einsatz von Tunneltechniken kommen kann. So verursacht der für die Tunneltechnik benötigte IPv4-Header einen gewissen Overhead. Dies bedeutet, dass es zu einer unerwarteten Fragmentierung eines Video-Streams kommen kann, die auf IPv6-Ebene nicht zu erkennen ist. Die nachfolgende Abb. 6 zeigt eine solche Störung, die sich durch eine Fragmentierung eines Streams ergab. Genauso stellen sich auch die benötigten Sprünge (Hops) durch das IPv4-Netz transparent gegenüber dem IPv6-Netz dar und verursachen eine spürbare Verzögerung. Für dieses Szenario wurde auf einen externen Tunnelbroker zurück gegriffen, um mit öffentlichen IPv6-Adressen zu messen. Die in diesem Szenario typische Verzögerung lag im Mittel bei ca. 27ms (Abb. 7) und einer Verlustrate von ca. 1,2%, die deutlich über dem zu erwartendem Wert liegt. Die Messungen ergaben, dass der Einsatz von IPv6 eine Reihe von Vorteilen bringt. Die Migration

zu IPv6 ist hingegen mit einigen Tücken versehen, somit sollte die Umstellung möglichst evolutionär durchgeführt werden, etwa durch den Einsatz von Dual-Stack-Techniken und einer abschnittweisen Einführung von Diensten auf Basis von IPv6 mit Parallelbetrieb in IPv4.

Andreas Grebe

## LITERATUR

- [RI09] Réseaux IP Européens (2009) <http://www.ripe.net/ripe/meetings/ripe-59/agendas.php?wg=ipv6>
- [DSLTR126] DSL-Forum TR-126, Triple-play Services Quality of Experience (QoE) Requirements, Dez. 2006
- [G.1080] ITU-T Series G (2008), Quality of service and performance – Generic and user-related aspects: Quality of experience requirements for IPTV services
- [Greb07] Grebe, A. (2007): „Quality-of-Service in Wireless LAN“, Forschungsbericht FH Köln, S. 83-87
- [J.247] ITU-T Series J (2008), Measurement of the quality of service: Objective perceptual multimedia video quality measurement in the presence of a full reference

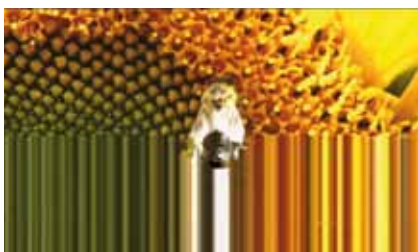


Abb. 5: Auswirkung von Paketverlust auf MPEG4 (1% Paketverlust)



Abb. 6: Störung eines MPEG4 Streams durch Paketfragmentierung

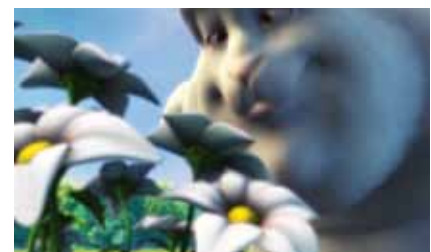


Abb. 7: Verzögerungsstatistik eines IPv6 Tunnels





# Ein flexibles und zuverlässiges eingebettetes System für den Einsatz in Teilchenbeschleunigern<sup>1</sup>

Der Large Hadron Collider (LHC) im europäischen Zentrum für Teilchenphysik CERN hat nach anfänglichen Schwierigkeiten Ende 2009 seinen Betrieb aufgenommen und Schwerionen bei nahezu Lichtgeschwindigkeit zur Kollision bringen. Das entstehende Quark-Gluon-Plasma (QGP) wird im Experiment ALICE (A Large Ion Collider Experiment)[1], einem der vier großen LHC-Experimente, untersucht. Im Vergleich zu früher gebauten Detektoren ist der Bedarf an Rechenleistung innerhalb des Detektors und damit des Steuersystems (Detector Control Systems (DCS)) erheblich angestiegen. Das DCS hat die Aufgabe, die sogenannte Front End Electronic (FEE), die die Messungen durchführt, mit Konfigurations- und Kalibrierungsdaten zu versorgen, die für die jeweilige Messung gewählt werden. Daneben muss sie wichtige physikalische Größen, wie etwa den Gasdruck oder elektrische Spannungen, überwachen, aufzeichnen und möglicherweise erste Maßnahmen zur kontrollierten Abschaltung im Fehlerfall ergreifen. Um mit dem komplexen Umfeld einerseits im Detektor, andererseits auf der Leitebene außerhalb

zu kommunizieren, müssen konfigurierbare Schnittstellen und anpassbare Protokolle angeboten werden. Daher wurde eine flexible Plattform entwickelt, die sich im Experiment bereits sehr bewährt hat. Das DCS-Board (DCSB) wurde als flexibles eingebettetes System für den Detektor entwickelt. Es basiert auf dem „Excalibur“ Chip der Firma Altera, der Rechner und konfigurierbaren PLD-Teil in einem Gehäuse vereinigt. Der PLD bildet dabei eine Schicht zwischen den Bauteilen des DCSB und der Software. Da er in seiner Funktion konfigurierbar ist, kann er an die Anforderungen, die das jeweilige DCSB erfüllen muss, angepasst werden. So kann an einem Ort ein Teil des PLD etwa zur Implementation einer schnellen Signalverarbeitung genutzt werden, wohingegen an anderem Standort stattdessen ein Ethernet-Controller integriert wird. Die Implementation von Ethernet im DCSB bringt dem Experiment große Vorteile: Es muss keine Extra-Verkabelung für einen klassischen Feldbus vorgesehen werden, die Bandbreite zur Leitebene ist hoch und Ethernet und TCP/IP sind integrale Bestandteile des Linux-Kernels, der damit in den DCSB

## ABSTRACT

Im ALICE-Experiment, einem der großen Experimente am Large Hadron Collider (LHC) im CERN, wurden verschiedene Detektoren kombiniert, die zur Untersuchung von Quark-Gluon-Plasma dienen. Das Steuersystem für diese Detektoren ist ein wesentlicher Teil des Detektors, da es unter anderem die Gasversorgung, Kühlung, elektrische Versorgung und Konfiguration der Detektorelektronik übernimmt. Im Vergleich zu früher gebauten Detektoren ist der Bedarf an Rechenleistung innerhalb des Detektors und damit des Steuersystems (Detector Control Systems (DCS)) erheblich angestiegen. Um mit dem komplexen Umfeld einerseits im Detektor, andererseits auf der Leitebene außerhalb zu kommunizieren, müssen konfigurierbare Schnittstellen und anpassbare Protokolle angeboten werden. Daher wurde eine flexible Plattform entwickelt, die sich im Experiment bereits sehr bewährt hat.

## PROJEKTLEITUNG

Prof. Dr.-Ing. Georg Hartung  
Fakultät für Informations-,  
Medien- und Elektrotechnik  
Institut für Nachrichtentechnik  
georg.hartung@fh-koeln.de  
Dr. Tobias Krawutschke

<sup>1</sup> Dieser Beitrag ist die Kurzfassung eines Artikels, der auf der IEEE-Konferenz FPL08 (Field Programmable Logic) präsentiert wurde. Die Thematik hat zu einer Dissertation von Dipl.-Ing. Tobias Krawutschke geführt, die in Kürze veröffentlicht wird.

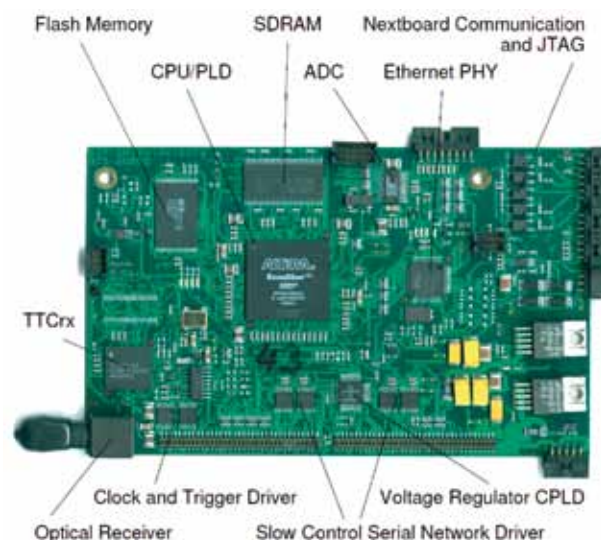


Abb. 1: Das DCSB, der Rechner des verteilten Steuersystems

eingesetzt werden kann. Somit steht auch die ganze Breite der unter Linux erhältlichen Standard-Werkzeuge für die Software-Entwicklung frei zur Verfügung. Zudem können so zwei häufig in physikalischen Experimenten eingesetzte Software-Systeme, das Slow Control Serial Network (SCSN) und das Distributed Information Management System (DIM)[2], eingesetzt werden. Abb. 2 illustriert den Datenfluss durch Hardware und Softwareebenen des DCS Board zwischen der Leitebene und der Elektronik des Detektors. In Bezug auf radioaktive Strahlung und die dadurch hervorgerufenen Störungen bildet ein komplexes DCSB natürlich eine größere Herausforderung als ein Einfachcontroller in gehärteter Technik. Durch die mit dem PLD und Linux gegebene Flexibilität konnten aber Maßnahmen ergriffen werden, die bei der zu erwartenden Strahlendosis einen wartungsfreien Betrieb ermöglichen werden.

### Das DCSB als flexible Plattform

Wie bereits in Abb. 2 vorgestellt, kann das DCS-Board in Hardware- und Software-Ebenen aufgeteilt werden. Die rekonfigurierbare Teile des PLD ist ein Teil der Hardware, wohingegen die Software aus Kernel, Gerätetreibern und Anwendungsprogramm besteht.

#### Hardware

Das 140mm x 90mm große DCSB wurde in Abb. 1 vorgestellt. Es wurde am Kirchhoff Institut für Physik der Universität Heidelberg entwickelt. Zentrales Element ist der Altera EPXA1 Chip mit einer ARM 9 CPU und einem 100 000 Gatter fassenden PLD in SRAM-Technik (4160 Logik-Element (LE)). Der Chip enthält daneben noch eine Memory Management Unit (MMU), einen SDRAM-Controller, ein Dual-Port-Speicher, einen UART und einen Watchdog-Timer. Die Teile des Chips sind über den von Altera definierten AHB-Bus basierend auf Multiplexern verbunden. Als Arbeitsspeicher dient ein 32 MB SDRAM-Chip. Die Konfigurationsdaten für den PLD, der Systemlader, Kernel und die Programme sind in einem 8 MB Flash Speicher permanent abgelegt. Ein Analog-Digital-Umsetzer (ADC) misst acht externe und zwei interne Spannungen mit 16 Bit Auflösung. Über ein Serielles Peripheral Interface (SPI) können Daten und Konfiguration auf das DCSB übertragen werden, da ein SPI-Master-Controller im PLD realisiert ist. Ein zusätzlicher konfigurierbarer CPLD mit permanenter Konfiguration wird zur Erweiterung der Ausgabekanäle genutzt. Im TRD werden diese Kanäle genutzt, um die Spannungsregler des Detektors zu steuern. Die Datenverbindung mit der Detektor-

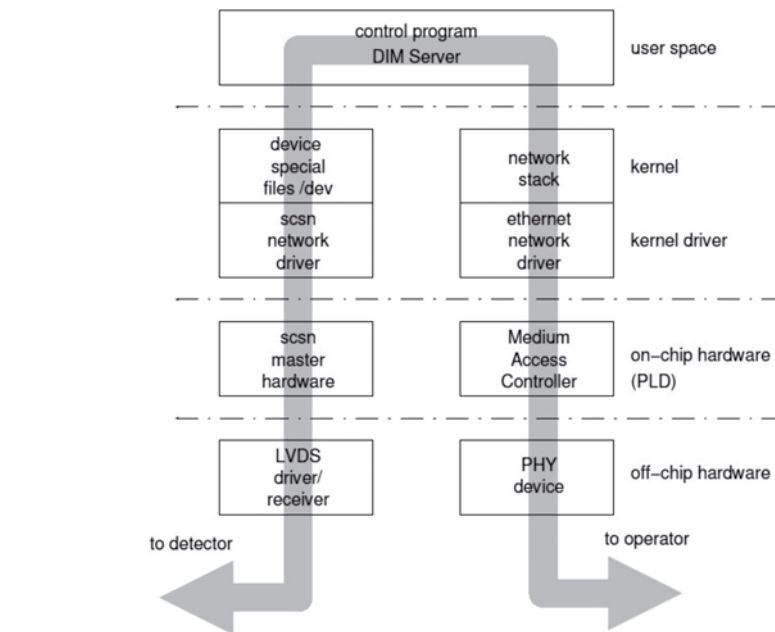


Abb. 2: Kommunikation zwischen TRD und Leitebene über Hard- und Software des DCSB

elektronik im TRD-Detektor ist über LVDS-Verbindungen realisiert. Diese stellen die physikalische Ebene für das SCSN-Netzwerk bereit, über das die 138 Messchips einer TRD-Auslesekommer von einem DCSB angesprochen werden kann. Dazu sind die Messchips in vier Ringen organisiert, wobei jeder Messchip in 2 Ringen eingebunden ist. Die Pakete werden vom erzeugenden DCSB durch den Ring bis zum Empfänger weitergereicht. Die doppelte Einbindung eines Messchips bietet Redundanz gegen Netzwerkfehler (Ausfall eines Messchips). Die Protokollmaschine im DCSB überwacht die Kommunikation, adressiert die Messchips und fügt die Steuer- und Sicherungsbits (CRC) hinzu. Die beiden benachbarten DCSB sind über eine JTAG-Kommunikations- und Konfigurationsverbindung miteinander verbunden. Dies stellt eine zusätzliche Möglichkeit zum Wiederaufsetzen eines fehlerhaften DCSB bereit. Der ebenfalls vorhandene Ethernet-Controller wird später vorgestellt. An der Fachhochschule (FH) Köln wurde für das internationale ALICE-Konsortium in einer mehrjährigen Arbeit ein Großteil der im PLD enthaltenen Komponenten entwickelt.

#### Software

Das Flashspeicher enthält mehrere Software-Module: Systemlader, Linux-Kern und ein Dateisystem mit den Programmen. Der Systemlader ist am Anfang des Flashspeichers abgelegt und wird bei Systemstart ausgeführt. Er initialisiert die CPU, konfiguriert den

PLD-Teil und lädt den Linux-Kern sowie Parameter wie etwa die Ethernet-Adresse in den RAM-Speicher. Der Linux-Kern (Version 2.4) ist an die Gegebenheiten des DCSB angepasst. Bei seinem Start werden, wie bei Linux-Systemen üblich, die MMU, Caches und die Hardware des DCSB initialisiert und das Dateisystem im Flashspeicher eingebunden. Für den Betrieb stehen die Standard-Unix-Hilfsmittel der busybox, einer weitverbreiteten Sammlung von Programmen für eingebettete Linux-Systeme, zur Verfügung. Entsprechend der flexiblen Verwendung des PLD werden die meisten Hardwaretreiber als Kernmodule beim Start geladen, mit Ausnahme des Ethernet-Treibers, der fest eingebunden ist, so dass auch über das Netzwerk das Laden des Systems erfolgen kann. Das ausgeführte Benutzerprogramm stellt die eigentliche Funktion des DCS bereit, insbesondere die Kommunikation zwischen der gesteuerten Detektorelektronik und dem allgemeinen Steuersystem des Experiments (SCADA: Supervisory Control And Data Acquisition) (siehe Abb. 2).

#### Varianten des DCSB

Alle Varianten des DCSB nutzen die gleiche Hardware und sind gleichermaßen per Ethernet von der Leitebene erreichbar. Der TRD (Transition Radiation Detector) benutzt 540 DCSB zur Kontrolle der Auslesekommer, sowie 50 DCSB mit einer anderen PLD-Konfiguration, z.B. zur schnellen Weiterreichung und Auswertung von Trigger-Signalen. Im Versorgungssystem für

Hochspannung sind ebenfalls DCSBs eingesetzt, die hier über das CAN-Protokoll die Kanäle der Hochspannungseinheiten ansprechen. Das PLD enthält in dieser Variante eine CAN-Protokollmaschine, entwickelt an der FH Köln. Der TPC (Transition Projection Chamber), ein anderer Detektor von ALICE, benutzt 216 DCSB zur Steuerung seiner RCU-Boards (Readout Control Units), die gemessene Werte an das Datenaquisitionssystem weitergeben. Zusätzlich werden im TPC DCSBs für die Kalibrierung der Drift-Zeit und die Synchronisation mit der globalen LHC-Zeit benötigt. Infolge seiner flexiblen Struktur wird das DCSB darüber hinaus in anderen Detektoren, die teilweise sehr nah an der Kollisionsstelle angebracht sind, eingesetzt, vornehmlich als Protokollwandler.

### Ethernet Controller

Eine der Hauptanforderungen an das DCSB ist es, eine schnelle Netzwerkverbindung mit der Leitebene bereitzustellen, die unter den harten Bedingungen eines Beschleunigers (Betrieb im elektromagnetischen Feld von bis zu 0.5 Tesla) zuverlässig funktioniert. Daher wurde an der FH Köln ein Ethernet-Controller und ein Übertrager entwickelt, der auch unter diesen Bedingungen zuverlässig funktioniert. Der Ethernet-Controller im PLD des Altera-EPXA1-Bausteins enthält eine auf Platzverbrauch optimierte Mediumzugriffseinheit (MAC), die ausschließlich im „Full-Duplex“-Betrieb arbeitet sowie eine Steuereinheit zur Konfiguration und Statuskontrolle des externen Bausteins für die physikalische Übertragung (MDI). Eine besondere Eigenschaft ist seine Fähigkeit, empfangene Daten direkt in den Speicher des Rechnersystems zu schreiben. Der Controller belegt ca. 1000 Logikzellen des PLDs (etwa 25 Prozent) und spart gegenüber einer vergleichbaren Implementation von OpenCores [4] ca. 60 Prozent an Zellen ein.

### Rekonfiguration des Flash-Speichers

Eine Schlüsselfunktion für die erhöhte Zuverlässigkeit des DCSB ist die Fähigkeit, den Flash-Speicher vom Nachbar-DCSB über die JTAG-Verbindung zu rekonfigurieren. Tritt ein Fehler etwa durch radioaktive Teilchen im DCSB-Speicher auf, kann das DCSB aus seinem Flash neu gestartet werden. Ist aber der Flash-Inhalt selbst durch den Fehler betroffen, so muss der Flash neu beschrieben werden. Aus diesem Grund sind die DCSB in eine Ring-Struktur mit JTAG-Verbindungen eingebunden (siehe Abb. 3), und jedes DCSB hat einen es kontrollierenden DCSB-Nachbarn. Über das „JTAG Boundary Scan“-Protokoll (IEEE 1149.1 [6]), kann das kontrollierende Nachbar-DCSB auf jeden Pin-Status und die internen Register des Prozessors und des PLDs zugreifen und so im Fehlerfall eine Grundfunktionalität für den Restart wiederherstellen. Darüber hinaus kann bei Nicht-Erreichbarkeit eines DCSB über Ethernet vom Nachbarn über den PLD auf die Steuereinheit (MDI) des Ethernet-Controllers zugegriffen werden, dessen Statusinformationen gelesen und entsprechende Maßnahmen zur Fehlerbeseitigung ergriffen werden. Bei einem Fehler des Flashs kann dieser ähnlich wie gerade beschrieben über den Prozessorchip rekonfiguriert werden. Ungünstigerweise würde dies mehr als 5h benötigen. Um diese hohe Zeit, in der das DCSB ja nicht verfügbar wäre, abzukürzen, wurde eine spezielle Flash-Rekonfigurationsmaschine entwickelt. Im Fehlerfall wird sie vom Nachbarn über JTAG in den PLD des Prozessorchips geladen. Anschließend schreibt sie ohne Umweg über den Prozessor den vom Ethernet kommenden Flash-Inhalt direkt in den Flash mit maximaler Geschwindigkeit, was ca. 90s dauert. Den Aufbau dieser Rekonfigurationsmaschine, die so nur in einem flexiblen PLD-basierten DCSB möglich ist, zeigt Abb. 4.

### Toleranz gegenüber Radioaktivität

Um die Zuverlässigkeit des DCSB zu untersuchen, müssen zu Fehlern führende Ereignisse kategorisiert und deren Häufigkeiten bestimmt werden, um dann die Fehlerrate des DCSB abschätzen zu können. Dazu wurden Tests während der Entwicklung des DCSB durchgeführt, die solche Fehlereignisse identifizierten. Diese Untersuchungen ergaben, dass bei der zu erwartenden Strahlendosis im LHC vor allem mit sogenannten „Single Event Upsets“ (SEU) gerechnet werden muss, bei denen sich der Inhalt eines Speichers durch den Durchflug eines radioaktiven Teilchens spontan ändert, wohingegen eine Zerstörung der Elektronik extrem unwahrscheinlich ist. Weitere Untersuchungen mit einem DCSB ergaben, dass es im Mittel einige Stunden betrieben werden kann, bis es aufgrund eines SEU einen Fehler zeigt [7]. Dies ist für den Detektorbetrieb nicht problematisch, da der Detektorbetrieb auch dann möglich ist, wenn ein DCSB temporär ausfällt, da es einfach wieder zurückgesetzt werden kann, ohne ein Experiment wesentlich zu stören. Um die mittlere Eintrittszeit eines durch ein SEU auftretenden DCSB-Fehler zu ermitteln, wurden drei Testverfahren an der FH Köln entwickelt: ein Speichertest für den SDRAM-Speicher im Offline-Betrieb, ein PLD-Test und ein Online-Speichertest. Speichertest für den SDRAM: Der vor allem zum Test der DCSBs in Wartungszeiten entwickelte SDRAM-Tester ist eine Erweiterung der im vorherigen Abschnitt beschriebenen Flash-Konfigurationsmaschine. Er füllt den Speicher mit einem Testpattern und liest diese zurück. Bei Unterschieden zwischen geschriebenem und gelesenem Muster ist ein fehlerhafter Bereich identifiziert, der dann über die Ethernet-Verbindung an die Leitebene gemeldet wird. Dieser Test läuft ohne CPU, also ohne Speicherbedarf für den Test selbst, und daher kann, wenn gewünscht, den gesamten SDRAM oder auch nur einen frei wählbaren Bereich testen. PLD-Test: SEU-Fehler im PLD führen zu einer veränderten Hardware-Funktion des betroffenen Moduls, etwa des Ethernet-Controllers). Es sind zwei verschiedene Fehler möglich: Änderung des SRAM, der die Konfiguration des PLD-Teils enthält und Änderung von Flip-Flops in den PLD-Zellen. Tritt der SEU im SRAM auf, wird eine Logik-Funktion geändert. Dieser Fehler bleibt bis zum Neustart des Systems erhalten. Leider ist es nicht möglich, die SRAM-Konfiguration zurückzulesen (im Gegensatz zu Bausteinen anderer Hersteller). Daher bleibt ein Fehler so lange im System, bis durch die

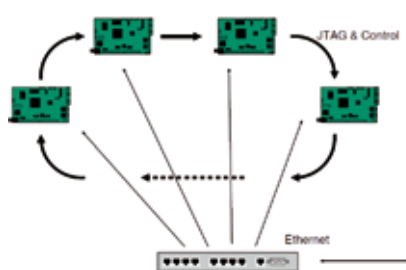


Abb. 3: Verbindung der DCSB zur Rekonfiguration bei Ausfall der Kommunikationseinheit

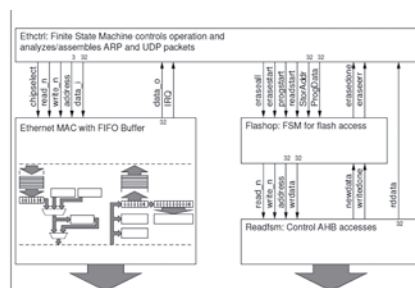


Abb. 4: Rekonfigurationsmaschine für den Flash des DCSB

veränderte Funktionalität das Gesamtsystem in einen Fehlerzustand läuft. Tritt andererseits der SEU in den Logikzellen des PLD selbst auf, bedeutet dies, dass ein Zustands- oder Puffer-Speicherbit geändert wird. Auch hier wurde nach Abwägung verschiedener Möglichkeiten entschieden, solche Fehler erst dann zu behandeln, wenn sie zu einem Fehler im Gesamtsystem führen. Um (sehr unwahrscheinliche) permanente Fehler des PLD aufzudecken, wurde ein passives Fehlererkennungssystem entworfen, das den PLD in einem Testmodus mit einer Kombination aus dreifachredundanten Zellen und Mehrheitsentscheidern nutzt. Funktionsfehler in einer Zelle werden durch den Vergleich des Zellergebnisses mit dem der beiden redundanten anderen identifiziert. Dies kann genutzt werden, um bei einer Rekonfiguration des PLDs die fehlerhafte Zelle auszuschließen.

### Online-Speichertest

Die bisher vorgestellten Tests können nur während Wartungs- und Testphasen des DCSB genutzt werden. Um das System aber auch im laufenden Betrieb zu überwachen und insbesondere die SEU-Rate zu ermitteln, wurde ein Speicher-Selbsttest (OMS: Online Memory Test) entwickelt, der ungenutzten SDRAM-Speicher mit Testpattern füllt, diese zurückliest und so SEU bedingte Speicherfehler erkennt. Um möglichst viel Speicher bei möglichst geringer Beeinträchtigung des laufenden Betriebs testen zu können, wird das Testsystem als Kernmodul geladen, das direkt

mit der Linux-Speicherverwaltung zusammenarbeitet. Dazu wird auf das „Slab“-System im Kern zugegriffen, das Caches für häufig benutzte Datenstrukturen verwaltet, wie etwa für Prozessdeskriptoren, Dateiobjekte oder TCP-Datenpakete. Das OMS nutzt nun das Slab-System, um Slab-Speicherbereiche (4KB) für den Test zu allokalieren. Es wird über ein Skript sowie Dateien gesteuert, die das Muster sowie Leistungsparameter, wie der Anteil des freizulassenden Speichers, die Häufigkeit der Tests und die Anzahl der in einem Durchgang zu testenden Seiten, enthalten. Mit dieser Feinsteuerung kann die CPU-Zeit für die Tests begrenzt werden, damit die Ausführungszeit der Nutzerprogramme nicht zu sehr verlängert wird. Das Testergebnis – die Anzahl der im Test veränderten Slabs – kann genutzt werden, um Speicherfehler durch SEU abzuschätzen und damit die Häufigkeit festzulegen, mit der das DCSB regulär zurückgesetzt werden kann. Abb. 6 zeigt eine Momentaufnahme aus einem DCSB mit OMS: überprüfte (schattierte) und belegte Speicherseiten sind im Speicher verstreut. Das OMS erlaubt trotz dieser starken Zerstückelung eine effektiv arbeitende Systemüberwachung.

### Zusammenfassung und Ausblick

Das hier vorgestellte DCSB kann in einer Vielzahl unterschiedlicher Anwendungsbereiche eines Beschleunigers eingesetzt werden, da der PLD eine Zwischenschicht zwischen Hardware und Software bildet,

deren Flexibilität nur durch die Anzahl der PLD-Gatter beschränkt ist. Diese Flexibilität wird von einem Betriebssystem genutzt, das Hardware-Treiber dynamisch lädt. Durch die Verwendung von Linux wird Sicherheit und Hardware-Zugriffsschutz realisiert und Standard-Werkzeuge werden verfügbar gemacht. Detaillierte Tests in realistischen Umgebungen zeigten, dass das DCSB robust gegenüber der zu erwartenden Radioaktivität ist. Um die Systemzuverlässigkeit zu erhöhen, wurden mehrere DCSBs miteinander verbunden. Über diese Verbindungen können fehlerhafte DCSBs neu konfiguriert werden. Das DCSB zeigt auch, dass sogar mit nur sehr moderater PLD-Größe – heutige FPGAs enthalten ein Vielfaches – ein sehr flexibles eingebettetes System gebaut werden kann. Der kleine Aufwand im PLD wird sich sicherlich auszahlen, wenn Systeme mit größerer Zuverlässigkeitsanforderung oder höherer zu erwartender Fehlerrate erstellt werden, da dann Platz für zusätzliche Maßnahmen wie etwa Dreifach-Redundanz vorhanden ist. Noch immer sind strahlungsharte PLDs sehr teuer, und daher ist ihr Einsatz nur in Fällen, wo es nicht anders möglich ist, sinnvoll. Das Experiment befindet sich derzeit in der Inbetriebnahmephase, und bisher arbeiten die DCSBs wie erwartet. Die vielen Varianten, die eingesetzt werden, sind ein Beispiel für Hardware-Wiederverbenutzung in einem Experiment, das in einem zehnjährigen Prozess geplant und gebaut wurde. Die Inbetriebnahme von ALICE wird für Ende 2009 erwartet.

Georg Hartung

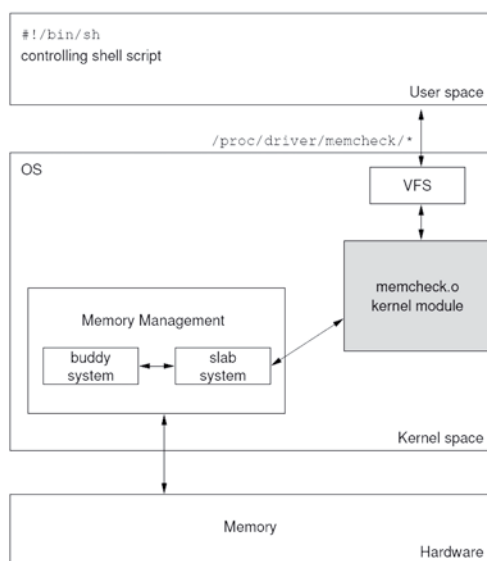


Abb. 5: Test des Speichers mit memcheck im laufenden Betrieb

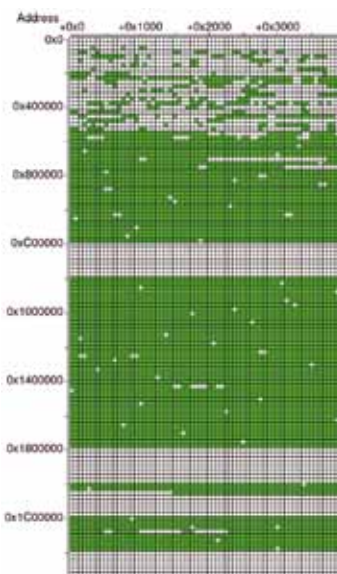


Abb. 6: Streuung geprüfter (dunkler) und vom System verwendeter Speicherseiten im Linux-Betrieb

### QUELLEN

- [1] Alice. [Online]. Available: <http://aliceinfo.cern.ch>
- [2] Gaspar, C.: Distributed information management (dim) [Online]. Available: [www.cern.ch/dim/](http://www.cern.ch/dim/)
- [3] Daneels, A. and Salter, W. (2000): What is scada?. CERN-CNL-2000-003, vol. XXXV
- [4] Opencores. [Online]. Available: [www.opencores.org](http://www.opencores.org)
- [5] Tilsner, H. (2003): Hardware for the detector control system of the alice trd., in 9 Workshop on Electronics for LHC Experiments
- [6] Standard Test Access Port and Boundary-Scan Architecture for test access ports, IEEE Std. 1149.1, 1990
- [7] Alme, J. and Røed, K. (2005): Irradiation tests of the complete alice tpc front-end electronics chain., in 11 Workshop on Electronics for LHC and future Experiments
- [8] Verbuyst, E. (2006): Measuring the radiation tolerance of a cpld., diploma thesis



# Lokalisierung mit RFID-Technologie (RFLoc)

## ABSTRACT

Das Projekt „RFLoc“ befasst sich mit dem Aufbau eines Prototypensystems zur Ermittlung der Position von passiven Radio Frequency Identification (RFID) Transpondern für den Frequenzbereich um 868 MHz. Diese Transponder werden bereits heute in vielen Anwendungsfeldern eingesetzt. Die Bestimmung der Position solcher Transponder ermöglicht viele neue Anwendungen in Logistik und Warenwirtschaft, da neben den einem Objekt zugeordneten Daten auch die Position des Objekts bestimmt werden kann. Anwendungsfälle sind etwa die Überwachung von Gütern im Warenfluss oder Produktionsprozess, das Finden von Büchern in Bibliotheken, der Diebstahlschutz oder das Bereitstellen von ortsbezogenen Diensten (Location Based Services). Im RFLoc-Projekt kommen elektronisch steuerbare Antennen und moderne Algorithmen zur Ortsbestimmung von Objekten zum Einsatz. Der aufgebaute Prototyp ermöglicht vielfältige Performance-Messungen und das Testen der Algorithmen unter praxisnahen Bedingungen.

## PROJEKTLEITUNG

Prof. Dr. Uwe Dettmar  
Labor für Telekommunikation  
uwe.dettmar@fh-koeln.de  
Prof. Dr. Rainer Kronberger  
Labor für Hochfrequenztechnik  
rainer.kronberger@fh-koeln.de  
Fakultät für Informations-,  
Medien- und Elektrotechnik  
Institut für Nachrichtentechnik

## PROJEKTMITARBEITER

Ba.Sc. Salah Azzouzi  
Ma.Sc. Markus Cremer  
Dipl.-Ing. (FH) Thomas Knie

Wer kennt diese Situation nicht: die Abgabefrist für eine Projektarbeit naht, und es wird noch dringend ein Buch aus der Bibliothek benötigt. Die Bibliothekssoftware teilt mit, dass das Buch verfügbar und ausleihbar wäre, aber man findet es nicht dort, wo es eigentlich sein sollte. Haben hier möglicherweise „freundliche Kommilitonen“ gewirkt, um das Buch vor dem unerwünschten Zugriff anderer zu sichern? Oder wurde es vom Bibliothekspersonal versehentlich an falscher Stelle einsortiert? Noch führt dies zu Unmut und unnötigem Arbeitsaufwand bei allen Beteiligten – doch hoffentlich nicht mehr lange. Am Institut für Nachrichtentechnik entwickelt man derzeit ein System, welches Gegenstände, die mit RFID-Technologie versehen sind, zentimetergenau aufspüren kann.

## RFID-Technologie

Das Akronym RFID steht für Radio Frequency Identification und bezeichnet ein elektronisches Identifizierungssystem zur automatisierten Erkennung von Waren oder Personen. Mit Hilfe von Transpondern (auch Tags oder Label genannt) lassen sich Gegenstände aller Art, wie Bücher, identifizieren.

Im Unterschied zum Barcode mit Label, über den optisch ein Laserstrahl gleitet, werden die Informationen aus dem Tag berührungslos mit Hilfe eines Lesegerätes ausgelesen. Dieses erzeugt ein Hochfrequenzfeld, welches der Energieversorgung des Transponders dient und gleichzeitig die

Daten überträgt. Hierzu ist – anders als beim Barcode – kein Sichtkontakt erforderlich und die Identifikationsdaten oder Produktdaten können nahezu beliebig oft im Transponder umprogrammiert werden, der Transponder ist damit elektronisch beschreibbar. Ein RFID-System besteht somit aus den folgenden Komponenten: IT-System mit Anwendungssoftware, Lesegerät (auch „Interrogator“ oder „Reader“ genannt), Antenne (angeschlossen am Lesegerät) und dem Transponder, der sich an dem zu identifizierenden Gegenstand befindet. Der Transponder selbst besteht wiederum aus einer Antenne und einem Mikrochip, verbunden als Einheit und integriert in ein Trägermaterial, etwa in Chipform, als Etikett oder Plastikkarte. Es ist davon auszugehen, dass in naher Zukunft viele Dinge des täglichen Lebens, wie beispielsweise Bücher, Kleider, Lebensmittel oder Möbel, mit RFID Transponder gekennzeichnet werden.

Die wichtigsten Unterscheidungskriterien für RFID-Systeme sind die Betriebsfrequenz, das Kopplungsverfahren und die Reichweite des Systems. RFID-Systeme werden auf unterschiedlichen Frequenzen von Langwelle (125 kHz) über Kurzwelle (13.56 MHz) bis in den Mikrowellenbereich (5.8 GHz) betrieben. Die Kopplungsart ist entweder elektrisch, magnetisch oder elektromagnetisch. Die Reichweite der Systeme variiert erheblich zwischen wenigen Millimetern (short range) bis zu 100 m. RFID-Systeme mit Reichweiten deutlich über einem Meter

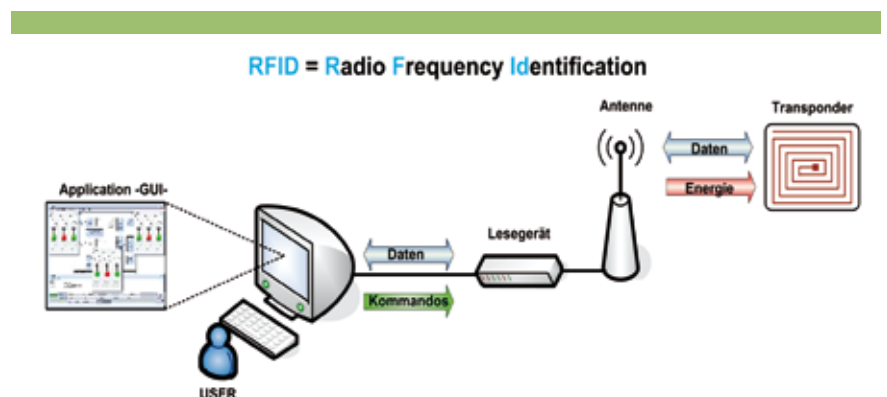


Abb. 1: RFID-System

werden als Long-Range-Systeme bezeichnet. Derartige Reichweiten können in der Regel nur mit Systemen im UHF-Bereich (433 MHz, 868 MHz, 2.4 GHz, 5.8 GHz) erzielt werden. Grundsätzliches Unterscheidungsmerkmal bei den Transpondern ist die Art der Stromversorgung. Aktive Transponder besitzen eine eigene Stromversorgung/Batterie. Passive Transponder arbeiten nach dem Prinzip der Signalarückstreuung (backscattering), wie es ähnlich auch in der Radartechnik angewandt wird. Aus der abgestrahlten Energie des Lesegerätes wird die Stromversorgung für die Elektronik generiert und infolgedessen der Transponder aktiviert. Durch Ändern der Beschaltungszustände an der Antenne wird dem einfallenden Signal eine Modulation aufgezwungen und an das Lesegerät zurück reflektiert. Während RFID Transponder sich zwar selbst identifizieren können, können sie in der Regel nicht ihren Aufenthaltsort angeben es sei denn, dass dieser zuvor bestimmt und auf dem Transponder gespeichert wird. Im Englischen spricht man von „self-identifying, but not self-locating“.

### Lokalisierung mit RFID

Zur Positionsbestimmung von Gegenständen oder Personen verwendet man typischerweise Satellitensysteme wie GPS, GLONASS oder zukünftig auch GALILEO. In Gebäuden stellt die Lokalisierung von Objekten allerdings eine Herausforderung dar, da hier die extrem schwachen Satellitensignale wegen der Gebäudedämpfung oftmals nicht flächendeckend empfangen werden können, so dass alternative Technologien wie Ultraschall, WLAN oder optische Verfahren eingesetzt werden müssen. Die Forschungsgruppe um die Professoren Uwe Dettmar (Labor für Telekommunikation) und Rainer Kronberger (Labor für Hochfrequenztechnik) setzt hierbei auf ein neuartiges Verfahren unter Verwendung von RFID-Technologie, welches in dieser Art bislang noch nicht zur Lokalisierung und Erkennung ruhender oder beweglicher Objekte verwendet wurde. In den vergangenen zwei Jahren wurde ein Verfahren zur Lokalisierung von RFID Transponder im UHF Bereich theoretisch entwickelt und dessen prinzipielle Machbarkeit in verschiedenen Laboraufbauten überprüft. Das vorgeschla-

gene Verfahren beruht im Wesentlichen auf der Verwendung von mehreren elektronisch gesteuerten Antennenfeldern, über die das Objekt im klassischen Sinne angepeilt werden kann. Anschließend werden bei der Zusammenführung der Messergebnisse aus den verschiedenen Lesegeräten statistische Verfahren zur Signalschätzung für die sichere Ortsbestimmung angewandt. Neben der Antennenthematik im Lesegerät ist im Bereich der HF-Technik auch die optimale Gestaltung der RFID Transponder von besonderer Bedeutung. Insbesondere zur sicheren Lokalisierung sind optimierte Transponder notwendig. Auch die sichere Erkennung von Transponder auf metallischen Gegenständen spielt hierbei eine wichtige Rolle. Wesentliche Arbeiten hierzu werden im Rahmen eines weiteren Forschungsprojekts am Labor für Hochfrequenztechnik geleistet.

Anwendungsbeispiele für den Einsatz der zu entwickelnden Technologien sind die Überwachung von Gütern im Warenfluss oder von Baugruppen in Produktionsabläufen, die Lokalisierung von Objekten, beispielsweise die Lokalisierung von Waren in einem Lager (smart shelf), von falsch eingestellten Büchern in einem Bibliotheksregal, das Finden und Überwachen von Ausstellungsstücken in Museen oder Schmuckstücken in der Auslage von Geschäften, das Anbieten von Location Based Services auf Messen oder in Hotels, die Steuerung von Geräten beim Passieren von Objekten, wie eine Ampelsteuerung an Baustellen bei Ankunft von öffentlichen Verkehrsmitteln oder Fahrzeugen von Sicherheitsbehörden. Eine Vielzahl weiterer Einsatzmöglichkeiten ließe sich an dieser Stelle anführen. Voraussetzung ist dabei immer die Entwicklung der zur Lokalisierung der RFID Transponder notwendigen Technologien und deren praktische Einsetzbarkeit



Abb. 2: Verschiedene UHF RFID Transponder

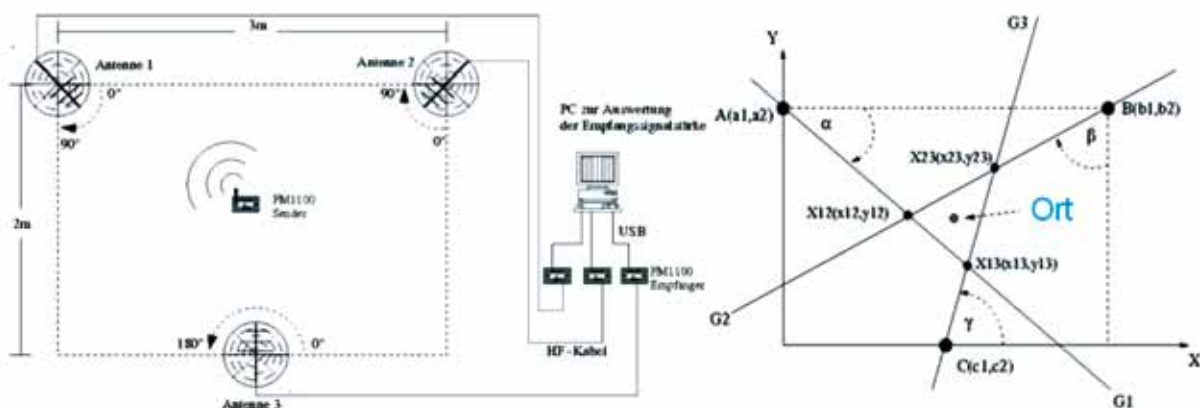


Abb. 3: Funktionsprinzip des Lokalisierungsverfahrens

(Formfaktor, Kosten, Leistungsaufnahme des Lesegeräts). Hierfür gibt es momentan noch keine am Markt verfügbaren Lösungen. Im Projekt werden deshalb die entwickelten Verfahren weiter optimiert und dabei immer wieder auf ihre praktische Einsetzbarkeit untersucht. Die Vielseitigkeit der möglichen Anwendungsgebiete und der Fokus auf eine kostengünstige, DSP-basierte Lösung lassen ein großes Potenzial für die Vermarktung der entwickelten Technik erwarten. Folgeprojekte können sich in Zusammenarbeit mit potenziellen Herstellern und Kunden mit anwendungsspezifischen Fragestellungen, Aspekten der Vernetzung der Lesegeräte und Sicherheitsfragen beschäftigen. Das Projekt wird im Rahmen des vom Land Nordrhein-Westfalen (NRW) anerkannten Forschungs-

schwerpunktes NEGSIT betrieben und wird durch eine Anschubfinanzierung aus zentralen Forschungsmitteln der Fachhochschule (FH) Köln getragen. Die Laufzeit des Projekts beträgt zwei Jahre. An dem Projekt sind Studierende der Studiengänge Bachelor und Master Technische Informatik, Bachelor und Diplom Kommunikationstechnik und Master Kommunikationssysteme und Netze mit der Anfertigung von Abschlussarbeiten sowie durch Mitarbeit als studentische und wissenschaftliche Hilfskräfte beteiligt. Drei Absolventen der Kommunikationstechnik und der technischen Informatik wurden in diesem Jahr als wissenschaftliche Mitarbeiter für das Projekt eingestellt.

*Uwe Dettmar/Rainer Kronberger*

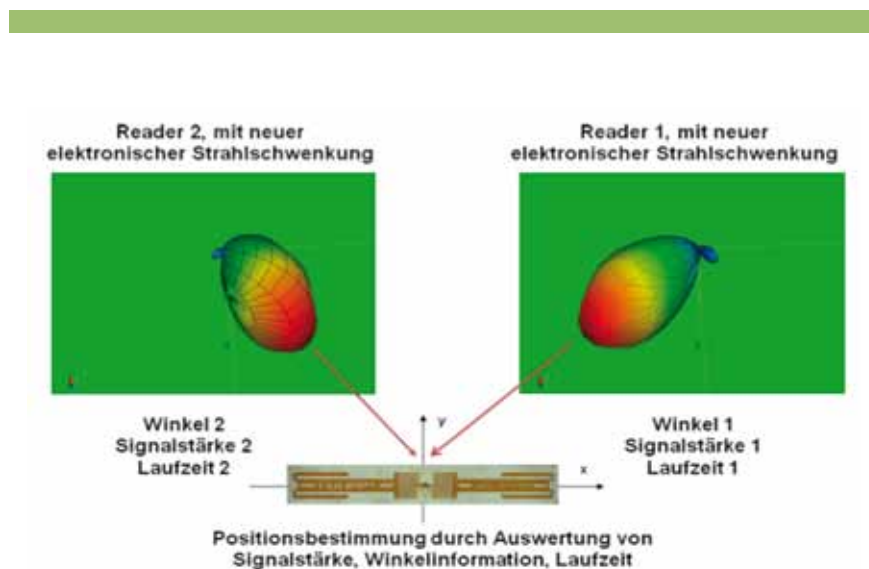


Abb. 4: Antennenprinzip zur Ortung von RFID-Transponder

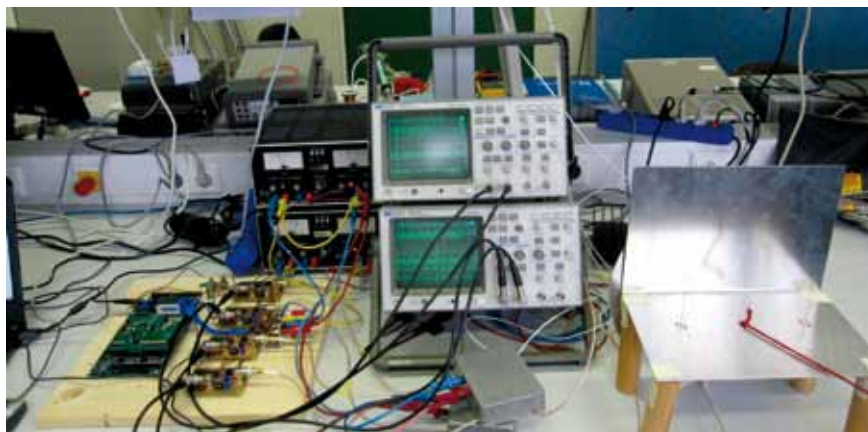


Abb. 5: Aufbau der Testumgebung

## VERÖFFENTLICHUNGEN

- Kronberger et al. (2009): RFID Measurements and Investigations on the Antenna-Chip Alignment, Proc. of International Symposium on Antennas and Propagation ISAP, Bangkok, Thailand
- Michalski, T.; Wienstroer, V.; Kronberger, R. (2009): Beam forming capabilities of smart antennas on mobile terminals, Proc. of 3rd European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP) 2009, p. 1608 – 1611, ISBN: 978-1-4244-4753-4, Berlin
- Kronberger, R. (2005): Antennas for Diversity Operation in Mobile Communications. XVII German-Polish Scientific Seminar, Proceedings, Köln
- Leonardi, R. (2010): Entwicklung eines UHF Patch-Antennen-Arrays für RFID-Lokalisierungssysteme, Diplomarbeit (in Bearbeitung) FH Köln
- Cremer, C. (2010): Aufbau eines Steuerungs- und Kommunikationsmoduls für eine Demonstrationsplattform zur Lokalisierung von RFID-Transpondern nach Standard ISO 18000-6c, Masterarbeit (in Bearbeitung), FH Köln
- Jeremias, S. (2009): Entwicklung von Multi-layer-Kunststoff-Pads zur Reichweitenerhöhung von RFID-Tags auf metallischen Gegenständen, Diplomarbeit, FH Köln
- Ramirez, N. (2009): Entwicklung eines HF-RFID-Readers (13.56 MHz) in Kooperation mit der Fa. Assion, Niederkassel, Masterarbeit, FH Köln
- Knie, T. (2009): Aufbau eines Mehrkanal HF-Empfängers zur Lokalisierung von RFID-Transpondern mit digitaler Strahlschwenkung, Diplomarbeit, FH Köln
- Yang, X. (2008): Charakterisierung und Bestimmung der Parameter verschiedener Mikrowellenabsorber für das X-Band (8.5 – 12 GHz), Diplomarbeit, FH Köln
- Fischer, R. (2008): Aufbau und Erprobung eines UHF RFID-Readers nach der Norm ISO 18000-6B, Diplomarbeit, FH Köln
- Friedmann, B. (2007): Entwicklung und Aufbau einer Messeinrichtung zur Bestimmung der dielektrischen Eigenschaften im Frequenzbereich 300 MHz – 2.4 GHz, Diplomarbeit, FH Köln
- Winstroer, V. (2007): Implementierung eines RFID Readers bei 868 MHz auf einer DSP Plattform, Diplomarbeit, FH Köln
- Böttger, A. (2007): Implementierung der Kommunikationssoftware für einen RFID Reader nach ISO 18000-6 auf einem DSP, Diplomarbeit, FH Köln
- Jovicic, N. (2006): Lokalisierung von RFID Tags im UHF Band, Masterarbeit, FH Köln

# Fluglärmmessung: Trennung und Identifikation von Hintergrundgeräuschen und Lärmereignissen (TIHL)

Lärm, hervorgerufen durch Verkehr, Industrie- oder Freizeitaktivitäten, stellt eines der wichtigsten Umweltprobleme dar und ist Ursache für eine zunehmende Anzahl von Beschwerden seitens der Anwohner. Die gesundheitliche Schädigung etwa durch Flug- und Straßenlärm, die sich bei langfristiger Aussetzung durch Erkrankungen wie Bluthochdruck, eine Verminderung der Infektionsabwehr oder einem erhöhten Herzinfarktrisiko bemerkbar machen, werden oft unterschätzt [1]. Dabei hängt die Belastung durch Lärm unter anderem von der Intensität, Dauer, Häufigkeit sowie der Frequenzzusammensetzung des jeweiligen Geräusches ab [2]. Um die gesetzlich vorgeschriebenen Grenzwerte für die Lärmbelastung zu überwachen, werden im Bereich der Lärmmessung auch Langzeitlärmmessungen erforderlich. Im Rahmen solcher Lärmimmissionsmessungen sollen die Anteile unterschiedlicher Quellen automatisiert voneinander getrennt werden. Zur Realisierung dieses Vorgangs werden verschiedene Verfahren der digitalen Audioverarbeitung eingesetzt.

Das Institut für Nachrichtentechnik der Fakultät Informations-, Medien- und Elektrotechnik (IME) führt in Kooperation mit der Firma deBAKOM GmbH aus Odenthal ein vom BMBF gefördertes Projekt zur Tren-

nung und Identifikation von Hintergrundgeräuschen und Lärmereignissen durch. Dabei werden Ansätze untersucht, die es mit Hilfe innovativer Verfahren der digitalen Audiosignalverarbeitung erlauben, komplexe akustische Szenen zu analysieren. Es gilt also, unterschiedliche Audioquellen wie Flug- und Straßenlärm sowie Umgebungsgeräusche voneinander zu unterscheiden, um eine Aussage über den Anteil des vorhandenen Fluglärms in der gesamten akustischen Szene treffen zu können. So kann der Fluglärmanteil vom Gesamtlärm getrennt und separat ausgewertet werden.

## Motivation

Die nach dem Stand der Technik gängige Methode, Flugzeuggeräusche zu detektieren, besteht darin, im Rahmen einer Langzeitlärmmessung ein Messsystem für die Erfassung von Lärmpegeln für einen längeren Zeitraum, wie etwa mehrere Tage, in unmittelbarer Nähe von Flughäfen zu positionieren und die so entstehenden Audiodaten manuell zu segmentieren. Im Rahmen des Projekts TIHL soll dieses Verfahren automatisiert werden. Es wird versucht, durch die Ermittlung einiger relevanter Merkmale – wie Spektrum, Kepstrum oder Amplitudenverlauf – aus den Audiodaten, die Fähigkeiten des menschlichen Ohres zur Erkennung von Geräuschen nachzubilden. Diese Eigen-



## ABSTRACT

Lärm zählt neben Luftverschmutzung oder Klimaerwärmung ebenfalls zu den heutigen Umweltproblemen. Auf Dauer kann er sich, hervorgerufen durch Verkehr, Industrie- oder Freizeitaktivitäten, negativ auf den Gesundheitszustand der Anwohner auswirken. Langzeitlärmmessungen dienen dazu, Grenzwerte des Lärms zu ermitteln. Im Rahmen solcher Messungen sollen die Anteile unterschiedlicher Quellen automatisiert voneinander getrennt werden. Zur Realisierung dieses Vorgangs werden verschiedene Verfahren der digitalen Audiosignalverarbeitung eingesetzt. Bisher wurden die Daten, die durch Messungen vor Ort ermittelt wurden, manuell segmentiert und dokumentiert. Im Rahmen des vom BMBF geförderten Projekts TIHL soll dieses automatisierte Verfahren speziell für Fluglärm entwickelt und optimiert werden.

## PROJEKTLEITUNG

Prof. Dr. Christoph Pörschmann  
Fakultät für Informations-, Medien- und Elektrotechnik  
Institut für Nachrichtentechnik  
christoph.poerschmann@fh-koeln.de

## PROJEKT BETEILIGTE

Dipl.-Ing. Dominic Hemmer  
dominic.hemmer@fh-koeln.de

## PROJEKTPARTNER

deBAKOM GmbH, Odenthal



Abb. 1: aufgestelltes Messsystem zur Langzeitlärmmessung in der Nähe eines Flughafens. Die Zeiträume, in denen ein Flugzeug in diesen Aufzeichnungen zu erkennen ist, werden dokumentiert.



schaften werden dann mit einem rechnerbasierten System reproduziert. Vergleichbare Ansätze wurden für Fluglärm im Rahmen von anderen Forschungsvorhaben bereits untersucht [3].

### Überblick über das Gesamtsystem

Eine der ersten Aufgaben bei der Projektdurchführung besteht darin, geeignete Merkmale der zu untersuchenden Audiosignale zu extrahieren. Die Schwierigkeit liegt dabei in der Auswahl und Verknüpfung der unterschiedlichen Merkmale. Diese sollen eine sehr hohe Erkennung gewährleisten und gleichzeitig durch möglichst einfache Berechnungen zu ermitteln sein. Die Merkmalsberechnung dient dann zur weiteren Auswertung und Zuordnung in einzelne Geräuschklassen. In diesem Fall werden aus den aufgenommenen Audiodaten einzelne Geräusche extrahiert und in Gruppen zusammengefasst. Diese werden dann den folgenden Klassen zugeordnet: Flugzeug-, Kraftfahrzeug- und Natur-/Umgebungsgeräusche. Die Klassen müssen zunächst mit Hilfe mehrerer Trainingssignale für die Identifikation trainiert werden. Als Trainingssignale sind solche Signale geeignet, die das Geräusch möglichst störungsfrei enthalten. Bei der Identifikation können dann durch verschiedene Verfahren die zu untersuchenden Analysesignale mit den trainierten Sig-

nalen verglichen und die Wahrscheinlichkeit einer Übereinstimmung berechnet werden.

### Merkmale und deren Gewinnung

Zunächst werden die Audiosignale hinsichtlich ihrer spektralen und temporalen Eigenschaften innerhalb definierter Zeitabschnitte untersucht. Für jeden Zeitabschnitt – in der Regel Zeitfenster von 0,5 sec bis 3 sec – werden verschiedenste Merkmale berechnet und für die weiteren Schritte gespeichert. Es entsteht eine Merkmalsmatrix, die für unterschiedliche Merkmale deren Werte zu definierten Zeitabschnitten enthält. Bei der Berechnung der temporalen Merkmale werden verschiedene Methoden wie etwa Autokorrelationsverfahren oder eine Auswertung der Amplitudenstatistik eingesetzt. Spektral können statistische Merkmale bestimmt und ausgewertet werden – etwa spektrale Schiefe oder spektraler Schwerpunkt. Neben den spektralen Merkmalen kann das Kepstrum für weitere Merkmalsberechnungen herangezogen werden. Dieses berechnet sich aus dem logarithmierten Frequenzspektrum und wird häufig bei der Spracherkennung eingesetzt.

Wird das Kepstrum nach einer Mel-Filterbank aus dem Spektrum des Signals berechnet, erhält man die „Mel Frequency Cepstral Coefficients“ (MFCC). Auch diese finden ihren Ein-

satz bei der Erkennung von Audiosignalen. Aus den verschiedenen Merkmalen werden durch einen Vergleich diejenigen herausgesucht, die die folgenden Kriterien weitestgehend erfüllen können.

- kleine Streuung der Merkmalsvektoren innerhalb einer Klasse
- große Abstände der Merkmalsvektoren zwischen den Klassen

### Identifikation

Durch die Merkmalsberechnung und das Training des Systems mit Hilfe gut erkennbarer Geräusche, wird es möglich, Analysesignale zu identifizieren. Hierbei kommen zwei verschiedene Verfahren zum Einsatz:

- Vektorvergleich zwischen Trainingsmerkmalen und Analysmerkmalen
- Einsatz eines Hidden-Markov-Modells

### Identifikation durch Vektorvergleich

Es ist in einem ersten Schritt erforderlich, einen geeigneten Merkmalsraum zu definieren. Bei dem Vektorvergleich werden in diesem Raum die Merkmale des Analysesignals mit denen des Trainingssignals verglichen. So kann beispielsweise mittels einer Distanzbestimmung zwischen Trainings- und Analysesignalen eine Klassifizierung vorgenommen werden. Eine Zuordnung wird zu der Klasse vorgenommen, welche die kleinste Distanz zum Analysesignal aufweist.



Abb. 2: Manuelle Segmentierung und Dokumentation der aufgezeichneten Langzeitlärmmessungsdaten

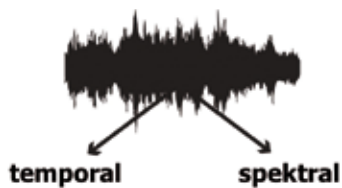


Abb. 4: Temporale und spektrale Eigenschaften eines Audiosignals werden untersucht

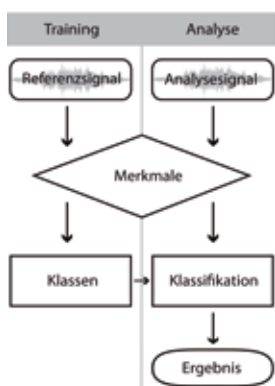


Abb. 3: Schema zur Identifikation von Analysesignalen

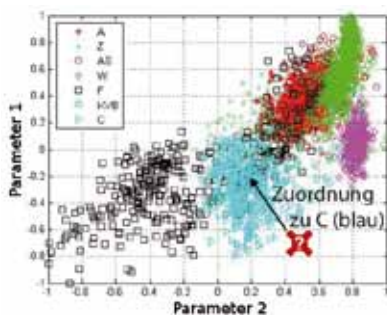


Abb. 5: Merkmalsraum mit 2 Parametern und mehreren Klassen – Zuordnung eines Merkmalsvektors zu einer der Klassen

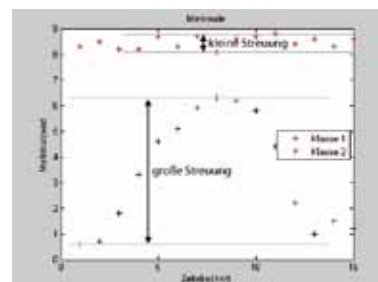


Abb. 6: Streuung der Merkmalsvektoren innerhalb einer Klasse

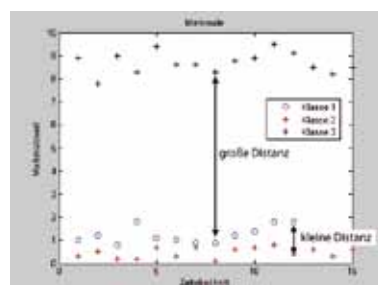


Abb. 7: Distanz zwischen den Klassen

### Identifikation durch Hidden-Markov-Modell

Ein Hidden-Markov-Modell ist ein stochastisches Modell, welches erfolgreich im Bereich der Spracherkennung eingesetzt wird [4]. Durch die Berücksichtigung von Übergangswahrscheinlichkeiten zwischen verschiedenen Zuständen, bietet es die Möglichkeit, die Zeitabhängigkeit des Audiosignals mit zu berücksichtigen. Diese Komponente wird bei der Methode mittels Vektorvergleich nicht berücksichtigt. Um eine Identifikation mit dem Hidden-Markov-Modell durchzuführen ist es zunächst nötig, verschiedene Klassen von Audiosignalen mit dem Modell zu trainieren. Abhängig von der Problemstellung „Flugzeugerkennung“ werden ebenfalls die oben erwähnten Klassen trainiert. Die zu untersuchenden Analysesignale können dann mit Hilfe des trainierten HMMs untersucht und eine Zuordnung der Signale zu einer der jeweiligen Klassen vorgenommen werden. Die Trainingssignale dienen hierbei zur Ermittlung der Übergangswahrscheinlichkeiten zwischen verschiedenen Zuständen. Das HMM vergleicht nun die Merkmalsfolge des Analysesignals mit den Zustandsübergängen der Trainingssignale und kann so eine Wahrscheinlichkeit der Übereinstimmung berechnen.

### Aktueller Entwicklungsstand

Zunächst wurde eine Entwicklungsumgebung unter Anwendung des Programms MATLAB geschaffen. Die Verfahren zur

Merkmalsberechnung wurden implementiert und konnten hinsichtlich ihrer Effizienz untersucht werden. Es folgte eine Parametrierung sowie Optimierung der Verfahren, bei der festgestellt werden konnte, dass sich einige Merkmale besser zur Erkennung von Flugzeuggeräuschen eignen als andere. Die besten Ergebnisse wurden durch eine Kombination folgender Merkmale erreicht:

- Schwerpunkt des Spektrums
- Wölbung des Kepstrums
- Schiefe des Kepstrums
- Amplitudenschwankung
- Schwerpunkt der LPC
- Schiefe der LPC
- Pegelverlauf
- MFCC

Mittels dieser Merkmale und der Verwendung eines Hidden-Markov-Modells konnten bei der Identifikation bis jetzt schon gute Erkennungsraten erreicht werden. Zudem wurde untersucht, inwieweit ein Flugzeuggeräusch von Umgebungsgeräuschen überlagert werden kann, um noch eine ausreichende Erkennung zu gewährleisten.

### Nächste Schritte und Ausblicke

Die Parameter, die in dem Gesamtsystem eine Rolle spielen, werden weiter optimiert, um die Erkennungsraten noch weiter zu erhöhen. Zudem wird die Implementierung in bestehende Messsysteme erprobt und das komplette System für den Echtzeiteinsatz zahlreichen Tests unterzogen. Die Forschungsarbeit beschäftigt sich jedoch

nicht nur mit der Berechnung und Analyse der Merkmale, sondern auch mit der Umsetzung der einzelnen Komponenten in ein in der Praxis einsetzbares System. So werden in einem letzten Schritt die entwickelten Algorithmen und Programme in neue und vorhandene Messsysteme des Kooperationspartners deBAKOM implementiert. Ein Evaluierungszeitraum ist für die Erprobung des Systems im realen Einsatz bei Langzeitlärmmessung an Flughäfen und in ihrer Umgebung im Projekt vorgesehen.

*Christoph Pörschmann/Dominic Hemmer*

### LITERATUR

- [1] BZgA LuG, Gesundheitliche Auswirkungen durch Lärm (2009), in visit: URL: [http://www.bzga.de/bzga\\_stat/lug/kap2/242.html](http://www.bzga.de/bzga_stat/lug/kap2/242.html)
- [2] Norm VDI 2058 Blatt1 September 1985. Beurteilung von Arbeitslärm in der Nachbarschaft
- [3] Andring, T.C. et al (2004): Aircraft sound level measurements in residential areas using sound source separation. Erschienen in: The 33rd International Congress and Exposition on Noise Control Engineering – internoise 2004 – Prague, Czech Republic
- [4] Rabiner, L.R. (1989): A Tutorial on Hidden Markov Models and Selected Applications in Speech Recognition, in: Proceedings of the IEEE, VOL. 77, NO. 2



hochschulgründernetz cologne

[www.hgnc.de](http://www.hgnc.de)



© photorase



# Arbeitsplatzbezogene Beeinträchtigungen durch Blendung mit optischen Strahlungsquellen

Insbesondere im Hinblick auf das Erfordernis der nationalen Umsetzung der EU-Richtlinie 2006/25/EG „Künstliche optische Strahlung“ [1] wurden in einem Forschungsvorhaben potenzielle Sekundäreffekte durch vorübergehende Blendung untersucht. Dabei war es ein wichtiges Ziel dieser Untersuchungen, möglichst „belastbare“ Angaben machen zu können, die dem Arbeitgeber bei der Durchführung seiner Gefährdungsbeurteilung behilflich sind. Eine Übersicht zu den durchgeführten Untersuchungen wurde im Forschungsbericht 2008 [2] gegeben. Im Folgenden werden die Untersuchungsergebnisse hinsichtlich ihrer Relevanz für eine Risikobewertung dargestellt.

## Untersuchungen zur Blendung – Nachbildgröße als Funktion der Zeitdauer nach einer Blendung

Über die weitgehende Konstanz des Durchmessers eines Nachbilds als Folge einer Bestrahlung mit einer Weißlicht-LED wurden bereits in einem vorangegangenen Bericht erste Angaben gemacht [3]. Darüber hinaus sind weitere Details inzwischen ebenfalls veröffentlicht [4].

## Beeinflussung der Sehschärfe durch Blendung

Um die Auswirkung der Blendung durch helle optische Quellen beurteilen zu können, wurde auf der Basis eines Standard-Messsystems eines sogenannten Binoptometers eine Testeinrichtung entwickelt, die es erlaubte, die Sehfähigkeit sowohl unter normalen Bedingungen als auch nach der Exposition durch helle Lichtquellen messen zu können. Als sogenannte Optotypen – Sehzeichen – wurden dabei Landolt-C-Ringe verwendet. Ein Vergleich der Zeitdauern, die vergehen, bis die normale Sehschärfe der Testpersonen nach einer Blendung mit einer Weißlicht-LED wieder erreicht wird, mit denjenigen Zeitdauern, die sich ergeben, während derer der Nachbilddurchmesser praktisch unverändert wahrgenommen wird, zeigt, dass die Sehschärfe eine Größe darstellt, die vergleichsweise rasch wieder den Normalwert annimmt. Dennoch kehrte

sie bei keiner der drei Testpersonen nach weniger als 30 s zurück. Das heißt: Blendung in der hier getesteten Form kann durchaus die Sehschärfe für einen Zeitraum von einer halben bis zu einer Minute deutlich herabsetzen. In einer weiteren Teiluntersuchung wurde an drei Personen ermittelt, nach welcher Zeitdauer die Sehschärfe nach einer Blendung mit einer grünen HB-LED wieder auf einen bestimmten Wert zurückkehrt – und zwar bei verschiedenen optischen Leistungen und Expositionsauern. Mit den verwendeten LEDs wurden optische Ausgangsleistungen von 0,12 mW bis maximal 1,5 mW in einer Blende von 7 mm Durchmesser – entsprechend dem dunkel adaptierten Auge – erzielt und die Expositionsauer betrug 1 s, 2 s, 4 s oder 8 s. Die Zeitdauer bis zur Rückkehr der normalen Sehschärfe wurde als Visuszeit bezeichnet und mittels eines Binoptometers gemessen. Es ergab sich der Zusammenhang:

$$\text{Visuszeit/s} \approx 3,7 \cdot \ln(\text{Energie}/\mu\text{J}) - 16,2$$

In Zahlen ausgedrückt besagt dies: bei einer Blendenergie von 10 mJ wird etwa eine Zeitdauer von 15 s bis 20 s benötigt, um die ohne Blendung vorhandene personenspezifische Sehschärfe wieder zu erlangen.

## Text-Lesefähigkeit nach Blendung

Da die Aussagekraft eines reinen Sehschärfetests nur relativ eingeschränkt ist, zumindest soweit es die daraus ableitbare Sehfähigkeit einer Person betrifft, wurde die Text-Lesefähigkeit als ein insbesondere nach einer erfolgten Blendung aussagekräftigeres Testkriterium untersucht. Hierzu wurde sowohl bei unterschiedlichen Leistungen beziehungsweise Bestrahlungsstärken als auch bei verschiedenen langen Bestrahlungsdauern zwischen ca. 1 s und 20 s die Dauer der Herabsetzung der Sehschärfe an insgesamt 12 Probanden untersucht. Als Kriterium für die Sehschärfe (Visus) wurde die Fähigkeit, einen Text lesen oder in einem vorgegebenen kreisförmigen Feld, das vom Nachbild überdeckt wurde, einzelne Wörter erkennen zu können, angewandt. Die Quellengröße, die sogenannte „scheinbare Quel-

## ABSTRACT

Im Rahmen dieses Forschungsprojekts wurden potenzielle Sekundäreffekte durch vorübergehende Blendung untersucht. Ein wichtiges Ziel dieser Untersuchungen war, möglichst „belastbare“ Angaben machen zu können, die dem Arbeitgeber bei der Durchführung seiner Gefährdungsbeurteilung behilflich sind. Eine solche ist im Hinblick auf die Umsetzung der EU-Richtlinie 2006/25/EG „Künstliche optische Strahlung“ notwendig.

## PROJEKTLEITUNG

Prof. a. D. Dr.-Ing.  
Hans-Dieter Reidenbach  
Dipl.-Ing. Klaus Dollinger  
Fakultät für Informations-,  
Medien- und Elektrotechnik  
Institut für Angewandte  
Optik und Elektronik  
hans.reidenbach@fh-koeln.de

## PROJEKTPARTNER

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und  
Arbeitsmedizin (BAuA), Dortmund  
Berufsgenossenschaft Energie  
Textil Elektro Medienerzeugnisse  
(BGITEM), Köln

le“, der Weißlicht-HB-LED, die zur Blendung benutzt wurde, ließ sich zwischen 300  $\mu\text{m}$  und ca. 18 mm, entsprechend einem Sehwinkel (Winkelausdehnung) zwischen 3 mrad und 180 mrad, verändern. In einem Abstand von 10 cm, der demjenigen des Probanden von der Blendlichtquelle entsprach, wurde bei dem verwendeten Messaufbau als maximale Expositionsleistung ein Wert von 4 mW gemessen. Der gesamte Leistungsbereich erstreckte sich von 4,5  $\mu\text{W}$  bei einer Blendöffnung von 0,3 mm bis zu 3,96 mW bei 18 mm und entsprach damit demjenigen einer Lasereinrichtung der Klasse 1, und zwar unter Berücksichtigung der jeweiligen Quellengröße nach DIN EN 60825-1:2003-10[5].<sup>1</sup>

In den durchgeführten Untersuchungen zeigte sich, dass mit dem langsamen Verschwinden des Nachbilds das Lesevermögen immer besser wurde, bis der Proband die Schrift erkennen und lesen konnte. Als Störungszeit der Text-Lesefähigkeits-Sehschärfe (Lesestörzeit) ergaben sich bei einer Expositionsdauer von 5 s Werte zwischen ca. 10 s und ca. 25 s mit einer individuellen Schwankungsbreite von ca. 10 s, und zwar unabhängig von der optischen Leistung der blendenden Weißlicht-LED. Andererseits konnte eine leichte Zunahme der Lesestörzeit mit wachsender Expositionsdauer gemessen werden, wobei aber im Bereich einer relativ langen Expositionsdauer von ca. 20 s eine Sättigung einzutreten scheint.

### Orts-, Expositionsdauer- und Strahlleistungsabhängigkeit

Hierzu wurde mittels eines Helium-Neon-Lasers der Wellenlänge 632,8 nm, dessen

Emissionswerte denjenigen der Laserklasse 1 nach DIN EN 60825-1 [5, 6] entsprachen, die Ortsabhängigkeit der Nachbilddauer ermittelt, indem der Laserstrahl von temporal („schlafenwärts“) bis nasal („zur Nase hin“) in einer horizontalen Ebene, welche die Fovea enthielt, unter einem einstellbaren Winkel gegenüber der Augenachse auf die Netzhaut traf. Das dabei auftretende Nachbild wurde winkel- und damit lageabhängig hinsichtlich der Nachbilddauer ermittelt. Zur Absicherung der Ergebnisse wurden die Untersuchungen an insgesamt zwölf Versuchspersonen durchgeführt.

In den durchgeführten Versuchen konnte gezeigt werden, dass der Blendwinkel einen Einfluss auf die Blendung, deren Bewertung und auf die Nachbilddauer hat. Abb. 1 zeigt die Ergebnisse für drei Probanden bei einer optischen Leistung von 30  $\mu\text{W}$  und einer Expositionsdauer von 10 s. Klar erkennbar sind in Abb. 1 die Lage der Fovea, des Flecks des schärfsten Sehens, und des Blinden Flecks bei ca. 15°. Die Ergebnisse lassen erkennen, dass eine weitgehende Übereinstimmung in der Nachbilddauer als Funktion des Orts auf der Netzhaut besteht. Zur Abklärung insbesondere der Verhältnisse in der Fovea centralis bzw. in der gesamten Netzhautgrube wurde für einen Probanden eine noch detailliertere Untersuchung durchgeführt, wobei der Blendwinkel innerhalb des Bereiches 5° um das Sehzentrum um jeweils 1 Grad verändert wurde (vgl. „Proband 1, 1 Gradtest“ in Abb. 1). Mit diesen an der Grenze der durch die Testanordnung gegebenen Möglichkeit der Einstellung des Blendwinkels enthaltenen

Ergebnissen konnte zum einen gezeigt werden, dass die Nachbilddauer in der Fovea besonders stark winkelabhängig ist und dort ein sehr ausgeprägtes Maximum aufweist. Die Nachbilddauer wurde insgesamt im Bereich 40 Grad temporal bis 50 Grad nasal und speziell bei 5° nasaler Blendung als Funktion der Expositionsauern 0,25 s, 0,5 s, 1 s, 3 s, 5 s, 7 s und 10 s bei Leistungen von 10  $\mu\text{W}$ , 20  $\mu\text{W}$  und 30  $\mu\text{W}$  ermittelt. Bei 10 s Expositionsdauer betrug die Nachbilddauer bei 30  $\mu\text{W}$  und zentraler Blendung ca. 300 s (Abb. 1). Für eine Expositionsdauer von 5 s betrug die Nachbilddauer bei zentraler Blendung nur noch etwa dreiviertel des Wertes bei 10 s und bei einer Exposition der Dauer von 1 s nur noch etwas über die Hälfte. Für die Nachbilddauer  $t_{nb}$  als Funktion von Laserstrahlleistung  $P$  und Expositionsdauer  $t_{exp}$  ergab sich bei einem Blendwinkel von 5° der Zusammenhang:

$$\frac{t_{nb,5^\circ}}{s} \approx 25,3 \cdot \ln\left(\frac{P \cdot t_{exp}}{\mu J}\right) - 6,7$$

Mit dem aus Abb. 1 ersichtlichen Zusammenhang lässt sich auch der Maximalwert aus Gl. (2) zu  $t_{nb,fov} \approx 2 \cdot t_{nb,5^\circ}$  ablesen. Es muss aber an dieser Stelle festgestellt werden, dass die Nachbilddauer allein noch keine Aussage über die Auswirkungen einer Blendung zu machen erlaubt. Sie kann aber je nach Sehaufgabe oder Testkriterium als eine Art Maßstabsfaktor betrachtet werden. Die angewandten Energiewerte lagen im Bereich von 2,5  $\mu\text{J}$  bis 300  $\mu\text{J}$  und deckten damit einen relativ großen Wertebereich ab, der im Umgang mit Laserstrahlung und LED-Strahlung in den Klassen 1 und 2 üblich ist. Damit entsprachen die Untersuchungen etwa Expositionen von einem Klasse-1 Laser mit 0,39 mW und einer Zeitdauer von 1 s, also

<sup>1</sup> Die Normausgabe 2003 wurde durch die 2. Ausgabe der DIN EN 60825-1:2008-05[6], darf aber noch bis 01.09.2010 angewandt werden.



Abb. 1: Nachbilddauer als Funktion des Blendwinkels für Proband 1, 2 und 3 ( $t_{exp} = 10$  s; bei  $P = 30 \mu\text{W}$ ), („temporal“ steht für „schlafenwärts“ und „nasal“ für „zur Nase hin“)

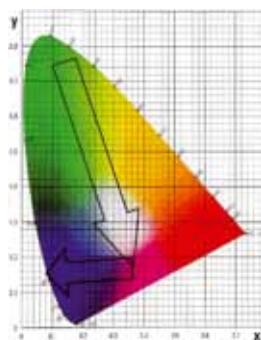


Abb. 2: Verlauf der Nachbildfarben für Grünblendung durch Eintragung subjektiv wahrgenommener Farben im CIE-Diagramm

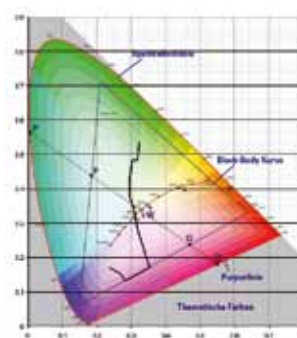


Abb. 3: Verlauf der Nachbildfarben für Grünblendung bei 2,5 mJ durch Auswertung der RGB-Werte



von 390  $\mu\text{W}$ , oder zum andern von einem Laser der Klasse 2 mit 1 mW bei einer Expositions-dauer von 0,25 s, entsprechend 1 mW. Unter den genannten Versuchsbedingungen wurden auch Vergleichsmessungen durchgeführt, die sich als eine Art Maßstab der verschiedenen Parameter eignen. Als Ergebnis kann festgestellt werden, dass eine Nachbilddauer zwischen 300 s und 350 s gleichbedeutend mit einer Lesestörzeit von 35 s bis 70 s ist und eine Visusbeeinträchtigung von 60 s bis 90 s bedingt. Das heißt: die Sehfunktionsbeeinträchtigung beträgt ungefähr 10 % bis 30 % der Nachbilddauer. Damit steht erstmals eine quantitative Aussage zur Beeinträchtigung von Sehfunktionen durch Blendung mit Lichtquellen zur Verfügung. Einschränkend muss aber festgestellt werden, dass dies zunächst nur für Laserstrahlung gilt und darüber hinaus für eine einzige Wellenlänge, nämlich für die bekannte rote Linie des Helium-Neon-Lasers.

Um entsprechende Angaben auch für andere Wellenlängen und für andere Lichtquellen wie etwa LEDs machen zu können, sind weitere Untersuchungen erforderlich.

#### **Zeitlicher Verlauf der Nachbildfarben – „flight of colors“**

Der zeitliche Verlauf der Nachbildfarben nach Blendung durch farbige LEDs wurde zunächst in einer Dunkelkammer individuell wahrgenommen und aufgrund individueller Angaben protokolliert. Abb. 2 zeigt ein Beispiel eines solchermaßen ermittelten Verlaufs der Nachbildfarben.

Zur Verbesserung der Aussagekraft wurde eine Testeinrichtung realisiert, bei der die Versuchspersonen die jeweils wahrgenommene Nachbildfarbe mit den Farben in einem speziellen Farbkreis vergleichen konnten. Da die Darstellung an einem Computerbildschirm rechnergestützt erfolgte, konnten auch die jeweils wahrgenommenen Farbwerte gespeichert und anschließend graphisch mit den RGB-Werten dargestellt werden. Ein Beispiel des Verlaufs der Nachbildfarben ist in Abb. 3 dargestellt, und zwar ebenfalls für die Exposition mit einer grünen HB-LED, wie in Abb. 2.

Festzustellen ist, dass das Nachbild als Folge des Reizes zunächst die Farbe der Blendlichtquelle annimmt. Das heißt: es wird etwa bei einer starken Grünblendung die Information der Farbe Grün auch nach der Blendung noch gesendet. Da dies mit der

Zeit nachlässt, wird das Nachbild in der Komplementärfarbe oder Farben dazwischen, wahrgenommen. Wird der Grüneindruck noch geringer, wandelt sich die Farbe ins bläuliche (vgl. Abb. 2 und 3). Die Blendung erfolgte für 4 LEDs der Wellenlängen 625 nm (Rot), 590 nm (Amber), 530 nm (Grün) und 455 nm (Blau) bei 0,5 mW in einer 7 mm-Blende und einer Expositions-dauer von 0,5 s und 5 s. Da die entsprechenden RGB-Werte als Funktion der Zeitdauer nach Ende der Stimulation vorliegen, lassen sich auch die Kurvenverläufe entsprechend parametrieren. Die Nachbilddauern betragen bei optischen Energien von 0,25 mJ bis 2,5 mJ typisch zwischen 140 s und 250 s. Im Unterschied zur Nachbilderscheinung bei Laserstrahlexposition, bei der nur ein relativ kleiner Fleck auf der Netzhaut betroffen ist, handelt es sich bei LED-Bestrahlung um ein wesentlich größeres Areal, auf dem das Nachbild besteht. Dabei zeigt sich, dass das Nachbild selbst aus einer Ringstruktur besteht, die wiederum einen graduellen Farbverlauf aufweist [7]. In den hier in Abb. 2 und 3 gezeigten Beispielen wurde nur der Farbverlauf des kreisförmigen zentralen Nachbildes dargestellt.

Weitere Überlegungen gehen dahin, den zeitlichen Verlauf der Nachbildfarben, der auch als „flight of colors“ bezeichnet wird, zunächst durch einen dynamischen Filterverlauf zu simulieren und dann zu versuchen, die dadurch bedingte Farbverfälschung eventuell zu kompensieren.

#### **Beeinträchtigung von Farberkennbarkeit**

In einem Versuch zur Farbunterscheidung nach einer Blendung wurde den Probanden eine Erkennungsaufgabe gestellt: nach der Blendung wurde mit einer farbigen LED die Erkennbarkeit der drei durch kleine LEDs erzeugten Farben Rot, Gelb oder Grün ermittelt.

Die Expositionen der Versuchspersonen wurden bei einer optischen Leistung von 0,5 mW in einer 7 mm-Blende durchgeführt. Dies entsprach einer Hornhautbestrahlungsstärke von 1,28 mW/cm<sup>2</sup>, was der Hälfte der bei Laser für eine Zeitdauer von 0,25 s maximal erlaubten Bestrahlungsstärke entsprach. Da aber die größere Quellengröße bei LEDs zu berücksichtigen ist, lag die Bestrahlungsstärke in einem Bereich, der mit Lasereinrichtungen der Klasse 1 erreicht wird. Die Expositions-dauer wurde zu 1,25 s, 2,5 s oder 5 s gewählt. Insgesamt wurden 118 Messungen in diesem Untersuchungspro-

gramm mit unterschiedlichen Farben der Blendlichtquellen durchgeführt. Ermittelt wurde mit dieser Methode, bei welchen Farben hauptsächlich eine Fehlwahrnehmung erfolgte und welche dagegen unverändert wahrgenommen wurden. Die Zeitdauer, die verging bis eine 80-prozentige Richtigwahrnehmung erfolgte, betrug je nach Farbe der zur Blendung eingesetzten LED zwischen 44 s und 110 s und war darüber hinaus von der Dauer der Exposition abhängig. In einer weiteren Untersuchung konnte gezeigt werden, dass unter normalen Bedingungen annähernd metamere Farben nach einer Blendung durch eine farbige LED durchaus nicht mehr metamer sein müssen, da es zu einer Farbwertverschiebung kommt.

#### **Beeinträchtigung des Farb-Kontrastsehens**

Zur Ermittlung der Beeinträchtigung des Farbkontrastsehens wurde ein auf den Pelli-Robson-Farbtafeln basierendes Verfahren entwickelt und der zeitliche Verlauf des Farbkontrastsehens nach einer Blendung an mehreren Versuchspersonen bestimmt. Die Untersuchung des Kontrastsehens erfolgte dazu mittels Darbietung farbiger Sehzeichen in Form von Landolt-C-Ringen nach einer Blendung. Außerdem wurde das Farbensehen nach einer Blendung getrennt betrachtet – und zwar hinsichtlich der Dauer der Farbsinnstörung und abschließend bezüglich der subjektiven Empfindung farbiger Vorlagen und deren Verlauf. Alle drei Testverfahren wurden sowohl in Druckfarben- als auch in Monitordarstellung verwirklicht. Als Kontraststufen kamen 8 Werte zwischen 11,0 % und 1,0 %, und zwar 11,0 %, 7,9 %, 5,6 %, 4,0 %, 2,8 %, 2,0 %, 1,4 % und 1,0 %, zur Anwendung.

Bedingt durch die sehr zeitintensive Durchführung dieser Versuchsreihe, war es nur drei Probanden möglich, alle Tests komplett zu durchlaufen. Insgesamt umfasste die Versuchsreihe für jeden Probanden die Beurteilung von sechs Tafeln in den Farben Gelb, Rot, Magenta, Cyan, Grün und Blau und einer Tafel mit schwarzen Sehzeichen mit jeweils unterschiedlicher Verteilung der Landoltringöffnungen. Die Tests wurden sowohl ohne als auch nach Blendung durch je 4 LEDs, auf zwei Darstellungsmedien durchgeführt – in Druckdarstellung und am Monitor. Somit absolvierte jeder der drei Probanden 56 Tests.

Außerdem wurden Tests mit sogenannten pseudoisochromatischen Tafeln (Ishihara-Tafeln) sowie mit reinen Farbtafeln durchgeführt, und zwar zur Ermittlung des Kontrastsehen nach Blendung bei Darbietung farbiger Vorlagen und zur Ermittlung der Dauer der Farbsinnstörung. Dabei ging es außerdem um die Aussagen, wie Probanden dargebotene Farben nach Blendung em Tests haben gezeigt, dass sich eine Blendung durch farbige LEDs stärker auf das Kontrastsehen bei Darbietung farbiger Sehzeichen auswirkt, als bei der Darbietung schwarzer Sehzeichen, wie sie bei der Ermittlung der Tagessehschärfe Verwendung finden.

Es fiel auf, dass die Identifikationszeit fast immer bis zu einer gewissen Kontraststufe relativ konstant blieb. Diese Stufe war zwar von der Farbe abhängig, nicht aber davon, ob vorher eine Blendung stattgefunden hat oder nicht. Eine Ausnahme bildete lediglich die Testfarbe Gelb. Hier erhöhten sich die Identifikationszeiten nach Blendung zum einen bereits ab der zweiten Kontraststufe deutlich und zum anderen lagen sie im Mittel um 10 s über denjenigen der anderen Farben. Die durch Blendung bedingte Anfangsidentifikationszeitverzögerung betrug gegenüber derjenigen ohne Blendung bei nahezu allen Farben etwa 14 s bis 16 s. Für Gelb waren es sogar ca. 30 s. Als Identifikationsreihenfolge kann man Schwarz – Blau – Grün – Magenta – Cyan – Rot und Gelb sowohl ohne als auch mit Blendung angeben, wobei zum Teil relativ geringe Unterschiede vorlagen. Eine Kontrastverringern um eine Stufe zieht eine Erhöhung der Identifikationszeit von 4 s nach sich. Der auf Blendung zurückzuführende Effekt bei Betrachtung niedriger Kontraste (etwa 4 %) bedingt eine Verlängerung der Identifikationszeit um etwa 3 s für jede Kontrastverringern um den Faktor  $1/\sqrt{2}$ , also um eine Stufe.

Die Zeiten zur Identifikation der Zeichen oder Symbole auf den Ishihara-Tafeln betrugen zwischen 27 s und 139 s bei Druckdarstellung und zwischen 31 s und 186 s bei Monitordarstellung. In dieser Versuchsreihe zur Bestimmung der Auswirkung einer farbigen Blendung auf das Farbsehvermögen und auf die Dauer der auftretenden Sehstörung stellte sich heraus, dass die Blendung durch eine blaue LED die augenscheinlich längste Störzeit bezüglich des Farbsehens verursacht. Inwieweit dies durch die Auswahl der Farbtafeln bedingt wurde oder auf erhöhte Streuung bei kürzeren Wel-

lenlängen zurückzuführen ist, kann nicht abschließend gesagt werden. Festgestellt wurde aber, dass die meisten Probanden die Blendung durch die blaue LED, sowohl während der Blendung als auch in den Minuten bis zum vollständigen Abklingen des Nachbildes, am „unangenehmsten“ empfanden. Die Ergebnisse der Untersuchungen mit Ishihara-Tafeln zeigen, dass das Farbkontrastsehvermögen durch Blendung durchaus für Zeiten von mehr als 2 Minuten, im Einzelfall sogar für 3 Minuten, deutlich beeinträchtigt werden kann. Es besteht daher die Möglichkeit, dass bestimmte farbige Objekte in andersfarbiger Umgebung bis zu 3 Minuten nicht sicher abgegrenzt werden können. Bei Tests zur Erkennung von vorgegebenen Farbtafeln lagen die ermittelten Identifikationszeiten der Farbfelder insgesamt zwischen 20 und 150 Sekunden. Der direkte Blick in eine farbige Blendlichtquelle kann daher aufgrund der daraus resultierenden veränderten Farbwahrnehmung dazu führen, dass bestimmte Farben für bis zu 2 1/2 Minuten nicht korrekt empfunden oder benannt werden.

#### Danksagung

Die Autoren danken den Mitarbeitern, Dipl.-Ing. J. Hofmann, MSc, Dipl.-Ing. E. Hild, MSc, Dipl.-Ing. Ch. Dahmen, MSc für die tatkräftige Bewältigung der Untersuchungen sowie Herrn Dipl.-Ing. G. Ott und Herrn Marco Janßen, stellvertretend für die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), für die gute Betreuung und Unterstützung während der Durchführung dieses Forschungsvorhabens (F 2185) sowie für die finanzielle Unterstützung des Vorhabens. Wesentlich zum Gelingen des Forschungsvorhabens waren auch die Beiträge aus Diplom- und Masterarbeiten von E. Hild, Ch. Dahmen, J.L. Nkwetchou, G. Salovski, M. Bischof und B. Peters.

*Hans-Dieter Reidenbach*

#### LITERATUR

[1] Richtlinie 2006/25/EG des Europäischen Parlaments und Rates vom 5. April 2006 über Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (künstliche optische Strahlung) (19. Einzelrichtlinie im Sinne des Artikels 16 Absatz 1 der Richtlinie 89/391/EWG), ABl. L 114 vom 27.4.2006 S. 38 – 59

- [2] Reidenbach, H.-D.; Dollinger, K. (2009): Untersuchungen zu arbeitsplatzbezogenen Beeinträchtigungen durch Blendung mit optischen Strahlungsquellen (Teil 2); Erschienen in: Forschungsbericht 2008, Fachhochschule Köln, ISDN-DFÜ: 06243-909-199, VMK Verlag für Marketing und Kommunikation GmbH & Co. KG, Monsheim, S. 112 – 115
- [3] Reidenbach, H.-D.; Dollinger, K. (2008): Untersuchungen zu arbeitsplatzbezogenen Beeinträchtigungen durch Blendung mit optischen Strahlungsquellen; Erschienen in: Forschungsbericht 2007, Fachhochschule Köln, ISDN-DFÜ: 06243-909-199, Public Verlagsgesellschaft und Anzeigenagentur mbH, Bingen, S. 206 – 212
- [4] Reidenbach, H.-D. (2007): Some quantitative aspects of temporary blinding from high brightness LEDs; Proc. SPIE Vol. 6426 Ophthalmic Technologies XVII, Manns, F.; Söderberg, P. G.; Ho, A.; Stuck, B. E.; Belkin, M. (eds.), 642629-1 – 642629-10
- [5] DIN EN 60825-1: 2003-10: Sicherheit von Laser-Einrichtungen – Teil 1: Klassifizierung von Anlagen, Anforderungen und Benutzer-Richtlinien (IEC 60825-1:1993 + A1:1997 + A2:2001), Deutsche Fassung EN 60825-1:1994 + A1:2002 + A2:2001, Okt. 2003, VDE u. Beuth-Verlag, Berlin
- [6] DIN EN 60825-1 (VDE 0837-1): 2008-05: Sicherheit von Lasereinrichtungen – Teil 1: Klassifizierung von Anlagen und Anforderungen (IEC 60825-1:2007); Deutsche Fassung EN 60825-1:2007, VDE u. Beuth-Verlag.
- [7] Reidenbach, H.-D. (2007): Blendung durch optische Strahlungsquellen – Vorstellung der Forschungsergebnisse. Erschienen in: Symposiumsdokumentation „Optische Strahlung – Aktuelle Entwicklungen in Forschung und Gesetzgebung“, Dortmund BAuA, S. 75 – 92



# Wirtschaftlichkeit von Biogasanlagen unter Berücksichtigung der Biogaskinetik

Die hyperbolische Näherungsgleichung, die dem Kinetischen Modell zugrunde liegt, beschreibt die Abhängigkeit des erwarteten spezifischen Biogasertrags in Abhängigkeit der Raumbelastung. Hier fließt die Reaktionsgeschwindigkeit  $k$ , die abhängig vom Kosubstratanteil ist, mit ein. Dabei wird näherungsweise für die Dichte des Ablaufs  $1000 \text{ kg/m}^3$  angenommen. Gleichung für den spezifischen Biogasertrag in Abhängigkeit der Raumbelastung  $BR$  (nach [1,2]:

$$y_b = y_{\max} \cdot \frac{\bar{k} \cdot c_0}{\bar{k} \cdot c_0 + y_{\max} \cdot B_R}$$

mit

$$\bar{k} = k \frac{\rho_A}{\rho_g}$$

- $y_b$ : spezifischer Biogasertrag [ $\text{m}^3/\text{kg}_{\text{oTS}}$ ]
- $y_{\max}$ : maximaler Biogasertrag [ $\text{m}^3/\text{kg}_{\text{oTS}}$ ]
- $B_R$ : Raumbelastung [ $\text{kg}_{\text{oTS}}/(\text{m}^3 \text{ d})$ ]
- $k$ : Reaktionsgeschwindigkeitskonstante [ $\text{d}^{-1}$ ]
- $c_0$ : Konzentration organische Trockensubstanz oTS (dimensionslos als Massenanteil der Frischmasse)
- $\rho_g$ : Dichte Biogas [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]
- $\rho_A$ : Dichte des Fermenterablaufs  $\approx 1000 \text{ kg}/\text{m}^3$

Die Dichte des Biogases  $\rho_g$  hängt von dessen Zusammensetzung an Methan und Kohlendioxid ab. Es wird vereinfachend davon ausgegangen, dass das Biogas zu 100% aus  $\text{CH}_4$  und  $\text{CO}_2$  besteht und diese sich wie ideale Gase mit den Dichten bei  $0^\circ\text{C}$  von  $\rho_{\text{CH}_4}$  mit  $0,714 \text{ kg}/\text{m}^3$  und  $\rho_{\text{CO}_2}$  mit  $1,964 \text{ kg}/\text{m}^3$  verhalten.

$$\rho_g = \frac{C_{\text{CH}_4}}{C_{\text{CH}_4} + C_{\text{CO}_2}} \cdot 0,714 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} + \frac{C_{\text{CO}_2}}{C_{\text{CH}_4} + C_{\text{CO}_2}} \cdot 1,964 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\rho_g = 1,964 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} - C_{\text{CH}_4} \cdot 1,25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Der maximale Biogasertrag der Substratmischung lässt sich aus den maximalen spezifischen Erträgen der Einzelkomponenten ableiten. Die maximalen Erträge sind durch Kurvenanpassung aus den Messwerten der Laborversuche ermittelt und können aus Tabelle 1 abgelesen werden. In Abhängigkeit des Kosubstratanteils erhält man aus den jeweiligen Frischmassenanteilen und den Massenanteilen an organischer Trockensubstanz von Gülle und Kosubstrat die dimensi-

## ABSTRACT

Neue Erkenntnisse zur Biogaskinetik erlauben es, spezifische Biogaserträge verschiedener Substratkombinationen in Abhängigkeit der Raumbelastung und des Kosubstratanteils der organischen Trockenmasse darzustellen. Ziel dieser Arbeit ist es, diese beiden Variablen in eine Wirtschaftlichkeitsberechnung einzubringen, so dass jeden gewählten Substratmassen und -kombinationen eine maximale Annuität und wirtschaftlich optimale Raumbelastung zugeordnet werden kann. Die Umsetzung und grafische Auswertung erfolgt als mathematisches Optimierungsmodell mit Microsoft Excel. Weiterhin ist es mit Hilfe des Berechnungsmodells möglich, die wirtschaftlichen Auswirkungen einer externen Wärmenutzung sowie die Auswirkungen positiver und negativer Substratpreisänderungen darzustellen.

## PROJEKTLEITUNG

Prof. Dr. Christiane Rieker  
Fakultät für Anlagen, Energie- und Maschinensysteme  
Institut für Landmaschinentechnik und Regenerative Energien  
christiane.rieker@fh-koeln.de

## PROJEKTBETEILIGTE

Dipl.-Ing. Martin Caspar  
martincaspar@googlemail.com  
Dr. Arne Dahlhoff  
Landwirtschaftskammer NRW,  
Haus Düsse, ZNR

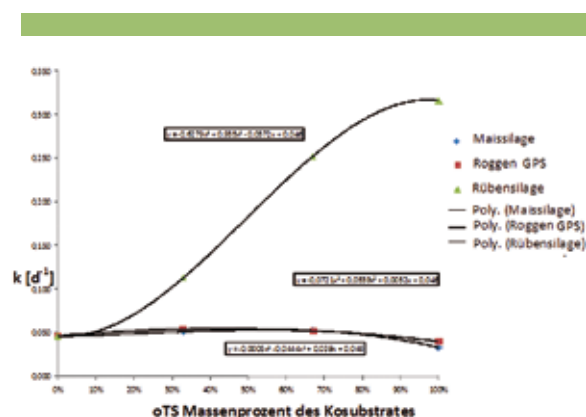


Abb. 1: Reaktionsgeschwindigkeitskonstanten in Abhängigkeit von der Substratzusammensetzung (interpoliert; Basis Rindergülle, mesophile Vergärung)

|                                                      | Rindergülle |     |             | Schweinegülle |      |             |
|------------------------------------------------------|-------------|-----|-------------|---------------|------|-------------|
|                                                      | Roggen-     |     |             | Roggen-       |      |             |
|                                                      | Mais        | GPS | Rübensilage | Mais          | GPS  | Rübensilage |
| $y_{\max}$<br>[ $\text{m}^3/\text{t}_{\text{oTS}}$ ] | 920         | 920 | 930         | 820           | 1010 | 1080        |

Tabelle 1: maximale Biogaserträge aus Mischungen von Gülle und nachwachsenden Rohstoffen

onslosen Massenanteile des Gemisches:

$$c_0 = \frac{m_{0TS}}{m_0} = \frac{m_{0TS_G} + m_{0TS_K}}{m_{FM_G} + m_{FM_K}}$$

Die Gleichung für das erzielbare Biogasvolumen ist wie folgt:

$$V_g = m_0 \cdot c_0 \cdot (y_b + (y_{\max} - y_b) \cdot \eta_{NR})$$

$m_0$ : Masse FM [t]

$\eta_{NR}$ : Wirkungsgrad des Nachfermenters

Die ermittelten Werte können nun als Grundlage für die Wirtschaftlichkeitsberechnung dienen.

### Auslegung der Biogasanlage und Wirtschaftlichkeitsberechnung

Mittels der zu Grunde gelegten Raumbelastung und dem ermittelten Biogasvolumen lässt sich die erforderliche Anlagengröße (Fermentervolumen, BHKW-Leistung) berechnen. Für die Kostenkalkulation wurden Investitionskosten, Betriebskosten und weitere Kosten gemäß VDI 2067 (Annuitätsmethode[3]) den Einnahmen über die Einspeisevergütung gemäß EEG (Novellierung 2009) gegenübergestellt.

### Ergebnisse

Mit Hilfe des angenommenen Kostenmodells [4] für die Investitionskosten einer Biogasanlage und Substratpreisen aus dem Jahr 2008 [5] zeigt sich eine optimale Wirtschaftlichkeit einer Investition oftmals schon bei weitaus geringeren Kosubstratzugaben

als bisher angenommen. Geringe Zufuhren von Maissilage zur vorhandenen Gülle scheinen wirtschaftlich folglich sinnvoller. Das genannte Beispiel gibt bei einer zur Verfügung stehenden Menge an Schweinegülle von 6000 t/a und Maissilage von 6000 t/a eine maximale Annuität von 53.497 € aus. Das Excel-Tool kann hilfreich für Anleger, Planer und Betreiber sein, um folgende Fragestellungen zu beantworten:

- Ist mit den gewählten Substraten und Massen eine Investition sinnvoll?
- Ist eine einstufige oder eine zweistufige Vergärung vorzuziehen?
- Welche Kenndaten gelten im wirtschaftlichen Optimum- elektrische Leistung, Raumbelastung, Fermentergröße, Investitionskosten, Annuität?
- Wie kann ich durch externe Wärmenutzung die Wirtschaftlichkeit erhöhen?
- Ist bei gegebener Güllemasse die Zugabe von Kosubstraten wirtschaftlich sinnvoll?
- Wie wirken sich dabei positive und negative Preisänderungen der Kosubstrate aus?

### Ausblick

Für die wirtschaftliche Optimierung des Biogasprozesses sind weitergehende Kenntnisse notwendig. Essentiell ist die Kenntnis der kinetischen Zusammenhänge bezüglich Substratzusammensetzung und dem Einfluss von Hemmstoffen, die bislang nur lückenhaft bekannt sind. Diesbezüglich finden momentan im Rahmen des STEPS-

Doktorandenprogramms (Kompetenzplattform „STEPS“ Sustainable Technologies and Computational Services\_for Environmental and Production Processes) umfangreiche Forschungsarbeiten statt. Weiterhin sollte auf den Gebieten Anlagentechnik, Prozessanalytik – etwa Online-Monitoring – und Automatisierungstechnik weitergehend geforscht werden. So wäre eine automatische Substratzufuhr (Regelung der Quantität und Qualität) gekoppelt mit einer Online-Analytik des Gärguts denkbar. Hierfür müssen die biochemischen Prozessschritte allerdings sehr genau erforscht sein. Arbeiten auf diesen Gebieten sind in Planung.

Christiane Rieker

### LITERATUR:

- Caspar, M (2009): Biogaskinetik und Wirtschaftlichkeit. Diplomarbeit, FH Köln
- Mähnert, P (2008): Kinetik der Biogasproduktion Dissertation, 1. Auflage. Saarbrücken. VDM Verlag Dr. Müller, Berlin
- VDI. 2000. VDI 2067 Blatt 1. [NormCD Stand 2007] [Hrsg.] VDI – Gesellschaft für technische Gebäudeausrüstung. Beuth-Verlag GmbH. Wirtschaftlichkeit Gebäudetechnischer Anlagen – Grundlagen und Kostenberechnung
- Grundmann, Ph.; Plöchel, M.; Heiermann, M. (2002): Wirtschaftlichkeit von Biogasanlagen. Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam
- Linke, B. et al. (2003): Biogas in der Landwirtschaft. [Hrsg.] Ministerium für Landwirtschaft Umweltschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg, Potsdam

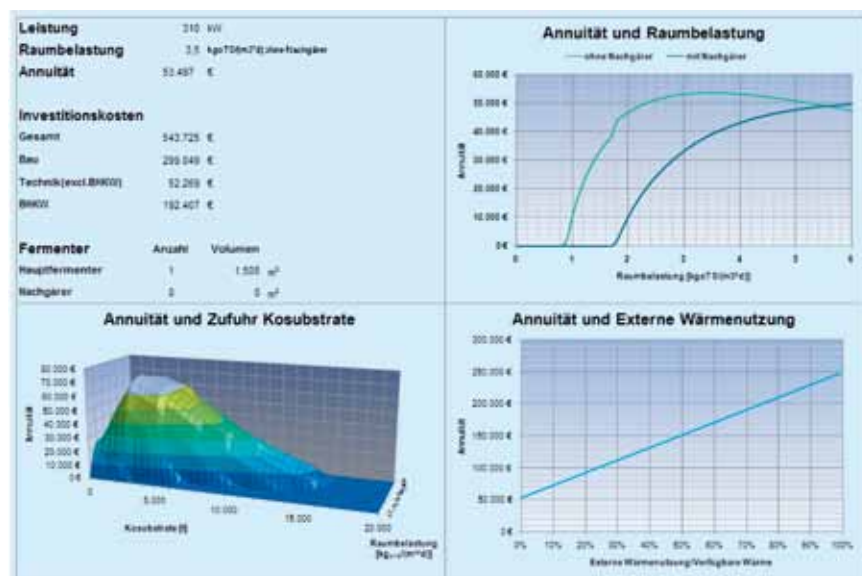


Abb. 3: Beispiel-Ausgabe des Excel-Tools für die Berechnung der Wirtschaftlichkeit

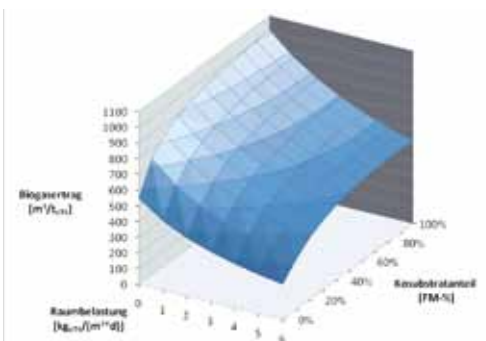


Abb. 2: Beispiel für den spezifischen Biogasertrag in Abhängigkeit der Raumbelastung und des Kosubstratanteils der Frischmasse (Schweinegülle, Maissilage, mesophile Vergärung)



# Inhalt

## **Bartz-Beielstein, Thomas**

FIWA – Methoden der Computational Intelligence  
für Vorhersagemodelle in der Finanz- und  
Wasserwirtschaft 98

Evolutionary Computation in Practice 100

Experimentelle Analyse von Optimierungsalgorithmen 101

Die sequentielle Parameteroptimierung –  
ein Werkzeug zum Tunen von Computerprogrammen 102

## **Bongards, Michael**

Gemeinschaftsklärwerk Leverkusen:  
Optimierte Regelung durch Simulationsmodelle  
und Computational Intelligence 104

GPRS-BASED REMOTE CONTROL – Überwachung  
einer Kompaktkläranlage in Kirgistan 108

Entwicklung eines allgemein nutzbaren  
Simulationsmodells für Membranbelebungsanlagen 111

## **Faeskorn-Woyke, Heide**

visualDependencies for Databases – Visualisierung  
der Abhängigkeiten von Datenbankobjekten 114

XQuery-Trainer als neue E-Learning-Komponente in edb 116

## **Faeskorn-Woyke, Heide/Wigbels, René**

Virtualisierung von Oracle-Datenbanken,  
Analyse und Bewertung 118

## **Jochum, Friedbert**

Architektur-Muster für Serious Games zur  
Förderung von Alltagskompetenzen bei  
Menschen mit geistiger Behinderung 121

## **Konen, Wolfgang**

Evolutionsstrategien und Reinforcement  
Learning für strategische Brettspiele 125

SOMA – Systematische Optimierung von Modellen  
der Informations- und Automatisierungstechnik 128

# COMPUTATIONAL SERVICES AND SOFTWARE QUALITY

CLUSTER 6

# FIWA – Methoden der Computational Intelligence für Vorhersagemodelle in der Finanz- und Wasserwirtschaft



## ABSTRACT:

Ziel des Projekts FIWA am Institut für Informatik ist die Entwicklung modularer Systeme zur Analyse und Prognose von Daten aus der Finanz- und Wasserwirtschaft mittels Verfahren der Computational Intelligence (CI). Schwerpunktmäßig soll dabei Genetic Programming (GP) eingesetzt werden. Die im Rahmen des Projekts entwickelten Systeme können in der Praxis direkt – etwa zur Portfoliooptimierung oder zum Management von Accounts, Fonds und strukturierten Produkten für Alternative Investments eingesetzt werden. Ebenso ist ein Einsatz in der Wasserwirtschaft für vorausschauende Steuer- und Regelungsaufgaben in abwassertechnischen Anlagen möglich und beabsichtigt.

## PROJEKTLÉITUNG

Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein  
Fakultät für Informatik und  
Ingenieurwissenschaften  
Institut für Informatik  
thomas.bartz-beielstein@fh-koeln.de

## PROJEKTBETEILIGTE

Dipl.-Inf. Oliver Flasch  
oliver.flasch@fh-koeln.de

## PROJEKTPARTNER

TU Dortmund  
Universität Leiden  
(Niederlande)  
Universität Amsterdam  
(Niederlande)  
DIP Dortmund Intelligence Project  
GmbH (Dortmund)  
Quaesta Capital GmbH  
(Frankfurt am Main)  
Technische Werke Emmerich GmbH  
(Emmerich am Rhein)

Ziel des Projekts FIWA ist die Entwicklung modularer Systeme zur Analyse und Prognose von Daten aus der Finanz- und Wasserwirtschaft mittels Verfahren der Computational Intelligence (CI). Schwerpunktmäßig soll dabei Genetic Programming (GP) [3] eingesetzt werden. Bei der Prognose von Zeitreihen deren Struktur sich durch politische, ökonomische und umweltbedingte Einflüsse sehr rasch verändern kann, kann sich die Prognosegenauigkeit klassischer Verfahren [4] aufgrund dieser strukturellen Veränderungen mit der Zeit verschlechtern. Aus diesen Gründen lassen sich viele für die wirtschaftliche Praxis interessante Zeitreihen nur schlecht mit klassischen Prognosemodellen vorhersagen.

GP erlaubt die Integration von Komponenten aus bestehenden Verfahren der Zeitreihenprognose und ermöglicht somit die automatische Synthese eines an die zu prognostizierende Zeitreihe optimal angepassten Vorhersagemodells. Die in dem Projekt FIWA entwickelten GP-Systeme sollen für die Prognose von Finanzzeitreihen

sowie für die Prognose von Zeitreihen in der Wasserwirtschaft eingesetzt werden. Dazu können neben Zeitreihen beliebige Eingabedaten, etwa Schlüsselwörter aus Börsennachrichten oder Wetterdaten, genutzt werden. Die an diesem Antrag beteiligten KMU DIP GmbH und Quaesta Capital GmbH haben bereits sehr gute Erfahrungen mit dem Einsatz von GP auf Zeitreihen gemacht, bei denen klassische Verfahren keine verwertbaren Ergebnisse lieferten oder einen unangemessen hohen Modellierungsaufwand erforderten. Diese Systeme gehören weltweit zu den ersten GP-Systemen im praktischen Einsatz in der Finanzwirtschaft. Besonders innovativ ist der erstmalige Einsatz dieser Systeme in der Wasserwirtschaft. Da das exakte Modell der zugrunde liegenden Prozesse in der Regel nicht bekannt ist oder nicht bestimmt werden kann, werden in dem Projekt FIWA empirische Modellierungsansätze benutzt, die Schlüsse aus den zur Verfügung stehenden Daten ziehen. Im Englischen werden diese Ansätze „empirical modelling“ oder auch „data-driven modelling“ genannt.



Abb. 1: Ein wichtiger Teil des Projekts FIWA ist die Entwicklung innovativer Softwaresysteme für die Analyse und Prognose von Zeitreihen.

## Genetic Programming (GP)

Eine Lösung für die Zielsetzungen des Projekts in der Finanz- und Wasserwirtschaft besteht in der Verwendung von GP zur Generierung von Prognosemodellen. GP zählen zu den evolutionären Algorithmen, die wiederum ein Teilgebiet der CI bilden. CI-Verfahren nutzen Mechanismen der biologischen Evolution wie Selektion, Mutation und Rekombination, um innerhalb einer Population von Lösungskandidaten effizient und automatisch nach Problemlösungen zu suchen. So werden etwa im Falle der Zeitreihenanalyse während der künstlichen Evolution diejenigen Prognosemodelle erzeugt, die eine gegebene Zeitreihe möglichst gut beschreiben. Wie bereits erläutert, erlaubt GP die Integration von Komponenten aus bestehenden Verfahren der Zeitreihenprognose und ermöglicht somit die automatische Synthese eines an die zu prognostizierende Zeitreihe optimal angepassten Prognosemodells. Weiterhin kann GP im Unterschied zu klassischen Verfahren beliebige Zusatzinformationen zur Verbesserung der Prognosegenauigkeit nutzen. Im Falle von Finanzzeitreihen kann es sich bei diesen Zusatzinformationen um Schlüsselwörter aus aktuellen Börsennachrichten handeln. Die Modellbildung beinhaltet keine subjektiv begründeten Einschränkungen, sondern lässt auch Modellierungen zu, „die niemand bisher gewagt hat, zu denken“. GP-Systeme erzeugen explizite Modelle, aus denen der Anwender die Bedeutung einzelner Faktoren erkennen kann. Dieses Merkmal wird von vielen Anwendern als entscheidend beurteilt.

## Sequential Parameter Optimization (SPO)

Im FIWA-Projekt kommen Methoden des neuen computerbasierten Experimentalismus zum Einsatz. Ein Vergleich, der Gemeinsamkeiten und Unterschiede von Zeitreihen analysiert, ist für die Weiterentwicklung des neuen Experimentalismus von großer Bedeutung. Zentrales Werkzeug ist dabei die Sequentielle Parameter Optimierung (SPO), mit der statistisch abgesicherte Vergleiche und Analysen durchgeführt werden. Mit SPO steht ein universelles Tool zur Analyse beliebiger Modelle zur Verfügung. Es werden Verfahren aus dem Bereich Design of Experiments (DOE) mit modernen statistischen Verfahren kombiniert – etwa Kriging oder baumbasierte Regression. Über die reine Analyse hinaus wird die SPO-Methodik auch zur Generalisierbarkeit experimenteller Er-

gebnisse genutzt. Hier wird in einem ersten Schritt Grundlagenforschung betrieben, welche dann im weiteren Verlauf des Projekts an der GP-Variante in Kombination mit den finanz- und wasserwirtschaftlichen Problemstellungen zum Einsatz kommen sollen.

## Praktische Anwendbarkeit

Die im Projekt FIWA entwickelten Systeme haben zahlreiche Anwendungen in der Finanz- und Wasserwirtschaft:

- Die KMU-Projektpartner Dortmund Intelligence Project (DIP) GmbH und Quaesta Capital GmbH können die GP-Systeme zur Portfoliooptimierung oder zum Management von Accounts, Fonds und strukturierten Produkten für Alternative Investments in der Finanzwirtschaft direkt einsetzen.
- Ebenso ist ein Einsatz in der Wasserwirtschaft durch die Technische Werke Emmerich am Rhein GmbH (TWE) für vorausschauende Steuer- und Regelungsaufgaben in abwassertechnischen Anlagen möglich und beabsichtigt.

## Kooperationen

Neben der Kooperation mit den KMU Projektpartnern gibt es einen intensiven Austausch des Projekts mit den folgenden Forschern:

- Prof. Dr. Günther Rudolph (Lehrstuhl für Algorithm Engineering, TU Dortmund) wendet CI-Verfahren zur Mehrzieloptimierung und industriellen Optimierung an.
- Prof. Rudolph wird das im Rahmen des Projekts stattfindende Promotionsvorhaben an der Technischen Universität Dortmund betreuen.

Es bestehen Kontakte zu weiteren Forschern aus dem Bereich CI, Simulation und Optimierung, wie zum Beispiel zu Prof. Dr. Jack P. H. Kleijnen (Department of Information Management and Operations Research, Tilburg University, NL), der zu den international renommiertesten Forschern auf dem Gebiet der Simulation gehört oder zu Dr. Ekaterina Vladislavleva. Dr. Vladislavleva entwickelt eine neue GP-Variante [5], die im Rahmen des Projekts eingesetzt werden soll.

## Nachwuchsförderung

Im August wurde eine Diplomarbeit „Graphische Benutzerschnittstelle für die Optimierungssoftware SPO“ abgeschlossen. Vier Studenten arbeiten derzeit an Case Studies. Zwei Masterarbeiten sind in Vorbereitung und drei wissenschaftliche Mitarbeiter ha-

ben Arbeiten an einer möglichen Promotion in Kooperation mit der Vrije Universiteit Amsterdam, der Universität Leiden und der TU Dortmund begonnen.

*Thomas Bartz-Beielstein*

## Danksagung

Das Projekt wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) unter dem Projektnamen FIWA (AiF FKZ 17N2309, Förderlinie „Ingenieurnachwuchs“) gefördert. Die Vorbereitungen zu diesem Projekt wurden von der Fachhochschule (FH) Köln im Rahmen des anerkannten Forschungsschwerpunktes COSA gefördert.

## LITERATUR

- [1] Bartz-Beielstein, T. (2006): Experimental Research in Evolutionary Computation – The New Experimentalism. Natural Computing Series. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York
- [2] Bartz-Beielstein, T.; Lasarczyk, C.; Preuß, M. (2005): Sequential Parameter Optimization. Proceedings 2005 Congress on Evolutionary Computation (CEC'05), Edinburgh, Scotland (McKay, B.; et al., Hrsg.), Bd. 1, S. 773–780. Piscataway NJ: IEEE Press
- [3] Poli, R., Langdon, W. B.; McPhee, N. F. (2008): A field guide to genetic programming. Published via <http://lulu.com> and freely available at <http://www.gp-field-guide.org.uk>
- [4] Tsay, R. S. (2005): Analysis of Financial Time Series. New York, Wiley
- [5] Smits, G.; Vladislavleva, E.: Ordinal Pareto Genetic Programming. Yen, G. G.; Lucas, Simon M.; Fogel, G.; Kendall, G.; Salomon, R.; Zhang, B.; Coello, C. A. C.; Runarsson, T. P., (2006): Proceedings of the 2006 IEEE Congress on Evolutionary Computation. Vancouver, BC, Canada: IEEE Press, 16–21 Juli, S. 3114–3120



# Evolutionary Computation in Practice

## ECP verfolgt folgende Ziele:

1. Bereitstellung eines Forums für Vertreter aus Forschung, Industrie und Regierung, um neue CI-Verfahren kennen zu lernen
2. Präsentation von Top-Level Verfahren, die über die Fächergrenzen hinweg Anwendung finden
3. Kontakte für Hochschulabsolventen (Jobbörse)
4. unkomplizierter Austausch zwischen Experten auf hohem Niveau, um Zukunftstrends zu diskutieren und Einfluss auf zukünftige Entwicklungen zu nehmen (Think-Tank)

Die Anwendungen stammen aus so unterschiedlichen Bereichen wie Energieversorgung, Umweltforschung, Ökonomie, Computergrafik oder Spiele-Entwicklung. Zentraler Bestandteil dieser Veranstaltung ist die Plenums-Diskussion „Ask the Experts“, in der Experten dem Publikum Rede und Antwort stehen. Zusätzlich werden Fachvorträge gehalten und für Hochschulabsolventen die Veranstaltung „Getting a Job in Evolutionary Computation: What to do and what not to do“ durchgeführt.

*Thomas Bartz-Beielstein*

## Kooperationen

ECP wird gemeinsam von Dr. Jörn Mehnen (Cranfield University), Dr. David Davis (VGO Associates) und Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein (FH Köln) organisiert. Es bestehen Kontakte zu mehreren Dutzend Experten aus dem Bereich CI.

## Danksagung

Die Vorbereitungen zu diesem Projekt wurden von der Fachhochschule (FH) Köln im Rahmen des anerkannten Forschungsschwerpunkts COSA gefördert. Der Besuch dieser Konferenz wurde durch ein DAAD-Reisestipendium gefördert.

## REFERENZEN

Bartz-Beielstein, T., Davis, D.; Mehnen, J. (2009): Evolutionary Computation in Practice. <http://www.sigvo.org/gecco-2009/ecp.html>

## ABSTRACT

„Evolutionary Computation in Practice“ (ECP) gehört zu den angesehensten Veranstaltungsreihen auf der weltweit wichtigsten Konferenz im Bereich „Computational Intelligence“. Im Jahr 2009 fand die dreitägige Konferenz in Montreal (Kanada) während der Konferenz GECCO statt. Renommierte Vertreter aus Forschung und Industrie finden im ECP-Rahmen ein Forum, um anwendungsorientierte Fragen und Zukunftstrends zu diskutieren.

## PROJEKTL EITUNG

Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein  
Fakultät für Informatik und  
Ingenieurwissenschaften  
Institut für Informatik  
[thomas.bartz-beielstein@fh-koeln.de](mailto:thomas.bartz-beielstein@fh-koeln.de)

## PROJEKTBETEILIGTE

Prof. Dr. Wolfgang Konen  
Fakultät für Informatik und  
Ingenieurwissenschaften  
Institut für Informatik  
[wolfgang.konen@fh-koeln.de](mailto:wolfgang.konen@fh-koeln.de)

## PROJEKTPARTNER

Cranfield University (UK)  
VGO Associates (USA)

## Kooperationspartner



# Experimentelle Analyse von Optimierungsalgorithmen

Zentrales Ziel dieses Projekts ist die Weiterentwicklung von Methoden zur experimentellen Analyse von Optimierungsalgorithmen. Dabei liegt der Schwerpunkt auf den sogenannten „Suchheuristiken“ wie etwa Genetic Programming, Simulated Annealing, Tabu Search, evolutionären Algorithmen oder Partikel-Schwarm-Verfahren. Es sollen Übersichten über vorhandene Verfahren erstellt, neue statistische Tools entwickelt und zum Einsatz gebracht sowie „state-of-the-art“-Techniken zur experimentellen Analyse propagiert werden. Wichtig ist zudem der Ausbau bereits bestehender Netzwerke innerhalb der Forschungsgemeinschaft. So bestehen Kontakte zu den führenden Forschungsinstitutionen im Bereich heuristischer Verfahren weltweit. Die Ergebnisse werden im Rahmen von Workshops und Tutorien auf internationalen Konferenzen präsentiert und in Rahmen von Publikationen in Fachzeitschriften veröffentlicht. Ein wichtiger Meilenstein dieser Zusammenarbeit ist die Herausgabe des Buchs „Empirical Methods for the Analysis of Optimization Algorithms“, das 2010 beim Springer Verlag erscheinen wird und auf mehr als 400 Seiten Beiträge von 30 renommierten Forschern enthält [1-8].

*Thomas Bartz-Beielstein*

## Danksagung

Die Vorbereitungen zu diesem Projekt wurden von der Fachhochschule (FH) Köln im Rahmen des anerkannten Forschungsschwerpunkts COSA gefördert.

## LITERATUR

- [1] Bartz-Beielstein, T.; Chiarandini, M.; Paquete, L.; Preuss, M. (Hrsg.) (2010): Empirical Methods for the Analysis of Optimization Algorithms. Springer Verlag, Berlin
- [2] Bartz-Beielstein, T.; Lasarczyk, C.; Preuss, M. (2010): The Sequential Parameter Optimization Toolbox. In: Bartz-Beielstein, T.; Chiarandini, M.; Paquete, L.; Preuss, M. (Hrsg.): Empirical Methods for the Analysis of Optimization Algorithms. Springer Verlag, Berlin
- [3] Bartz-Beielstein, T.; Preuss, M. (2010): The Future of Experimental Research. In: Bartz-Beielstein, T.; Chiarandini, M.; Paquete, L.; Preuss, M. (Hrsg.): Empirical Methods for the Analysis of Optimization Algorithms. Springer Verlag, Berlin
- [4] Bartz-Beielstein, T.; Preuß, M.; Schwefel, H.P. (2009): Model Optimization with Evolutionary Algorithms. In: Lucas, K.; Roosen, P. (Hrsg.): Emergence, Analysis and Evolution of Structures — Concepts and Strategies Across Disciplines, S. 48–62. Springer Verlag, Berlin
- [5] Hutter, F.; Bartz-Beielstein, T.; Hoos, H.; Leyton-Brown, K.; Murphy, Kevin P. (2010): Sequential Model-Based Parameter Optimisation: an Experimental Investigation of Automated and Interactive Approaches Empirical Methods for the Analysis of Optimization Algorithms. In: Bartz-Beielstein, T.; Chiarandini, M.; Paquete, L.; Preuss, M.: Empirical Methods for the Analysis of Optimization Algorithms. Springer Verlag, Berlin, S. 361–414
- [6] Bartz-Beielstein, T. (2009): Sequential Parameter Optimization. In: Branke, J.; Nelson, B.L.; Powell, W. B.; Santner, T. J. (Hrsg.): Sampling-based Optimization in the Presence of Uncertainty. Dagstuhl, Germany: Schloss Dagstuhl – Leibniz-Zentrum für Informatik, Germany, (Dagstuhl Seminar Proceedings 09181) URL <http://drops.dagstuhl.de/opus/volltexte/2009/2115> – ISSN 1862-4405
- [7] Bartz-Beielstein, T.; Preuß, M. (2009): Experimental research in evolutionary computation – The Future of Experimental Research, Tutorial. Genetic and Evolutionary Computation Conf. (GECCO 2009), Montreal, CA
- [8] Bartz-Beielstein, T.; Preuß, M. (2008): The Future of Experimental Research, Tutorial. 10th International Conference on Parallel Problem Solving From Nature (PPSN), Dortmund

Fachhochschule Köln  
Cologne University of Applied Sciences

tu technische universität  
dortmund



UNIVERSITY OF SOUTHERN DENMARK

## ABSTRACT

Optimierungsalgorithmen werden eingesetzt, um Probleme aus den Bereichen Operations Research, Informatik und anderen anwendungsorientierten Wissenschaften zu lösen. Dieses Projekt ist der Versuch, einen umfassenden Überblick über die gängigen Methoden der experimentellen Analyse dieser Optimierungsverfahren zu geben. Der Schwerpunkt liegt dabei auf heuristischen Suchverfahren, die in letzter Zeit eine immer größer werdende Bedeutung bei der Lösung komplexer Optimierungsprobleme erhalten.

## PROJEKTLEITUNG

Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein  
Fakultät für Informatik und Ingenieurwissenschaften  
Institut für Informatik  
[thomas.bartz-beielstein@fh-koeln.de](mailto:thomas.bartz-beielstein@fh-koeln.de)

## PROJEKT BETEILIGTE

Prof. Dr. Wolfgang Konen  
Fakultät für Informatik und Ingenieurwissenschaften  
Institut für Informatik  
[wolfgang.konen@fh-koeln.de](mailto:wolfgang.konen@fh-koeln.de)  
Dipl.-Inform. Jörg Ziegenhirt  
[joerg.ziegenhirt@fh-koeln.de](mailto:joerg.ziegenhirt@fh-koeln.de)

## PROJEKTPARTNER

University of Southern Denmark,  
Odense (Dänemark)  
University of Coimbra,  
Coimbra (Portugal)  
Technische Universität Dortmund,  
Dortmund (Deutschland)



# Die sequentielle Parameteroptimierung – ein Werkzeug zum Tunen von Computerprogrammen

Verfahren der „Computational Intelligence“ (CI) haben in den vergangenen Jahrzehnten einen festen Platz im Repertoire der Simulations- und Optimierungsverfahren erobert. Neuronale Netze (NN), Evolutionsstrategien (ES) oder genetisches Programmieren (GP) werden schon tagtäglich in der industriellen Praxis eingesetzt. Die Bestimmung der Parameter dieser Verfahren wird dabei häufig von subjektiven Kriterien beeinflusst. Als Kriterien können hier etwa die Vorgaben in der Literatur genannt werden, die aber für das individuelle Problem nicht besonders geeignet sind. Nach unserer Erfahrung spielt bei dieser Auswahl der Zufall eine große Rolle. Nur in seltenen Fällen erfolgt die Einstellung allein nach objektiven Maßstäben. Außerdem ist es nicht ausreichend, die beste Einstellung zu bestimmen, da dieses Tuning selbst möglichst optimal durchgeführt werden sollte: der Findungsprozess selbst muss optimal gestaltet werden.



## ABSTRACT

Moderne Verfahren zur Simulation und Optimierung komplexer technischer Vorgänge werden heutzutage computerbasiert durchgeführt. Die benötigten Programme erfordern die Auswahl günstiger Einstellungen (Parameter), um möglichst effizient ablaufen zu können. Meist erfolgt die Parametrisierung des Modells, das sogenannte Tuning, nach subjektiven Kriterien. Wir demonstrieren, wie eine systematische Vorgehensweise zur Modellselektion mittels sequentieller Parameteroptimierung (SPO) diesen Vorgang objektivieren kann. Diese Vorgehensweise konnte erfolgreich bei mehreren theoretischen wie auch praktischen Problemen eingesetzt werden.

## Der Fluch der Dimensionen

Die sequentielle Parameteroptimierung (SPO) kombiniert bewährte Verfahren aus dem Bereich der klassischen Versuchsplanung (Design of Experiments) mit Verfahren der modernen statistischen Analyse (Design and Analysis of Computer Experiments sowie Computational Statistics) [1-3,10,13,14]. Im Rahmen unserer Arbeit haben wir verschiedene Algorithmen getuned, wie zum Beispiel Neuronale Netze (NN), Echo State Networks (ESN), Nonlinear AutoRegressive models with exogenous inputs (NARX), finite impulse response filter (FIR), Differentialgleichungen (ODE) oder Integralgleichungen (INT) [4,5,12].

Die von uns untersuchten Modelle besitzen bis zu 20 Parameter. Selbst bei nur drei verschiedenen Einstellungen pro Parameter, beispielsweise „kalt“, „warm“ und „heiß“, gibt es mehr als drei Milliarden verschiedene Kombinationen. In vielen Situationen wird versucht, manuell durch Probieren, günstige Parametereinstellungen für das Modell zu finden. Die sogenannte „one-factor-at-a-time“ (OAT)-Vorgehensweise findet dabei

häufig Anwendung. Allerdings wächst die Anzahl der möglichen Einstellungen mit der Anzahl der Faktoren exponentiell. Daher besitzt die OAT-Vorgehensweise in vielerlei Hinsicht große Nachteile im Vergleich zu einer systematischen Vorgehensweise. Im Bereich der Simulation wurde dies von Prof. Dr. Jack P.H. Kleijnen ausführlich dargestellt [6].

## Sequentielle Parameteroptimierung

SPO wurde speziell für Optimierungsprobleme entwickelt [2]. Während eines SPO-Laufs wird ein eingangs kleiner Stichprobenumfang mit wenigen Wiederholungen sequentiell vergrößert. Zur Bestimmung neuer Stichproben und der Anpassung der Anzahl der Wiederholungen fließen die bisher gewonnenen Informationen ein, sodass das Modell sequenziell verbessert und die Aussagen immer zuverlässiger werden. Die sequenzielle Vorgehensweise ermöglicht ein Lernen der zugrunde liegenden Abhängigkeiten. SPO kann zudem automatisiert ablaufen und ist für die numerische Simulation und Optimierung praktisch konkurrenzlos. Uns ist zurzeit kein vergleichbares Verfahren bekannt, welches einem Anwender mit geringem Aufwand die Anpassung, den Vergleich und die Analyse verschiedener Modelle ermöglicht.

## Ergebnisse

Die manuellen Ergebnisse eines Experten konnten durch SPO nochmals um 30 bis 40 Prozent gesteigert werden [5,12]. Durch die SPO erschließen sich oftmals überraschende Einsichten über die Modellierung sowie Ansätze, wie sich möglicherweise ein verbessertes Modell bauen lässt. Die SPO selbst zeigte sich als robustes Optimierungsverfahren, das mit einer kleinen Samplezahl gestartet werden kann.

## Kooperationen

Die Bestimmung günstiger Einstellungen und geeigneter Modelle ist Gegenstand aktueller Forschung, die in Kooperation mit der Technischen Universität Dortmund (Prof. Rudolph), Universität Karlsruhe (PD Dr. Branke), der Vrije Universiteit Amsterdam (Prof. Eiben) und der University Tilburg (Prof. Kleijnen)

durchgeführt wird. Im Rahmen dieser Kooperationen wurden Forschungsanträge beantragt, sodass regelmäßige Treffen, Gastaufenthalte und kooperative Promotionsvorhaben durchgeführt werden können.

In Kooperation mit Forschern aus Dänemark und Portugal entstand zudem ein Buchprojekt, indem SPO und ähnliche Ansätze beschrieben werden [7,8,9]. Ergebnisse unserer Arbeiten wurden auch im Rahmen des Dagstuhl-Seminars „Sampling-based Optimization in the Presence of Uncertainty“ [13] präsentiert. Auf der GECCO, der weltgrößten und wichtigsten Konferenz im Bereich CI wurde ein Tutorium zu SPO gehalten. Der Besuch dieser Konferenz wurde durch ein DAAD-Reisestipendium gefördert. Weitere Tutorien wurden auf diversen Konferenzen durchgeführt, wie etwa auf der PPSN [16].

Thomas Bartz-Beielstein

### Danksagung

Das Projekt wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) unter dem Projektnamen FIWA (AiF FKZ 17N2309, Förderlinie „Ingenieurnachwuchs“) gefördert. Die Vorbereitungen zu diesem Projekt wurden von der Fachhochschule (FH) Köln im Rahmen des anerkannten Forschungsschwerpunkts COSA gefördert.

### LITERATUR

- [1] Bartz-Beielstein, T.; Parsopoulos, K. E.; Vrahatis, M. N. (2004): Design and analysis of optimization algorithms using computational statistics. *Applied Numerical Analysis and Computational Mathematics (ANACM)* 1,2, S. 413–433
- [2] Bartz-Beielstein, T.; Lasarczyk, C.; Preuß, M. (2005): Sequential Parameter Optimization. In: *Proceedings 2005 Congress on Evolutionary Computation (CEC'05)*, Edinburgh, Scotland (McKay, B., et al., Hg.), Bd. 1, S. 773–780. Piscataway NJ: IEEE Press
- [3] Bartz-Beielstein, T. (2006): *Experimental Research in Evolutionary Computation — The New Experimentalism*. Natural Computing Series. Springer Verlag, Berlin,
- [4] Bartz-Beielstein, T.; Bongards, M.; Claes, C.; Konen, W.; Westenberger, H. (2007): Datenanalyse und Prozessoptimierung für Kanalnetze und Kläranlagen mit CI-Methoden. In: *Proc. 17th Workshop Computational Intelligence* (Mikut, R., Reischl, M., Hrsg.), S. 132–138. Universitätsverlag, Karlsruhe
- [5] Bartz-Beielstein, T., Zimmer, T., Konen, W. (2008): Parameterselektion für komplexe Modellierungsaufgaben der Wasserwirtschaft – Moderne CI-Verfahren zur Zeitreihenanalyse. In: Mikut, R. (Hrsg.), Reischl, M. (Hrsg.): *Proc. 18th Workshop Computational Intelligence*, Universitätsverlag, Karlsruhe – im Druck
- [6] Bartz-Beielstein, T. (2008): Review: Design and Analysis of Simulation Experiments by Jack P.

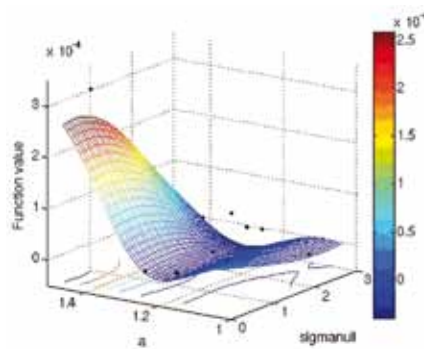


Abb. 1: Bereits geringe Änderungen der Parametereinstellungen können das Ergebnis drastisch verbessern. SPO findet gute Einstellungen automatisch. Obwohl die zugrunde liegenden statistischen Verfahren komplex sind, benötigt der Anwender zur Interpretation der Ergebnisse lediglich Grundkenntnisse der Statistik.

### PROJEKTLLEITUNG

Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein  
Fakultät für Informatik und  
Ingenieurwissenschaften  
Institut für Informatik  
thomas.bartz-beielstein@fh-koeln.de

### PROJEKTBETEILIGTE

Prof. Dr. Wolfgang Konen  
Fakultät für Informatik und  
Ingenieurwissenschaften  
Institut für Informatik  
wolfgang.konen@fh-koeln.de  
Dipl.-Informatiker Jörg Ziegenhirt  
joerg.ziegenhirt@fh-koeln.de  
Dipl.-Informatiker Oliver Flasch  
oliver.flasch@fh-koeln.de

### PROJEKTPARTNER

TU Dortmund  
Universität Leiden  
(Niederlande)  
Universität Amsterdam  
(Niederlande)  
University of British Columbia  
(Vancouver, CA)  
DIP Dortmund Intelligence  
Project GmbH (Dortmund)  
Quaesta Capital GmbH  
(Frankfurt am Main)  
Technische Werke Emmerich GmbH  
(Emmerich am Rhein)



# Gemeinschaftsklärwerk Leverkusen: Optimierte Regelung durch Simulations- modelle und Computational Intelligence

Die fortschreitende Entwicklung von Online-Messtechnik und deren sinkende Preise haben in den letzten Jahren zu starken Veränderungen im Bereich der Abwassertechnik geführt. Eine verbesserte Überwachung der biochemischen Abbauprozesse in Kläranlagen bietet neue Möglichkeiten für innovative Regelungs- und Optimierungskonzepte aus dem Bereich der Computational Intelligence. Diese sind in der Lage, vorhandenes Fachwissen des Anlagenpersonals (mittels Fuzzy-Logik) sowie vergangene Ereignisse aus dem Anlagenbetrieb (mittels Künstliche Neuronale Netze) zu übernehmen und in die Regelung mit einfließen zu lassen. Die so umgesetzten Optimierungs- und Regelungsverfahren können nicht nur das Abbauverhalten der Kläranlagen nachhaltig

verbessern, sondern sorgen ebenfalls für Energie- und somit Kosteneinsparungen. In dem hier beschriebenen Projekt wurde ein System aus unterschiedlichen Fuzzy-Reglern für die zweistraßige Kaskadenbiologie im Gemeinschaftsklärwerk Leverkusen-Bürrig des Chempark entwickelt. Dabei sollte eine optimale Belüftungssteuerung der Vario- und Nitrifikationszonen erreicht werden, um einen hohen und energetisch optimalen Abbau von Ammonium-Stickstoff und Nitrat zu gewährleisten. Die beschriebene Regelung und Optimierung der Kaskadenbiologie sowie deren Analyse werden anhand eines Simulationsmodells entwickelt und intensiv getestet. Die Ergebnisse dieser Simulationsstudie werden in diesem Artikel vorgestellt. Das Gesamtsystem wird Ende 2009 im Klärwerk Leverkusen-Bürrig in Betrieb genommen. Im

## ABSTRACT

Die Entwicklung von Online-Messtechnik und deren sinkende Preise haben zu starken Veränderungen im Bereich der Abwassertechnik geführt. Eine verbesserte Überwachung der biochemischen Abbauprozesse in Kläranlagen bietet neue Möglichkeiten für Regelungs- und Optimierungskonzepte aus dem Bereich der Computational Intelligence. Diese sind in der Lage, vorhandenes Fachwissen des Anlagenpersonals (per Fuzzy-Logik) sowie vergangene Ereignisse aus dem Anlagenbetrieb (mit Künstliche Neuronale Netze) zu übernehmen und in die Regelung mit einfließen zu lassen. Die so umgesetzten Optimierungs- und Regelungsverfahren können nicht nur das Abbauverhalten der Kläranlagen nachhaltig verbessern, sondern sorgen ebenfalls für Energie- und somit Kosteneinsparungen.

## PROJEKTLEITUNG

Prof. Dr. Michael Bongards  
Fakultät für Informatik und  
Ingenieurwissenschaften  
Institut für Automation & Industrial IT  
michael.bongards@fh-koeln.de

## PROJEKTBETEILIGTE

Christian Wolf  
Cornelia Hoen  
Karl-Heinz Stürznickel  
(Currenta GmbH & Co. OHG)



DN – Denitrifikation  
DN/N – Wechselzone 1  
N/DN – Wechselzone 2  
N – Nitrifikationszone

Abb. 1: Schema der ersten beiden Straßen der Kaskadenbiologie des Gemeinschaftsklärwerks Leverkusen-Bürrig

| Modellparameter | Standard | Kalibriert |
|-----------------|----------|------------|
| $\mu_H$         | 5,23     | 3,48       |
| $\nu_H$         | 0,4      | 0,7        |
| $k_H$           | 2,41     | 7,22       |
| $\mu_A$         | 0,66     | 0,57       |

$\mu_H$  – maximale spezifische Wachstumsrate heterotropher Biomasse [1/d]  
 $\nu_H$  – Korrekturfaktor für Hydrolyse unter anoxischen Bedingungen  
 $k_H$  – maximale spezifische Hydrolyserate [1/d]  
 $\mu_A$  – maximale spezifische Wachstumsrate autotropher Biomasse [1/d]

Tabelle 1: Vergleich der veränderten Modellparameter nach der Kalibrierung mit den Standardwerten

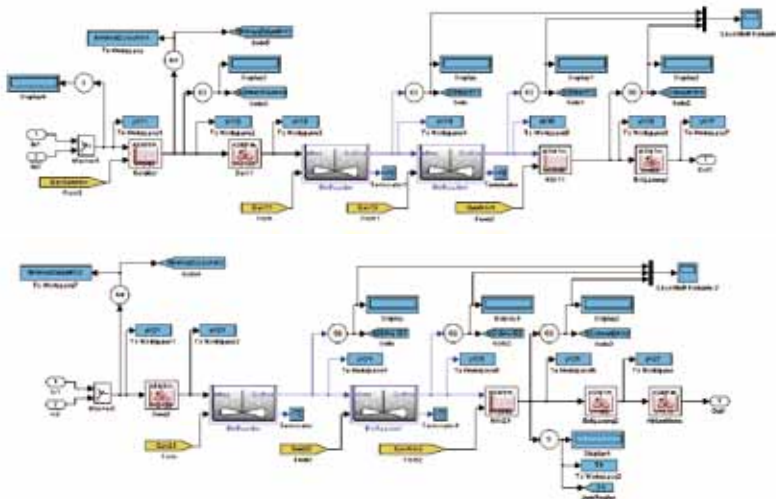


Abb. 2: Darstellung der Kaskadenbiologie des Gemeinschaftsklärwerks Leverkusen-Bürrig im Simulationsmodell – a. Straße 1 mit Selektor, b. Straße 2

Gemeinschaftsklärwerk Leverkusen-Bürrig werden Abwässer aus den Produktionsstätten des Chempark sowie kommunales Abwasser aus dem unteren Einzugsgebiet des Wupperverbandes gereinigt. Bei einer täglichen Abwassermenge von 100.000 m<sup>3</sup> (Trockenwetter) bis zu 240.000 m<sup>3</sup> (Regenwetter) besitzt ein stabiler, störungsfreier Anlagenbetrieb

oberste Priorität. Aus diesem Grund muss bei der Entwicklung eines neuen Regelungssystems gewährleistet sein, dass der gewünschte Effekt ohne lange Testzeiten im realen Anlagenbetrieb erreicht werden kann. So wird ein Simulationsmodell der Anlage aufgebaut, um die Entwicklung zu beschleunigen und das Reglersystem bereits vorab umfangreich zu testen.

### Simulationsmodell der Kaskadenbiologie

Das Simulationsmodell bildet die ersten beiden Straßen der Kaskadenbiologie ab, für die eine verbesserte Belüftungsregelung entwickelt wird. Der Aufbau der beiden Straßen wird aus Abb. 1 deutlich, wo die Kaskadenbiologie schematisch dargestellt ist.

Im Vergleich dazu ergeben sich die beiden Straßen der Kaskadenbiologie in der verwendeten Simulationssoftware der Firma ifak system GmbH, deren Modelle in Abb. 2 dargestellt sind. Die Details zur Beckengröße und deren Anordnung aus den Bauplänen fließen in die Modellerstellung mit ein. Aus dem Modell wird deutlich, dass der einzige Unterschied zwischen beiden Straßen der Selektor ist, der vor die erste Straße geschaltet ist. Ansonsten gibt es in beiden Straßen jeweils drei Becken, die belüftet werden können und von der Regelung angesteuert werden. Hierbei können die beiden Wechselzonen bei Bedarf zusätzlich belüftet werden, wohingegen die Nitrifikationszone permanent belüftet wird. Der nächste Schritt der Reglerentwicklung beinhaltet die Kalibrierung des fertig erstellten Simulationsmodells, wodurch eine möglichst gute Übereinstimmung zwischen Simulation und Realität erzielt wird.

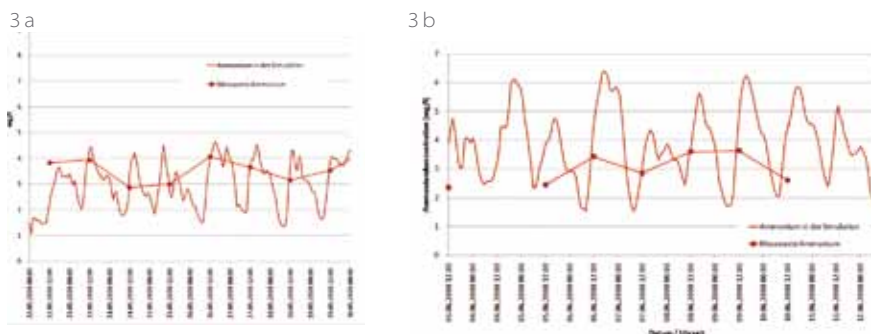


Abb. 3 a und b: Kalibrierung des Modells: Ammonium in der Simulation im Vergleich mit den auf der Anlage gemessenen Werten

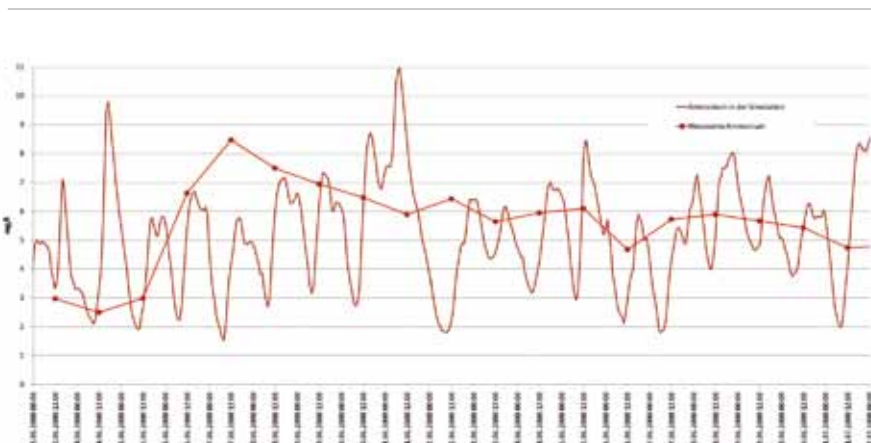


Abb. 4: Weiterer Verlauf der Kurven aus den Abb. 3a und 3b

### Kalibrierung des Simulationsmodells

Das verwendete Simulationsmodell baut auf dem Activated Sludge Model No.1 (ASM1) auf, welches die biochemischen Abbauprozesse in Kläranlagen mit einem System linearer Differentialgleichungen abbildet. Bei der Kalibrierung werden einzelne Parameter dieser Differentialgleichungen angepasst, um eine möglichst gute Übereinstimmung zwischen Simulation und Realität zu erzielen. Die angepassten Parameter sind in Tabelle 1 aufgeführt. Für die Kalibrierung werden zwei Zeiträume aus den Monaten Mai und Juni 2008 verwendet, die sich aufgrund der guten Qualität der Zulaufdaten besonders für die Simulation und Reglerauslegung eignen. Die Ergebnisse der Kalibrierung aus den Abb. 3 und 4 zeigen, dass eine gute Übereinstimmung zwischen Simulation und realem Anlagenverhalten erreicht wird. Aufgrund der guten Übereinstimmung kann mit dem Aufbau und Test einer Regelung im Simulationsmodell begonnen werden.

### Reglerentwicklung

Zur Regelung der Anlage mit Fuzzy-Reglern werden unterschiedliche Konzepte getestet. Als besonders vorteilhaft zeigte sich die



Verwendung separater Fuzzy-Regler für die einzelnen Vario- und Nitrifikationsbecken. Als Führungsgrößen werden die Gesamtzulaufmenge  $Q$  der Kaskade und Ammoniummessungen verwendet, wobei letztere zu Beginn jeder einzelnen Straße sowie im Ablauf der Kaskadenbiologie erfasst werden. Dieses Regelungskonzept führt zu deutlich besseren Ergebnissen in der Simulation, da Belastungsereignisse rechtzeitig erkannt und selbst starke Ammoniumspitzen zuverlässig abgebaut werden. Die folgenden Abbildungen zeigen die verbesserte Abbauleistung in der simulierten Kaskadenbiologie anhand der Ergebnisse aus der dynamischen Simulation. Anhand des dynamischen Simulationsmodells kann gezeigt werden, dass die Ammonium-Ablaufwerte im Modell im Vergleich zur

bisherigen Fahrweise im Mittel um deutlich mehr als 25 Prozent gesenkt werden. Außerdem erfolgt eine Vergleichmäßigung der Ablaufwerte. Spitzenkonzentrationen werden durch eine gezielte Belüftung der einzelnen Becken sicher abgefangen. Beide Kaskaden werden gezielt unterschiedlich belüftet, wodurch eine deutliche Lufteinsparung erreicht werden kann. Die Abb. 7a und b zeigen die unterschiedlichen Konzentrationen an gelöstem Sauerstoff in beiden Kaskaden. Kaskade 2 kann deutlich weniger belüftet werden, da die Ammonium Konzentration im Zulauf der Kaskade 2 geringer ist, als in Kaskade 1. Dies zeigt, dass die Regelung im Modell bereits in der ersten Straße der Kaskadenbiologie zu einem verbesserten Ammoniumabbau führt.

## Ergebnisse

Die Ergebnisse der Simulationsstudie zeigen, dass das Regelungskonzept eine deutliche Verbesserung in Bezug auf die Abbauleistung und die Vergleichmäßigung der Ablaufwerte bewirken kann, da eine schnelle Reaktion auf Ammonium-Spitzen ermöglicht wird. Des Weiteren könnten die Sauerstoffkonzentrationen in den Becken zum Teil deutlich gesenkt werden. Die mögliche Einsparung des mittleren Luftvolumens bei gleichzeitig deutlicher Verbesserung der Ablaufwerte liegt zwischen 7 und 11 Prozent je nach Belastung der Anlage. Das Regelungskonzept wird Anfang 2010 auf der Abwasserreinigungsanlage aufgebaut und getestet.

Michael Bongards

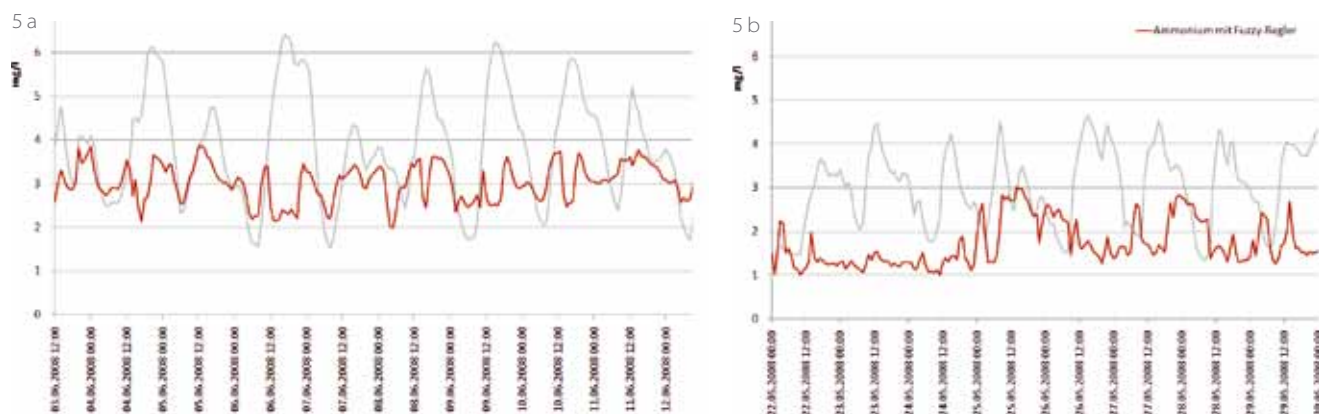


Abb. 5 a und b: Durch die Regelung werden die Ammonium-Ablaufwerte deutlich vergleichmäßigt. Die Konzentrations-Spitzen sind deutlich niedriger.

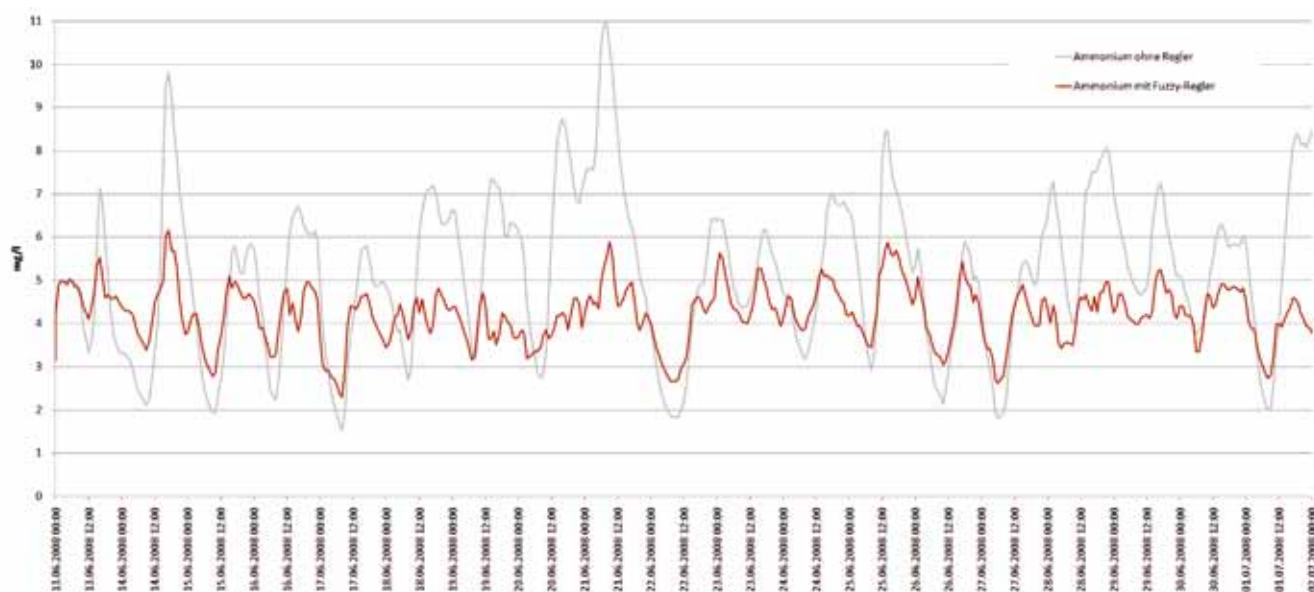
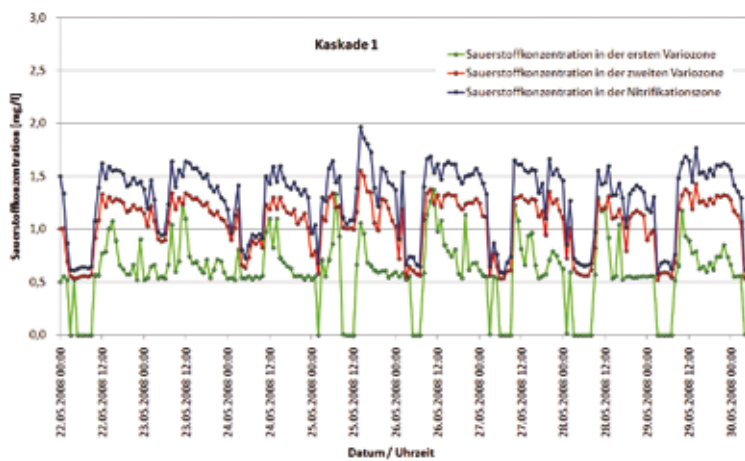


Abb. 6: weiterer Verlauf der Kurven aus den Abb. 5a und 5b

7a



7b

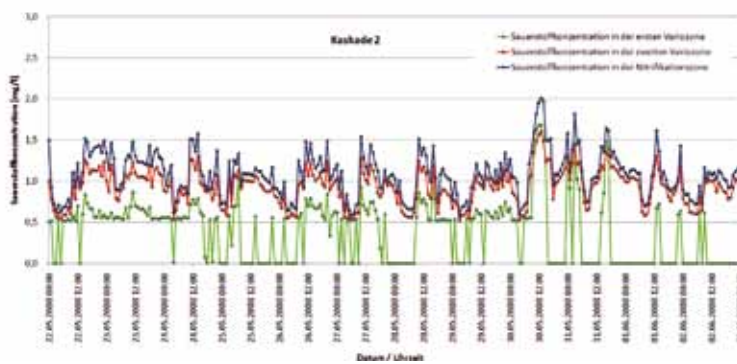


Abb. 7 a und b: Die Sauerstoffkonzentrationen sind in beiden Straßen unterschiedlich.

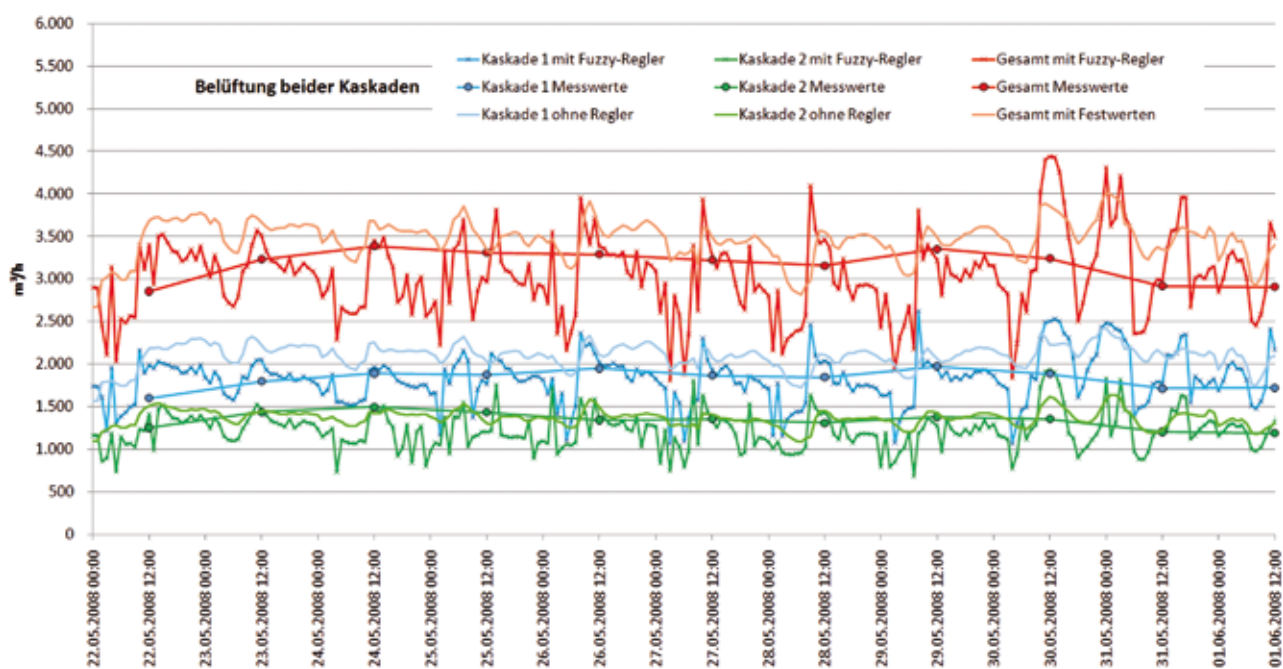


Abb. 8: Gemeinschaftskläwerk Leverkusen: Optimierte Regelung durch Simulationsmodelle und Computational Intelligence.



# GPRS-BASED REMOTE CONTROL – Überwachung einer Kompakt- kläranlage in Kirgistan

Viele Kläranlagen in Kirgistan leiden unter Betriebsproblemen, die durch mangelnde Überwachung und Wartung verursacht werden. Häufig führen diese Probleme zu gravierenden Betriebsunterbrechungen, da sie zu spät entdeckt werden. Dies trifft vor allem dann zu, wenn sie während der Nachtzeiten oder am Wochenende auftreten. Im schlimmsten Fall können solche Probleme zu einem Absterben der Biologie führen, wodurch ein mehrtägiger Ausfall verursacht wird. Die Folgen sind steigende Kosten und eine unnötige Verschmutzung des Issyk-Kul-Sees. Moderne Fernüberwachungssysteme, die auf mobilen Internettechnologien basieren, können helfen diesen Problemen entgegen zu wirken.

Heutzutage sind leistungsfähige Online-Überwachungs- und Fernsteuerungssysteme für Kläranlagen zu verhältnismäßig geringen Investitionskosten zu erhalten beziehungsweise zu betreiben. Mittels dieser technischen Unterstützung kann das Personal im Fehlerfall sofort informiert werden und schnell auf kritische Betriebszustände reagieren. Außerdem ist eine Zentralisierung der Betreuung möglich, das heißt eine qualifizierte Person kann mehrere Anlagen gleichzeitig überwachen. Im Fehlerfall kann sie das Personal vor Ort informieren und instruieren. Insbesondere in Ländern mit Streubesiedlung und entsprechend weiträumig verteilten Anlagen ist dies ein großer Vorteil. Auf diese Weise werden nicht nur Zuverlässigkeit und Effizienz der Anlagen wesentlich verbessert. Auch das Personal wird besser informiert und kann angemessene Vorsichtsmaßnahmen treffen. Im Rahmen des VIP-Forschungsprojekts wurde eine Kläranlage für die Entwässerung eines Hotels am Issyk-Kul-See mit solch einem Fernüberwachungssystem ausgerüstet. Diese Arbeit wurde 2007 von einem Team aus Ingenieuren der Fachhochschule (FH) Köln und der Alfred Kuhse GmbH, in enger Zu-

sammenarbeit mit BIOR sowie der Fakultät für Informatik und Automatisierung der Technischen Universität Bishkek (KSTU) durchgeführt. Zusätzlich wurde ein Labor an der KSTU mit moderner Automatisierungstechnik ausgestattet, um den Transfer von Know-how aus Deutschland nachhaltig zu sichern und weitere Studenten an dieser Technik ausbilden zu können. Mittlerweile arbeitet das Fernüberwachungssystem am Issyk-Kul-See im dritten Jahr. Die notwendige Netzabdeckung sowie die Kompatibilität zum kirgisischen Internet sind vorhanden. Um eine zuverlässige Aussage über die Eignung dieser Technologie für Kirgistan treffen zu können, wurde eine Analyse des Langzeitbetriebs hinsichtlich seiner Stabilität sowie der erzielten Verbesserungen auf der Kläranlage am Issyk-Kul-See durchgeführt.

## ABSTRACT

Nach zweijährigem Betrieb eines Fernüberwachungssystems für die Kläranlage Tolkun am Issyk-Kul-See können zuverlässige Aussagen über die Eignung dieser Technologie für Kirgistan getroffen werden. Dieser Bericht beschreibt die Funktionsweise moderner Fernüberwachungssysteme sowie die Erfahrungen mit dieser Technologie in Kirgistan. Des Weiteren wird anhand der aufgezeichneten Daten die Eignung des Systems bewertet und die erzielten Verbesserungen an der Betriebsweise der Anlage beschrieben.

## PROJEKTLEITUNG

Prof. Dr. Michael Bongards  
Fakultät für Informatik und  
Ingenieurwissenschaften  
Institut für Automation & Industrial IT  
michael.bongards@fh-koeln.de

## PROJEKTBETEILIGTE:

Dipl.-Ing. Peter Kern, M.Sc.

## Grundlegende Prinzipien des Kuhse-Fernsteuerungssystems

Das installierte Kuhse-Fernsteuerungssystem entspricht dem typischen Aufbau von modernen Fernsteuerungssystemen und besteht aus einem Hauptserver, Unterstationen sowie Clients zur Visualisierung der Anlage und der Steuerung<sup>1</sup>. Während die Clients immer über das Internet angeschlossen werden, kann die Nebenstelle auch über die Telefonleitung angeschlossen werden. Während des Normalbetriebs werden Daten in regelmäßigen Abständen von den Nebenstellen zum Zentralserver geschickt, wo die

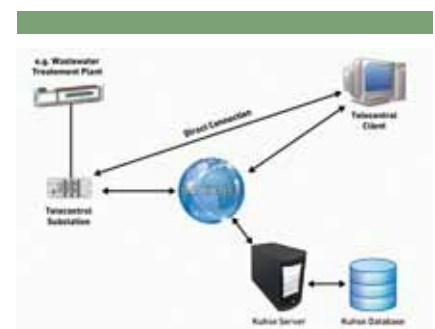


Abb. 1: Kuhse-Telecontrol-System

<sup>1</sup> Verteiltes Überwachungssystem für dezentrale Infrastrukturkomponenten in Kirgistan (VIP)

Daten archiviert werden. Die Datensicherheit ist durch die Verwendung verschlüsselter Protokolle gewährleistet. Die Datenspeicherung erfolgt auf dem Kuhse Hauptserver. Die Clients können dabei sowohl auf aktuelle Prozessdaten als auch historische Daten zurückgreifen. Zusätzlich stehen Alarmsysteme zur Verfügung, die kritische Prozesszustände ermitteln und anzeigen.

### Installation am Issyk-Kul-See

Für die Installation des Fernüberwachungssystems im Rahmen des VIP-Forschungsprojekts wurde eine Kompaktkläranlage mit 500 Einwohnergleichwerten am Issyk-Kul-See ausgewählt. Sie wurde 2005 durch BIOR errichtet, um das Abwasser eines Hotels in Tolkun zu behandeln. Da Tolkun etwa 250 Kilometer von Bishkek entfernt liegt, musste das Überwachungssystem folgende Anforderungen erfüllen:

- Überwachung des korrekten Betriebsablaufs der Kläranlage,
- Automatische Aufzeichnung der Betriebsdaten,
- Unterstützung des Personals im Störfall
- Alarmierung des Personals im Falle von kritischen Prozesszuständen

Zu diesem Zweck wurde das Fernsteuersystem an den PLC (Programmable Logic Controller) der Anlage angeschlossen und zeichnet seitdem alle relevante Daten, wie etwa das Füllniveau, die Sauerstoffkonzentration oder die Stellgrößen der Frequenzumrichter auf. Zusätzlich wurden alle Ereignisse, wie der Anfang der Nitrifizierungsphase oder die Schaltung der relevanten Ventile, in einer Protokolldatei gespeichert.

### Betriebsverhalten der Kläranlage in Tolkun

Nach fast dreijähriger Laufzeit am Issyk-Kul-See wurden zwei Aspekte ausgewertet: Die langfristige Stabilität des Fernüberwachungssystems und folglich deren Eignung für eine Anwendung in Kirgistan sowie der Betrieb der Anlage seit der Installation des Fernüberwachungssystems. Beide Fragestellungen werden anhand der gesammelten Anlagenwerte analysiert. Da die Kläranlage in Tolkun nur während der Öffnungszeiten des Hotels, in der Sommerzeit, betrieben wird, wurde für eine vollständige Datenanalyse der Zeitraum vom 11. Juni bis zum 27. September 2008 ausgewählt. Zur Beurteilung eines stabilen Systembetriebs werden Datenlücken in den Messwerten herangezogen. Das System ist in der Lage, Daten über einen Zeitraum von 24 Stunden ohne Zugang zu einem Mobilfunknetz zu speichern. Aus diesem Grund belegen Datenlücken, die während dieser 24 Stunden auftreten, dass Störungen in Form von Messfehlern, Stromausfällen oder Betriebsfehlern aufgetreten sind. Die Erfahrungen der letzten Jahre lassen darauf schließen, dass in der Regel Stromausfälle oder Instandhaltungsarbeiten des Betreibers als Ursache solcher Datenlücken anzusehen sind. Aus Gründen der leichten Verständlichkeit und der hohen Dynamik im Sauerstoff-Niveau werden die Monate einzeln betrachtet. Abb. 2 zeigt die  $O_2$ -Konzentrationen im Juli 2008. Datenlücken sind anhand eines Abfalls der  $O_2$ -Konzentration auf Null erkennbar. Das Diagramm macht deutlich, dass diese Datenlücken relativ häufig auftreten. Dabei sind jedoch keine Auswirkungen auf

den sicheren Anlagenbetrieb zu erkennen. Aufgrund der bereits erwähnten Fähigkeit des Systems, Daten zu speichern, kann davon ausgegangen werden, dass diese Abstände durch kurze Stromausfälle oder Instandhaltungsarbeiten des lokalen Betreibers verursacht werden. Zur Prüfung dieser Annahme, wird die Datenlücke am 11. Juli im Detail analysiert (vgl. Abb. 3). Hierbei sind insbesondere die Füllniveaus zu den verschiedenen Zeitpunkten von Interesse. Abb. 3 zeigt, dass die Datenaufzeichnung um 7 Uhr abbrach und um 11 Uhr weiterlief. Ab diesem Zeitpunkt begannen beide Reaktoren mit einem Füllniveau von 10 oder 20 Prozent. Dies bedeutet, dass die komplette Anlage den Betrieb um 11 Uhr wieder aufnahm. Somit kann ausgeschlossen werden, dass diese Datenlücke durch das Fernüberwachungssystem verursacht wurde. Die  $O_2$ -Konzentrationen im August 2008 werden in Abb. 4 gezeigt. Im August lief der Betrieb mit deutlich weniger Unterbrechungen als im Juli. So können für den Monat August nur zwei kurze Datenlücken identifiziert werden. Man kann also sagen, dass die Anlage praktisch ohne Unterbrechungen lief. Betrachtet man die Werte der  $O_2$ -Konzentrationen, fällt ins Auge, dass die Werte am Monatsende ansteigen. Vor allem die Konzentrationen im Bioreaktor 1 steigen bis auf 10 mg/l Sauerstoff. Die Tatsache, dass der Bioreaktor 2 die gleiche Tendenz aufweist zeigt, dass es sich hierbei nicht nur um eine Drift der Sensoren, sondern auch einen realen Effekt handelt. Die gemessenen September-Werte zeigen, dass der Effekt dort sogar noch deutlicher auftritt. Die Sauerstoffkonzentrationen des Bioreaktors 2 erreichen hierbei überwie-

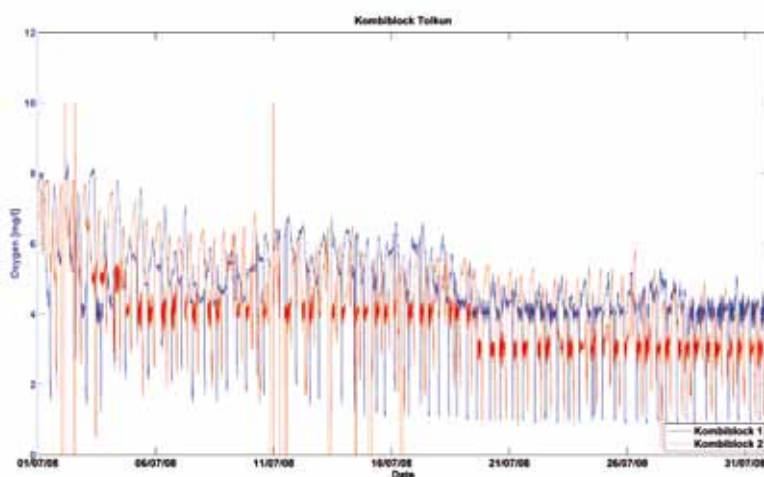


Abb. 2:  $O_2$ -Konzentrationen – Juli 2008

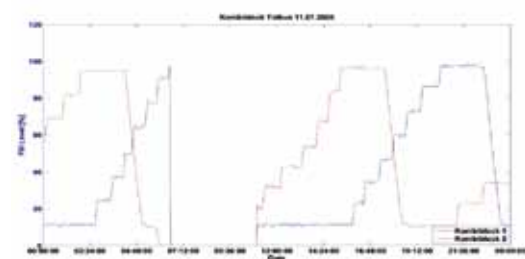


Abb. 3: Füllniveaus - Juli 2008



gend das obere Limit der Sauerstoffsonden (Abb. 5). Der Anstieg des Sauerstoffniveaus ist zu erklären, wenn man die Oszillationen des Sauerstofflevels betrachtet. Dabei entspricht jede dieser Bewegungen einem Füll-Zyklus des Bioreaktors, also dem Zeitraum, in dem er mit Abwasser befüllt und gleichzeitig Sauerstoff hinzugegeben wird. Daraus folgt, dass eine hohe Frequenz einer hohen Zahl an Füll-Zyklen entspricht und somit eine hohe Auslastung des Reaktors darstellt. Die Ursache für den Anstieg in den Sauerstoffniveaus liegt in den technischen Eigenschaften der Kompressoren begründet. Diese können nur in einem festgelegten Leistungsbereich arbeiten ohne Schaden zu nehmen. Sinkt die biologische Last des Abwassers unter ein bestimmtes Level und arbeiten die Kompressoren bereits mit der Minimaldrehzahl, so ist es möglich, dass trotzdem zu viel Luft in die Reaktoren gepumpt wird, was zu den beobachteten hohen Sauerstoffkonzentrationen führt. Mit hoher Wahrscheinlichkeit kommt zu diesem Effekt noch eine Drift der Sensoren hinzu, sodass von einer Kombination zweier Effekte ausgegangen werden kann.

## Resultate

Während der vergangenen zwei Jahre konnte gezeigt werden, dass das Fernüberwachungssystem für die Kläranlage am Issyk-Kul-See sehr zuverlässig arbeitet. Es wurden über die gesamte Betriebszeit Daten gesammelt. Datenlücken traten nur kurzzeitig auf und konnten jeweils auf externe Ursachen zurückgeführt werden. Somit kann festgehalten werden, dass diese Technologie gut für den Betrieb in Kirgistan geeignet ist. Die Befürchtung, dass die Unterstationen unter instabiler elektrischer Versorgung oder elektrischen Spitzen leiden könnten, wurde nicht bestätigt. Die Anlage selbst arbeitet ebenfalls gut. Seit der Inbetriebnahme lief die Anlage bis zum Ende des Betriebszeitraums im September ununterbrochen. Probleme mit dem PLC, die in früheren Zeiten auftraten, konnten effektiv vermieden werden.

## Ausblick

Die gesammelten Daten zeigen noch Optimierungspotenzial für die Anlage. Besonders in Zeiten, in denen die Anlage nur geringe Abwasserlasten zu bearbeiten hat, steigt das

Sauerstoffniveau unnötig hoch. Dies führt zu einer Erhöhung des Stromverbrauchs. So müssen die Sauerstoffsensoren grundsätzlich überprüft und bei Bedarf erneuert werden. Um diesen Effekt zu vermeiden, wäre es möglich, die Kompressoren auszutauschen oder die Steuerstrategie zu ändern. Hier gäbe es etwa die Möglichkeit eines intermittierenden Betriebs. Aufgrund des Erfolgs des VIP-Forschungsprojektes wurde ein weiteres Projekt in Kirgistan begonnen. Im Rahmen des neuen Forschungsprojektes wird eine Kläranlage entwickelt und gebaut, welche optimal auf die Bedürfnisse in Kirgistan zugeschnitten ist. Ziel ist es, dass möglichst viele Teile der Anlage in Kirgistan selbst gefertigt werden können, so dass – auch ohne finanzielle Förderung aus Deutschland – weitere Anlagen gebaut werden können. So werden etwa viele Komponenten aus Beton vor Ort gefertigt oder störanfällige Messtechnik durch geeignete Überwachungs- und Automatisierungstechnik ersetzt.

*Michael Bongards*

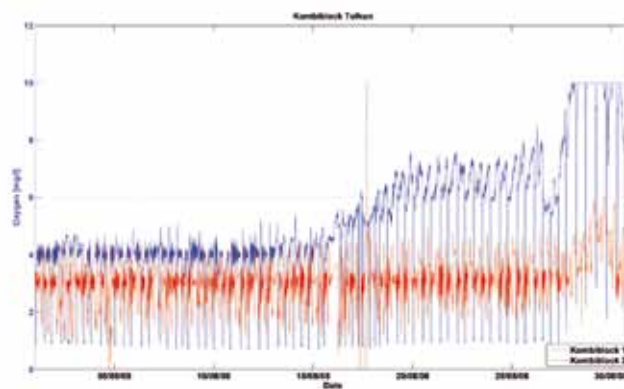


Abb. 4: O<sub>2</sub> Konzentrationen – August 2008

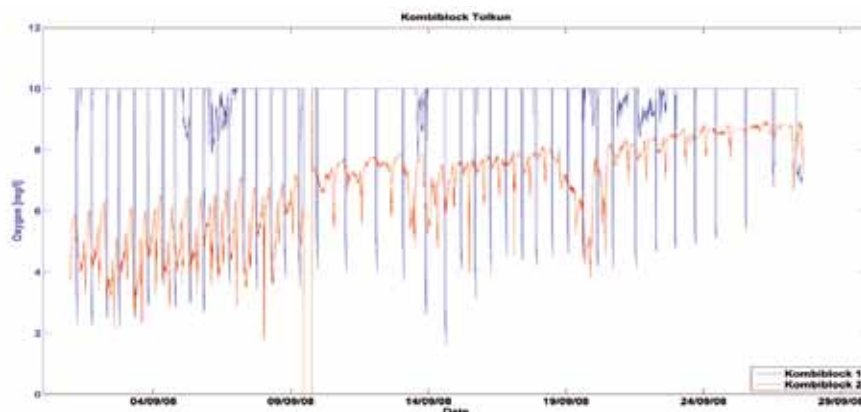


Abb. 5: O<sub>2</sub> Konzentrationen – September 2008

# Entwicklung eines allgemein nutzbaren Simulationsmodells für Membranbelebungsanlagen

Membrankläranlagen sind eine attraktive Alternative zu herkömmlichen Belebungsanlagen, da sie eine bessere Reinigungsleistung erreichen und deutlich weniger Platz benötigen. Der Markterfolg dieser Anlagen wird allerdings durch vergleichsweise hohe Betriebskosten eingeschränkt, da ihr Betrieb – im Vergleich zur herkömmlichen Technik – fast die doppelte Menge an elektrischer Energie erfordert. Hierbei stellt die Filtration des Abwassers mit Hilfe der Membranen den entscheidenden Prozess in Bezug auf Energieverbrauch und Effektivität dar. Im Rahmen des Forschungsprojekts „Entwicklung eines allgemein nutzbaren Automatisierungssystems für Membranbelebungsanlagen“ (EnAM) wurde ein Simulationsmodell für Membranbelebungsanlagen entwickelt. Der Betrieb solcher Anlagen kann mit Hilfe der Simulation deutlich verbessert und die Betriebskosten können dabei reduziert werden. So lassen sich die unterschiedlichen Betriebsparameter in der Computersimulation schneller und ohne Gefährdung der realen Anlage testen und optimieren. Auch der Einfluss unterschiedlicher Fahrweisen auf Durchsatz und Reinigungsleistung der Anlage ist per Simulation

oft klarer zu identifizieren als im praktischen Versuch. Die Abbildung der Membranstufe, mit ihren komplexen Abläufen stellt dabei einen wesentlichen Teil des Simulationsmodells dar. Für die Erprobungsphase wurde die Membrankläranlage Seelscheid ausgewählt, die durch das kommunale Wasserver- und entsorgungsunternehmen Aggerverband betrieben wird. Die Messdaten von Seelscheid dienten dabei als Basis für Kalibrierung und Validierung des Simulationsmodells.

## Simulationsmodell

Die Umsetzung des Simulationsmodells erfolgte mit Hilfe der Software Matlab/Simulink sowie mit der speziell für die Kläranlagensimulation entwickelten Erweiterung Simba des Instituts für Automation und Kommunikation e.V. Magdeburg (ifak). Das Kläranlagenmodell beschreibt die Prozesse vom Ablauf der Vorklärung bis einschließlich der Membranstufe. Dabei ist es grob in drei Abschnitte aufzuteilen: Der erste Abschnitt umfasst die Hauptbiologie, der zweite die Biologie im Membranbecken und der dritte Abschnitt die eigentliche Membranstufe. Abb. 1 bietet einen Überblick über die Mo-

## ABSTRACT

Im Rahmen des Forschungsprojekts „Entwicklung eines allgemein nutzbaren Automatisierungssystems für Membranbelebungsanlagen“ (EnAM) wird ein neuartiges Simulationsmodell für Membranbelebungsanlagen entwickelt. Auf Basis dieses dynamischen Simulationsmodells kann der Betrieb optimiert und somit die Effizienz der Anlage gesteigert werden. Das Simulationsmodell wurde erfolgreich für die Membrankläranlage Seelscheid kalibriert und liefert bei der Validierung eine gute Übereinstimmung zwischen dem realen und simulierten Anlagenverhalten.

## PROJEKTLEITUNG

Prof. Dr. Michael Bongards  
Fakultät für Informatik und  
Ingenieurwissenschaften  
Institut für Automation & Industrial IT  
michael.bongards@fh-koeln.de

## PROJEKTBETEILIGTE

Dipl.-Ing. Peter Kern, M.Sc.  
Dipl.-Ing. Thomas Ludwig  
Daniel Gaida, M.Sc.  
Dipl.-Biol. Nicole Ley

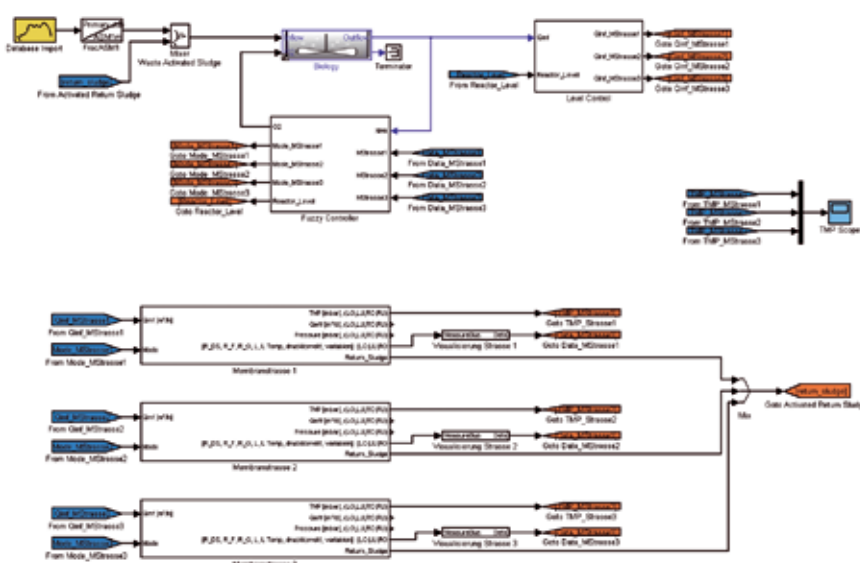


Abb. 1: Modellaufbau der Membrankläranlage Seelscheid



dellstruktur der Membrankläranlage Seel-scheid. Die Membranstufe besteht aus drei Membranstrassen, welche wiederum in die vier Membraneinheiten oben, unten, links und rechts eingeteilt sind. Die drei Membranbecken besitzen insgesamt ein Volumen von 800m<sup>3</sup> in denen jeweils 13 Plattenmembranpakete (Typ EK 400) der Firma Kubota installiert sind. Somit besitzt die Membrankläranlage eine Membranfläche von 12.480m<sup>2</sup> und ist für eine Kapazität von 11.000 Einwohnern ausgelegt.

Während des Projekts wurde die Membranstufe mit wissenschaftlicher Unterstützung des Projektpartners Institut für Siedlungswasserwirtschaft (ISA) der RWTH Aachen vollständig selbst entwickelt, da sie nicht in Simba integriert ist und ein „white-box“-Modell bevorzugt wurde. Dabei simuliert das Modell der Membranstufe die dynamische Entwicklung der Permeabilität der Membran in Abhängigkeit von den gemessenen Prozessgrößen, wie etwa TS-Gehalt und Durchfluss. Aufgrund der Permeabilitätsberechnung wird der Transmembrandruck (TMP) bestimmt, welcher notwendig ist, um den Permeatvolumenstrom zu erzeugen.

Bei der Entwicklung des allgemeinen Simulationsmodells wurden insbesondere folgende Aufgaben gelöst:

- Identifizierung der Prozessabläufe einer Membrankläranlage durch Installation geeigneter Messtechnik sowie Aufzeichnung und nachfolgende Analyse der Messwerte

- Allgemeine, mathematische Formulierung der ermittelten Zusammenhänge zwischen den Prozessgrößen
- Umsetzung der mathematischen Formulierung in ein Simulationsmodell
- Kalibrierung der Parameter des Simulationsmodells
- Validierung des Simulationsmodells

Um die nichtlinearen, dynamischen Zusammenhänge zwischen den Prozessgrößen an der Membran darzustellen, sind umfangreiche mathematische Berechnungen notwendig, wodurch ein komplexes Simulationsmodell entstanden ist. So basiert die im Folgenden beschriebene Formel auf einer Vielzahl weiterer Berechnungen, wie etwa dem Zeitpunkt der chemischen Reinigung oder der Crossflow-Belüftung während der Relaxationszeiten. Die mathematische Formulierung des Permeatvolumenstroms pro Einheit Membranfläche, welcher auch als Permeatflux bezeichnet wird, verwendet als Basis das „Widerstand in Reihe“-Gesetz von Darcy.

$$F(t) = \frac{\Delta p_{TM}(t)}{(R_M + R_{DS}(t) + R_F(t)) \cdot \eta(T(t))}$$

|                    |                            |                                        |
|--------------------|----------------------------|----------------------------------------|
| $\Delta p_{TM}(t)$ | Transmembrandruck          | bar                                    |
| $\eta(T(t))$       | Dynamische Viskosität      | kg · m <sup>-1</sup> · s <sup>-1</sup> |
| $F(t)$             | Permeatflux                | l · m <sup>-2</sup> · h <sup>-1</sup>  |
| $R_{DS}(t)$        | Widerstand der Deckschicht | l · m <sup>-2</sup> · h <sup>-1</sup>  |
| $R_M$              | Intrinsischer Widerstand   | m <sup>-1</sup>                        |
| $R_F(t)$           | Fouling Widerstand         | m <sup>-1</sup>                        |
| $T(t)$             | Temperatur                 | °C                                     |

Dieses Gesetz beschreibt den Permeatflux anhand des Transmembrandrucks in Abhängigkeit vom gesamten Widerstand an der Membran und der dynamischen Viskosität. Als die entscheidenden Einflussgrößen auf das „Widerstand in Reihe“-Gesetz, werden im Simulationsmodell die Parameter Trockensubstanz in der Membranstufe, Temperatur, Alter der Membran, Crossflow Belüftung während der Relaxationszeiten, Wasserpegel der Straße, Zeitpunkte der chemischen Reinigungen, Länge der Filtrations- und Relaxationszeiten angewendet. Hinzu kommt eine Reihe weiterer indirekter Parameter, die ihrerseits Einfluss auf die genannten Größen nehmen. Herauszustellen ist hierbei die Trockensubstanz (TS), die in der Membranstufe einen wesentlichen Einfluss auf den Deckschichtwiderstand und damit auf die Entwicklung des Filtrationsprozesses der Membrankläranlage hat. Der Vorteil dieser mathematischen Beschreibung durch die einzelnen Widerstände liegt in der Anpassungsfähigkeit. So können neu entdeckte Effekte an der Membran nachträglich hinzugefügt werden. Auch eine Übertragung des Modells auf weitere Anlagen wird durch diese mathematische Beschreibung erleichtert, da sich etwa ein anlagenspezifischer Widerstand problemlos einfügen lässt.

### Modellkalibrierung

Grundsätzlich ist das Simulationsmodell so ausgelegt, dass es verschiedene Membrankläranlagen abbilden kann. Eine spezifische

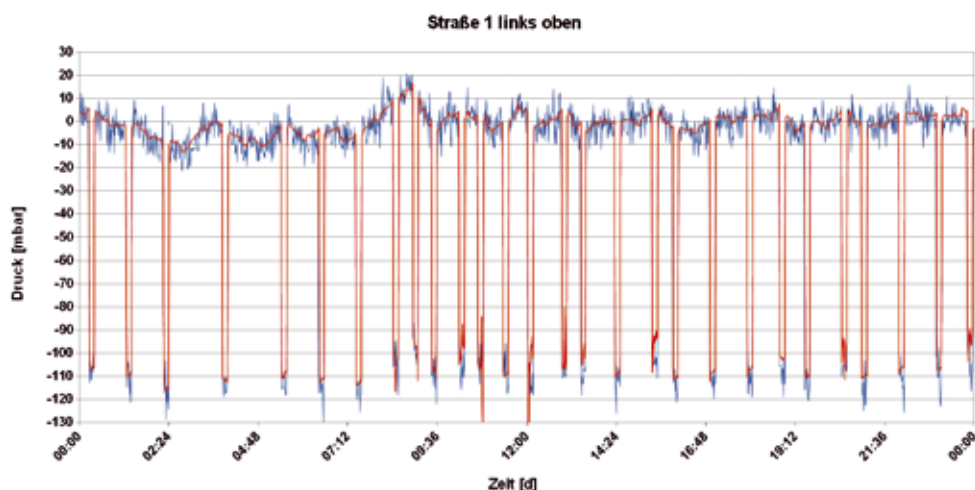


Abb. 2: Vergleich gemessener und simulierter Druck Straße 1, links oben für die Daten vom 19.03.2009

Anpassung auf die einzelne Anlage ist dabei unumgänglich. Dies geschieht anhand einer Kalibrierung mit echten Messwerten der Anlage. Die praktische Erprobung im Rahmen des EnAM-Projekts wurde anhand von Messdaten der Membrankläranlage Seelscheid durchgeführt. Bei der Kalibrierung wird mit einer Optimierungsmethode gearbeitet, die den Fehler zwischen den gemessenen und den simulierten Größen minimiert. Abb. 3 zeigt Ergebnisse von Straße 1, Membraneinheit links oben. Hierbei wird der simulierte Druckverlauf rot angezeigt, der gemessene Druck ist blau dargestellt. Zur Kalibrierung werden die Parameter der Membranstufe für einen bestimmten Zeitraum optimiert und im Anschluss wird der gleiche Zeitraum simuliert. Anhand der Übereinstimmung der beiden Kurven ist zu erkennen, dass das Simulationsmodell – nach erfolgter Kalibrierung – das dynamische Verhalten der Membranstufe gut nachbildet.

### Validierung

Ergänzend zur Kalibrierung wird bei der Validierung getestet, ob das Modell in der Lage ist Zeiträume zu simulieren, welche nicht zur Kalibrierung genutzt wurden. Zur Veranschaulichung wird in Abb. 3 der Druckvergleich für Straße 3, Membraneinheit rechts oben gezeigt. Auch hierbei ist erkennbar, dass das

kalibrierte Modell die Druckverläufe gut nachbildet. Die Simulationen der anderen Straßen zeigen qualitativ vergleichbare Ergebnisse.

### Fazit und Ausblick

Ein wesentliches Ziel des Projekts, ein allgemein anwendbares Simulationsmodell für Membrankläranlagen zu entwickeln, konnte wirksam umgesetzt werden. Hervorzuheben ist hierbei die Darstellung der komplexen Abläufe an der Membran, die einen großen Entwicklungsaufwand benötigten. Das Simulationsmodell wurde erfolgreich für die Membrankläranlage Seelscheid kalibriert und liefert auch bei der Validierung gute Ergebnisse. Im weiteren Verlauf des Projekts wird die Simulation verfeinert. Zusätzlich wird auf Basis des mathematischen Modells eine allgemeine Simulations- und Trainingssoftware für Membrankläranlagen entwickelt, die Schulungszwecken dienen soll. Das Projekt EnAM wird gemeinsam mit den Partnern Aggerverband, ATM Abwassertechnik, Fachhochschule (FH) Köln Institut für Anlagen- und Verfahrenstechnik, Klapp + Müller sowie der RWTH-Aachen Institut für Siedlungswasserwirtschaft durchgeführt. Für die finanzielle Unterstützung danken wir dem Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz NRW (MUNLV).

*Michael Bongards*



Abb. 3: Vergleich gemessener zu simuliertem Druck Straße 3, rechts oben für die Daten vom 22.05.2009



# visualDependencies for Databases – Visualisierung der Abhängigkeiten von Datenbankobjekten

**E**in nicht unbedeutender Teil der heutzutage zu speichernden Daten sind neben semistrukturierten Systemen wie Webanwendungen, Katalogen, Portalen oder Blogs auch nach wie vor in relationalen Datenbanken gespeichert. Erstaunlicherweise existiert nach Recherche der Autoren bisher kein visuelles Werkzeug, das verschiedenartige Beziehungen zwischen relationalen Tabellen, Views und Datenbanktriggern visualisiert. Aufgrund dieser Tatsache entstand die Idee zum Programm visualDependencies for Databases, das als Open Source-Projekt unter <http://drop.io/visualDependencies> als Download für Windows, Mac OS X und Linux zu finden ist. Es gibt zwar eine Reihe von visuellen Werkzeugen für Datenbanksysteme oder Anwendungen, die einige grafische Zusatzfunktionen anbieten. Nahezu alle beschränken sich dabei auf die Darstellung der Fremdschlüsselbeziehungen und zielen daher auf die referentielle Integrität. Für die Entwicklung eines Datenbankmodells und auch für das Verständnis des Modells ist eine solche Darstellung oft hilfreich und deshalb auch sehr sinnvoll. Hingegen verschafft es dem Datenbankadministrator oder einem interessierten Anwender nicht die gewünschte Transparenz, um die komplexen, wechselseitigen Abhängigkeiten der Views und Tabellen nachvollziehen zu können. visualDependencies for Databases wurde im Rahmen einer Diplomarbeit von Andre Kasper und Jan Philipp an der Fachhochschule (FH) Köln in Zusammenarbeit mit der Universität Bonn entwickelt und stellt die Abhängigkeiten von Objekten einer Datenbank transparent für den Anwender dar. Datenänderungen können nicht vorgenommen werden. Die Tabellen, Trigger und Views werden dazu zunächst analysiert und anschließend mittels Graphen visualisiert. Die Anwendung stellt dabei vier Funktionalitäten zur Verfügung: Verbindungsübersicht, View-Hierarchie, Trigger und Fremdschlüsselbeziehungen. Die Verbindungsübersicht zeigt alle angelegten Datenbankverbindungen an. Weiterhin werden die Views, die jeweils Abhängigkeiten zu anderen Tabellen und Views besitzen, in einem Graphen dargestellt. Die vorhandenen Trigger eines Datenbanksche-

mas und die eventuellen Abhängigkeiten werden ebenfalls gesondert dargestellt. Als vierte Funktionalität werden die Tabellenabhängigkeiten in einem einfachen Entity-Relationship-Diagramm veranschaulicht. visualDependencies unterstützt zunächst nur Oracle 9i/10g/11g-Datenbanken, ist aber grundsätzlich herstellerunabhängig implementiert und besitzt schon eine experimentelle MySQL-Schnittstelle. Der OR-Wrapper Hibernate mit einer HSQL-Datenbank speichert die analysierten Verbindungsobjekte. Die Benutzerschnittstelle wurde mit Java unter der Entwicklungsumgebung Eclipse realisiert. Beim Starten von visualDependencies wird die Verbindungsübersicht direkt geöffnet und zeigt dem Benutzer einen Willkommensbildschirm, der eine Übersicht über die Funktionalitäten der Anwendung gewährt. Die Verbindungsübersicht besteht aus zwei verschiedenen Bereichen. Im linken Bereich werden die bereits angelegten Datenbankverbindungen angezeigt. Neue Verbindungen können direkt über einen modalen Dialog erstellt werden. Die einzelnen Verbindungen können zu einer Baumansicht ausgeklappt werden. Die Verbindungsansicht dient zur Übersicht über die Tabellen, Views und Trigger eines Schemas und gewährt dem Benutzer einen ersten Überblick über die in der Datenbank enthaltenen Objekte. Zur Optimierung der Abfrageperformance und des Datenaufkommens in einem DBMS dienen zwischengespeicherte Sichten für oft angeforderte Anfragen. Diese Sichten erreichen oft einen hohen Grad der Komplexität, da sie auch in einer View-Hierarchie oder sogar rekursiv aufeinander aufbauen können. Um die Visualisierung von Views geht es in der zweiten grafischen Ansicht, in der Views und Tabellen angezeigt werden, die Abhängigkeiten zu anderen Tabellen oder Views in der Datenbank besitzen. Dabei werden diese Abhängigkeiten weiter differenziert. Positive Abhängigkeiten sind solche, in welchen der WHERE-Bedingungsteil der SELECT-Anfrage eine Enthaltungsmenge durch Operatoren wie „=“ oder „LIKE“ spezifiziert. Neutrale SELECT-Anweisungen ohne WHERE-Bedingung sind immer positiv. Negative Abhängigkeiten sind sol-

## ABSTRACT

Viele der heutzutage zu speichernden Daten sind neben semistrukturierten Systemen wie Webanwendungen, Katalogen, Portalen oder Blogs auch in relationalen Datenbanken gespeichert. Bisher existiert aber kein visuelles Werkzeug, das verschiedenartige Beziehungen zwischen relationalen Tabellen, Views und Datenbanktriggern visualisiert. Aufgrund dieser Tatsache entstand die Idee für das Programm visualDependencies for Databases, das als Open Source-Projekt unter <http://drop.io/visualDependencies> als Download für Windows, Mac OS X und Linux zu finden ist. In Kooperation mit der Universität Bonn wurde eine Java-Anwendung entwickelt, um die komplexen Abhängigkeiten der Objekte in einer Datenbank zu analysieren und grafisch darzustellen.

## PROJEKTLEITUNG:

Prof. Dr. Heide Faeskorn-Woyke  
Fakultät für Informatik und  
Ingenieurwissenschaften  
Institut für Informatik  
[heide.faeskorn-woyke@fh.koeln.de](mailto:heide.faeskorn-woyke@fh.koeln.de)  
Dr. Andreas Behrend, Uni Bonn  
[behrend@cs.uni-bonn.de](mailto:behrend@cs.uni-bonn.de)

## PROJEKTBETEILIGTE:

Andre Kasper  
Jan Philipp

che, in welchen der WHERE-Bedingungsteil explizit Daten ausschließt mittels einem NOT EXISTS verbunden mit einem Subselect oder einem MINUS. Die Farben der Kanten im Graphen sind farblich durch den Kontext ihrer Abhängigkeit bestimmt. Während grüne Kanten positive Abhängigkeiten repräsentieren, sind negative Abhängigkeiten durch rote Kanten hervorgehoben. Die Kantenobjekte zeigen in einer kleinen Box die genauen Details der Abhängigkeit, wenn der Mauszeiger über sie gehalten wird. Um der steigenden Komplexität der Datenbanken gerecht zu werden, helfen oft automatische, interne Aufträge (Trigger) im Datenbanksystem. Die Trigger definieren ein Stück Programmcode und führen ihn zu einem bestimmten Zeitpunkt und unter einer bestimmten Bedingung aus. Der Zweck eines Triggers ist es, die Datenintegrität aufrecht zu erhalten oder in Verknüpfung mit materialisierten Views für konsistente Daten zu sorgen. Allerdings ist es nicht so ohne weiteres ersichtlich, ob die Ausführung eines Triggers erfolgreich sein kann, wenn dadurch weitere Trigger angestoßen wer-

den. Erst zur Laufzeit, also nach dem statischen Analysieren und gegebenenfalls auch Parsen des Triggers, kann ein Fehler auftreten. Damit stößt man jedoch schnell an die Grenzen des Machbaren. Dies ist auch ein Grund, warum beispielsweise Oracle trotz der beschriebenen Problematik anstandslos das Anlegen von Triggern akzeptiert, was zu rekursiven Abläufen führen oder das Mutating Table-Problemauslösen kann. In der dritten Ansicht werden die vorhandenen Trigger der Datenbank analysiert, die auf den Tabellen liegen. Mit dieser Funktionalität wird sowohl eine Übersicht der zu einer Tabelle verfügbaren Trigger erzeugt als auch die Beziehungen der Triggern untereinander visualisiert. Dabei werden durch die Abhängigkeiten die impliziten potenziellen Aufrufe anderer Trigger sichtbar gemacht. Die Informationen über zyklische, rekursive Abfolgen oder eines möglichen Triggers mit Mutating-Table-Problem werden im Graphen dargestellt. Die Triggerobjekte und die Verbindungen, auch Kanten genannt, werden in dieser Darstellung grün angezeigt, solange es zu diesem Objekt keine besonde-

re Auffälligkeiten gibt. Ein Trigger, der ein Mutating-Table-Problem hervorrufen kann, wird in der Ansicht orange dargestellt und es gibt einen Hinweistext in diesem Objekt. Weiterhin wird eine rote Kante von diesem Trigger auf sich selbst angezeigt. Die zweite Auffälligkeit, die gesondert dargestellt wird, ist die Rekursion unter den Triggern. Die Farbe der Triggerobjekte ist Rot und ebenfalls die rekursiven Kanten, die diese Trigger verbinden. Das Entity-Relationship-Diagramms in Form von Fremdschlüsselbeziehungen ist die vierte und letzte Funktionalität von visualDependencies. Im Gegensatz zu anderen Produkten beschränkt sich die Anzeige jedoch auf die lose Darstellung der Abhängigkeiten ohne weitere Details wie Kardinalität oder Art der Assoziation. Einzig und allein die Richtung der Abhängigkeit wird dargestellt, weshalb die Visualisierung auch durch einen Graphen realisiert wird. Mit diesen Funktionalitäten wurde ein hilfreiches Werkzeug bei der visuellen Betrachtung und Untersuchung von Datenbankschemata erstellt. Es gibt noch zahlreiche weitere Ideen, um die Darstellung zu verbessern oder weitere Funktionalitäten aufzunehmen. So wäre eine andere visuelle Darstellungsmöglichkeit, eventuell auch dreidimensional, denkbar, die die Tabellen mehr in das Zentrum der Betrachtung zu stellt. Dabei würden alle drei Ansichten der Anwendung – Views, Trigger und das ERD mit Fremdschlüsseln – vereinigt und bei Bedarf im Graphen jeweils zu den Tabellenobjekten auf unterschiedliche Weise angezeigt. Für eine geeignete Darstellung der Knoten und Kanten eines Graphen sind weitere Alternativlayouts möglich. Insbesondere die Problematik der sich überschneidenden Kanten kann durch effizientere Algorithmen gelöst werden. Bei der Visualisierung der Abhängigkeiten in einer Datenbank gibt es weitere, für diese Anwendung interessante Objekte: Integritätsbedingungen, Assertions, Funktionen, Prozeduren und Typen. Ähnlich wie Trigger enthalten Funktionen und Prozeduren einen SQL-Code, der sowohl vordefinierte als auch dynamisch zusammengesetzte SQL-Anweisungen enthalten kann. Damit ergeben sich weitere direkte oder indirekte Abhängigkeiten auf andere Objekte in der Datenbank. Auch die Aufschlüsselung einer objektrelationalen Typhierarchie kann in Erwägung gezogen werden.

Abb. 1: Abhängigkeiten zwischen Views in Datenbanken



Abb. 2: Abhängigkeiten zwischen Triggern



Abb. 3: Fremdschlüsselbeziehungen in Datenbanken



Heide Faeskorn-Woyke



# XQuery-Trainer als neue E-Learning-Komponente in edb

Neben dem Datenaustausch gewinnt im XML-Umfeld immer mehr die Datenhaltung von XML-Dokumenten selber in Datenbanken an Bedeutung. Doch wie können Abfragen auf XML-Dokumenten effizient durchgeführt werden? XPATH und XSLT bieten hier nur sehr beschränkte Möglichkeiten. Die Abfragesprache XQuery schließt diese Lücke und wird als Nachfolge- oder Schwestersprache von SQL gehandelt. An Stelle einer SELECT-Abfrage wird ein FLOWR-Ausdruck auf ein XML-Dokument angewendet, wobei sich F = for, L = let, O = order By, W = where und R = return sicher nicht zufällig ähnlich einer SELECT-Anweisung liest. Oracle bietet seit der Version 10g eine eingebettete XQuery-Schnittstelle, die im XQuery-Trainer verwendet wird. Aus einem Pool von Anfragen wird eine zufällige Frage ausgewählt, die der Benutzer in XQuery beantworten soll. Die Syntax wird geprüft und falls korrekt, mit der in der Datenbank gespeicherten Musterlösung verglichen. Der XQuery-Trainer wurde von den Studenten Michael Ipsen, Andre Kasper, Jan Philipp und Norbert Schneider im Rahmen eines Projekts entwickelt und ist Bestandteil des frei verfügbaren E-Learning-DB-Portals edb: <http://edb.gm.fh-koeln.de/> der Fachhochschule Köln am Campus Gummersbach.



Abb. 1: Edb-Wolke für <http://edb.gm.fh-koeln.de/>

## XQUERY, eine Sprache zur Abfrage von XML-Dokumenten

XQuery steht für XML Query Language und wurde 2007 vom W3C-Konsortium als Empfehlung verabschiedet (vgl. Xquery, 2007). XQuery hat eine mit SQL vergleichbare Syntax und benutzt außerdem Sprachelemente von XPath, XMLSchema und XSLT. (vgl. W3C, 2009). Dies gilt vor allem für die FLOWR-Ausdrücke (englisch ausgesprochen wie:

flower). FLOWR ist eine Abkürzung für die Konstrukte for, let, where, order by und return, und kann als Analogie zu den (SELECT, FROM, WHERE)-Konstrukten in SQL betrachtet werden.

```
for $forvar1 at $posvar1 in <Expr>,
    $forvar2 at $posvar2 in <Expr>
let $letvar1 := <Expr>,
    $letvar2 := <Expr> ...
where <BoolExpr>
order by <Expr> ascending/descending
return <Expr>
```

Der Ausdruck <EXPR> ist üblicherweise ein Teil eines XML-Dokuments oder ein komplettes XML-Dokument, der in XQuery-Sprechweise eine Sequenz genannt wird. Im Unterschied zu SQL ist XQuery case-sensitiv. XQuery bildet durch FLOWR eine SEQUENZ oder eine Menge von Sequenzen wieder auf Sequenzen ab (vgl. Lehner et al, 2004). Mit der let-Klausel oder for-Klausel werden Variablen an Werte gebunden. Variablen werden in XQuery mit dem \$-Zeichen ausgezeichnet. Bei der LET-Klausel wird das Ergebnis des Ausdrucks komplett an die Variable gebunden, bei der FOR-Klausel elementweise und das nachfolgende Konstrukt wird für jedes Element einzeln in Form einer Schleife ausgeführt.

```
for $b in doc(»http://bstore1.example.com
/bib.xml«)/bib/book
for $b in (<book1/>, <book2/>)
let $b := (<book1/>, <book2/>)
```

for und let-Klauseln werden also entweder explizit an Variablen gebunden oder durch Verwendung eines XPATH-Ausdrucks (hier: /bib/book) auf einem XML-Dokument, das hier durch die doc-Funktion erzeugt wird. Die where-Klausel dient zur Filterung von Datenströmen. Wird der Ausdruck der aktuellen Variablen mit true ausgewertet, wird die Ausführung der return-Klausel angestoßen. Die Variable wird dabei durch einen XPath-Ausdruck (hier: /publisher und /@year > 1991) eingeschränkt. (vgl. XPath (2007)).

```
where $b/publisher = »Addison-Wesley«
and $b/@year > 1991
```

## ABSTRACT

Neben dem Datenaustausch gewinnt im XML-Umfeld immer mehr die Datenhaltung von XML-Dokumenten selbst in Datenbanken an Bedeutung. Doch wie können Abfragen auf XML-Dokumenten effizient durchgeführt werden? XPATH und XSLT bieten hier nur sehr beschränkte Möglichkeiten. Die Abfragesprache XQuery schließt diese Lücke und wird als Nachfolge- oder Schwestersprache von SQL gehandelt. Im Rahmen eines Projekts entwickelten die Studenten Michael Ipsen, Andre Kasper, Jan Philipp und Norbert Schneider den XQuery-Trainer. Er ist Bestandteil des frei verfügbaren E-Learning-DB-Portals edb: <http://edb.gm.fh-koeln.de/> der Fachhochschule (FH) Köln am Campus Gummersbach.

## PROJEKTLEITUNG:

Prof. Dr. Heide Faeskorn-Woyke  
Fakultät für Informatik und  
Ingenieurwissenschaften  
Institut für Informatik  
[heide.faeskorn-woyke@fh-koeln.de](mailto:heide.faeskorn-woyke@fh-koeln.de)

## PROJEKT BETEILIGTE:

Andre Kasper  
Michael Ipsen  
Jan Philipp  
Norbert Schneider

Die Reihenfolge der Ausgabe eines FLOWR Ausdrucks kann durch die Sortierklausel order-by explizit vorgegeben werden:

order by \$b/title

Zum Schluss gibt die return-Klausel die Schablone an, nach der das Ergebnisdokument konstruiert werden soll. Diese Schablone kann explizite XML-Tags oder XPath-Ausdrücke der Variablen enthalten.

```
for $b in doc(»http://bstore1.example.com/
bib.xml«)//book
```

```
where $b/publisher = »Addison-Wesley«
and $b/@year > 1991
```

```
order by $b/title
```

```
return
```

```
<book>
```

```
{ $b/@year }
```

```
{ $b/title }
```

```
</book>
```

In der Ausgabe werden alle Bücher in Abhängigkeit vom Eingabedokument bib.xml ausgegeben, die vom Verlag Addison-Wesley nach 1991 herausgegeben wurden. Eine Vielzahl von XQuery-Beispielen findet man etwa unter XQuery-Use-cases (2009). Auf der Seite des W3C-Konsortiums findet man unter XQuery (2009) auch Beispiele für Seiten, die XQuery intensiv nutzen, etwa in neuartigen Suchmaschinen.

### XML und XQUERY unter Oracle

Im Oracle Umfeld steht mit Oracle XML DB (vgl. Oracle XML DB, 2009) eine umfangreiche Implementierung des SQL/XML-Standards (vgl. SQLX, 2004) zur Verfügung, die mittels der Funktion XMLQuery (Ausdruck) FLOWR-Ausdrücke gegen Elemente des Typs XMLType auswerten kann. Grundlage ist der objektrelationale Datentyp XMLType, der neben XPATH-Funktionalität auch XQuery-Funktionalität unterstützt und daher zum Ausprobieren dieser neuen XML-Sprache einlädt. Seit Oracle 10g Version 2, also schon seit 2005, ist die XQuery-Funktionalität unter Oracle verfügbar (vgl. Oracle-Xquery, 2005). Die Anwendung ist äußerst einfach: die Funktion XMLQuery wird in eine SELECT-Anweisung eingebunden:

```
SELECT XMLQuery(
```

```
for $b in doc(»http://bstore1.example.com/
bib.xml«)//book
```

```
where $b/publisher = »Addison-Wesley«
and $b/@year > 1991
```

```
order by $b/title
```

```
return
```

```
<book>
```

```
{ $b/@year }
{ $b/title }
</book>‘
RETURNING CONTENT) FROM DUAL;
```

### Funktionsweise des XQUERY-Trainers

Diese XMLQuery-Funktion nutzt der XQuery-Trainer, um das Einüben von FLOWR-Ausdrücken zu erleichtern. Aus einem Pool von vorformulierten Abfragen, die datenbankgestützt verwaltet werden, wird eine zufällige Frage ausgewählt, die im Laufe des Testes in XQuery beantwortet werden muss. Das Programm schickt die Antworten der Benutzer als selbstformulierten FLOWR-Ausdruck zur Ausführung an eine Oracle11g-Datenbank und führt sie dort aus. Falls das Ergebnis der FLOWR-Abfrage syntaktisch korrekt ist und mit dem Ergebnis der return-Klausel der in der Datenbank gespeicherten Musterlösung übereinstimmt, wird die Frage als richtig bewertet. Dies geschieht auch, wenn der FLOWR-Ausdruck nicht mit der Musterlösung übereinstimmt, aber die return-Klausel das gleiche Ergebnis wie return-Klausel der Musterlösung hat. Bei einer semantisch falschen Antwort werden die Ergebnis-Mengen der eigenen Antwort sowie die der Musterlösung zum Vergleich angezeigt werden. So kann der Benutzer schließlich sehen, warum die eigene Anfrage falsch ist oder welche Ergebnisse zu viel oder wenig drin sind. Auch bei einer korrekten Antwort werden beide Ergebnis-Mengen angezeigt. Bei einer syntaktisch falschen Antwort wird eine Fehlermeldung erzeugt.

Die zugehörigen XML-Dokumente (XML im WEB) lassen sich genauso anzeigen wie die Musterlösungen. Eine Aufgabe kann auch abgebrochen werden, und man kann sich am Ende die Statistik – Aufgaben, die schon



Abb. 2: Der XQuery-Trainer ist ONLINE.

gelöst wurden – anzeigen lassen. Außerdem bietet der XQuery-Trainer noch eine XQuery-Sandbox für das Ausprobieren von freien FLOWR-Ausdrücken.

### Edb: ELearning Datenbankportal an der FH Köln, Campus Gummersbach

Der XQuery-Trainer ist Bestandteil von edb, dem ELearning-Datenbank-Portal der Fachhochschule Köln (<http://edb.gm.fh-koeln.de>), Campus Gummersbach. Neben dem XQuery-Trainer bietet edb noch einen ähnlich aufgebauten SQL-Trainer, ein Tool zur Einübung von Normalformen, einen ER-Trainer und MC-Fragen zum Thema Datenbanken und verschiedene Datenbank-Visualisierungswerkzeuge. Edb kann nach einfacher Registrierung kostenfrei genutzt werden. edb wird außer an der FH Köln noch an der FH Düsseldorf, der FH Hannover, der Universität Duisburg Essen, der Universität Bonn und der FH Brandenburg eingesetzt.

Heide Faeskorn-Woyke

### LITERATUR

edb (2009): <http://edb.gm.fh-koeln.de>

Lehner, W.; Schöning, H. (2004): XQuery, Grundlagen und fortgeschrittene Methoden, dpunkt, München

Melton, J.; Eisenberg, A. (2003): Advancements in SQL/XML in <http://www.sigmod.org/sigmod/record/issues/0409/11.JimMelton.pdf>

Oracle XML DB (2009) <http://www.oracle.com/technology/tech/xml/xmlldb/index.html>

Oracle® XML DB Developer's Guide 11g Release 1 (11.1) (2009) [http://download.oracle.com/docs/cd/B28359\\_01/appdev.111/b28369/toc.htm](http://download.oracle.com/docs/cd/B28359_01/appdev.111/b28369/toc.htm)

Oracle-XQuery (2005) [http://www.oracle.com/technology/tech/xml/xquery/pdf/XQuery10gR2v4\\_1.pdf](http://www.oracle.com/technology/tech/xml/xquery/pdf/XQuery10gR2v4_1.pdf)

Oracle-XQuery (2009) <http://www.oracle.com/technology/tech/xml/xquery/index.html>

SQLX (2004) <http://www.sqlx.org/>

SQLXML (2004) <http://sqlxml.org/>

XPath (2007) <http://www.w3.org/TR/xpath20/>

XQuery (2007): <http://www.w3.org/TR/xquery/>

XQuery (2009) <http://www.w3.org/XML/Query/XQuery-Use-cases>

<http://www.w3.org/TR/xquery-use-cases/>



# Virtualisierung von Oracle-Datenbanken, Analyse und Bewertung

Virtualisierungslösungen sind heute ein fester Bestandteil jeder größeren IT Umgebung. Neben den klassischen Bereichen wie Server-, Desktop- und Speichervirtualisierung, besteht steigendes Interesse daran, Oracle-Datenbanken für den produktiven Einsatz mittels Virtualisierungslösungen zu betreiben. Es gibt zu diesem Thema zwar Erfahrungswerte, aber kaum aussagekräftige Vergleiche darüber, wie sich solche Systeme unter hoher Last verhalten. Oracle versucht mit seiner eigenen Virtualisierungslösung Oracle VM im Markt Fuß zu fassen. Der Vorteil gegenüber anderen Lösungen ist darin begründet, dass Oracle im Problemfall kommerziellen Support anbietet. Auch Microsoft versucht mit Hyper-V seine Stellung in diesem Segment zu festigen. Neben den kommerziellen Lösungen gibt es aber noch einen Kandidaten aus dem OpenSource-Bereich, KVM von Qumranet, welche durch RedHat im Sommer 2008 gekauft wurde und Xen als Hypervisor bei RedHat ablösen soll. Dem gegenüber steht der Marktführer VMware mit einer sehr großen Produktpalette. Aber welche der Virtualisierungslösung eignet sich nun am besten für den Einsatz einer Oracle-Datenbank, und wie verhält sich das System bei hoher Last?

Daraus lässt sich folgende These ableiten: Datenbanken, welche virtualisiert werden, verfügen bis zu einer bestimmten Lastgrenze über eine vergleichbare oder sogar bessere Performance als nativ betriebene Datenbanken. Erst ab einer bestimmten Datenbankgröße fällt die Performance gegenüber den nativ betriebenen Datenbanken ab. Um diese These zu belegen, musste eine Vergleichsmöglichkeit zwischen dem nativen und virtuellen Betrieb geschaffen werden. Hierzu wurden zwei Testumgebungen aufgesetzt: Da das Serversystem nicht über einen Prozessor mit VT-x oder SVM Unterstützung verfügt, wurde nur ein Vergleich von VMware Esxi 3.5 und Oracle VM zum nativen System durchgeführt. Das Notebook-System bietet aufgrund der hardware unterstützende (VT-x) die Möglichkeit einen weitergehenden Vergleich mit Hyper-V und KVM durchzuführen. Das Gast-System ist eine 50 GB große VM, als OS wurde ein ORHEL 5 Update 3 32-Bit verwendet. Dabei handelt es sich um eine Standardinstallation, lediglich die Partitionierung wurde wie folgt angepasst: Root Verzeichnis 18 GB, SWAP 2 GB und 30 GB für die Datenbank selbst. Bei dem verwendeten Dateisystem handelt es sich um ext3. Wie auch bei dem OS handelt es sich bei der Datenbank

## ABSTRACT

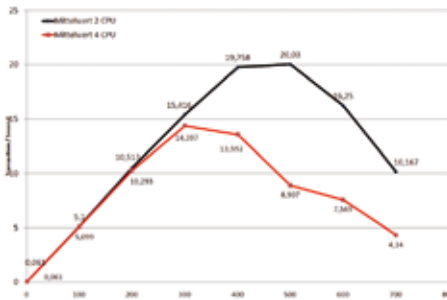
Virtualisierungslösungen sind heute ein fester Bestandteil jeder größeren IT-Umgebung. Neben den klassischen Bereichen wie Server-, Desktop- und Speichervirtualisierung, wächst das Interesse daran, Oracle-Datenbanken für den produktiven Einsatz mittels Virtualisierungslösungen zu betreiben. Es gibt zu diesem Thema zwar Erfahrungswerte, aber kaum aussagekräftige Vergleiche darüber, wie sich solche Systeme unter hoher Last verhalten. Im Rahmen dieser Diplomarbeit sollte geklärt werden, ob virtualisierte Datenbanken bis zu einer bestimmten Lastgrenze über eine vergleichbare oder sogar bessere Performance als nativ betriebene Datenbanken verfügen und erst ab einer bestimmten Datenbankgröße die Performance gegenüber den nativ betriebenen Datenbanken abfällt.

## PROJEKT BETEILIGTE

Diplomarbeit von:  
René Wigbels  
Quest Software Deutschland  
Joannes Ahrends  
Prof. Dr. Heide Faeskorn-Woyke  
Fakultät für Informatik und  
Ingenieurwissenschaften  
Institut für Informatik  
heide.faeskorn-woyke@fh.koeln.de

|              | Server                          | Notebook                                             |
|--------------|---------------------------------|------------------------------------------------------|
| Hersteller   | Supermicro                      | Dell                                                 |
| Model        | X6DHR-8G2                       | Latitude D830                                        |
| CPU          | Xeon 3.2 Ghz mit Hyperthreading | intel Core 2 DUO T7500 mit VT-X                      |
| RAM          | 4 GB                            | 2 GB                                                 |
| Drives / HDD | 2x73 GB + 1x148 SCSI Ultra-320  | 2x73 GB + 1x148 SCSI Ultra-320 160 GB SATA 7, 200RPM |

| Name                     | Weight | Percentages (%) |
|--------------------------|--------|-----------------|
| New Order Transaction    | 45     | 45.0            |
| Payment Transaction      | 43     | 43.0            |
| Order-Status Transaction | 4      | 4.0             |
| Delivery Transaction     | 4      | 4.0             |
| Stock-Level Transaction  | 4      | 4.0             |



um eine Standardinstallation einer Oracle 11g Version mit aktuellem Patch. Die Last auf der Datenbank wurde mit einem TPC-C Test generiert. Hierfür wurde Benchmark-Factory 5.7.1 der Firma Quest verwendet. Die Gewichtung der durchgeführten Transaktion sieht dabei wie folgt aus:

Nach verschiedenen Tests auf beiden Systemen, konnten folgende Lastgrenzen evaluiert werden:

|           |                  |
|-----------|------------------|
| Server    | Scale-Faktor: 80 |
| User Load | 700              |
| Notebook  | Scale Faktor: 50 |
| User Load | 500              |

Der Scale-Faktor gibt Auskunft über die Größe der Datenbank, in diesem Fall entspricht 80 einer Größe von 5.12 GB und 50 einer Größe von 3.2 GB. Ein Vergleich der Ergebnisse wurde anhand der Transaktionen pro Sekunde (TPS) vorgenommen, dazu wurde der

- Mittelwert von zehn Testläufe gebildet
- prozentualer Verlust oder Gewinn der Transaktionen zwischen nativen und virtuellem System, ausgehend vom Mittelwert ausgewiesen

Bei den vorläufigen Tests zur Ermittlung der Lastgrenze wurde zusätzlich unter Einsatz von VMware geprüft, ob Hyperthreading zu einer Verbesserung oder Verschlechterung der Ergebnisse führen würde. Oft wird behauptet, dass dies zu einem Anstieg des Overheads führt. Bei allen Testläufen konnte dies bestätigt werden. Der Einsatz führte zu einer Verschlechterung des Ergebnisses. Daraus lässt sich schließen, dass grundsätzlich die Anzahl der eingesetzten CPUs beim Einsatz von Virtualisierungslösungen auf die tatsächlich physikalische Anzahl der Prozessoren beschränkt werden sollte. Die Grafik zeigt deutlich, dass es bereits zu einem sehr frühen Zeitpunkt zu einer Stagnation der TPS kam. Die Anzahl der TPS minimierte sich um bis zu ca. 60 Prozent ab.

### Vergleich Server:

#### Nativ, VMware ESXi und Oracle VM

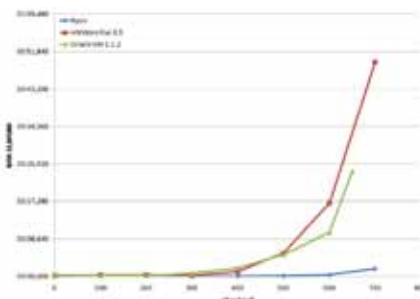
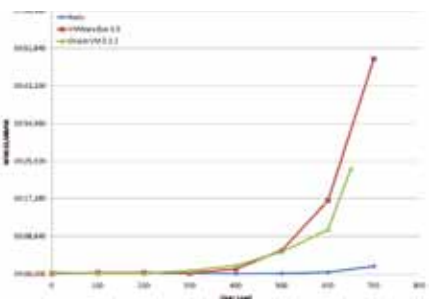
Im nativen Betrieb war die Anzahl der Transaktionen bis zu einem User Load von 600 steigend, erst ab diesem Punkt kam es zu einem stagnierenden Verlauf. Zudem zeigte sich, dass es nur zu sehr geringen Abweichungen von der Ideallinie kam. Bei zuvor durchgeführten Tests auf dem gleichen System, jedoch mit einer nur gering abweichenden Konfiguration der Datenbank, kam es zu einem massiven Abfall der Leistung ab 600 Usern. Die Benchmark zeigte, dass es beim Einsatz von VMware, Full-Virtualisierung, zu einem wesentlich früheren Zeitpunkt zu einem stagnierenden Verhalten der Transaktionen kam. Nicht nur das stagnierende Verhalten war auffällig, auch die Anzahl der Transaktionen verringerte sich. Bei einem User Load von 600 lag dieser Wert bei nur ca. 20 TPS. Demgegenüber lag der Wert im nativen System bei ca. 30 TPS. Beim User Load von 700 betrug die Differenz bereits 20 TPS. Beim Einsatz von Oracle VM war ein gleichmäßiger Anstieg zu beobachten. Allerdings kam es nach Erreichen der Lastspitze zu einem starken Einbruch der TPS. Im Gegensatz dazu, setzte der

Punkt der Stagnation bei VMware einen Lastpunkt früher ein. Der Einbruch der TPS lag hier bei 600 Usern. Dieser Wert stellte im nativen System den Punkt der Stagnation dar. Oracle VM reichte somit näher an das native System heran. Dennoch muss der massive Einbruch der Leistung kritisch betrachtet werden. Erreicht eine Applikation diese Lastspitze, kann es zu einer Verschlechterung des durch die Datenbank angebotenen Service kommen. Im Vergleich stellte sich Oracle VM als performanteste Virtualisierungslösung heraus. Die eingesetzte Technik der Paravirtualisierung hatte in diesem Fall den Vorzug gegenüber der Full-Virtualisierung. Jedoch blieb es nur bei einer Annäherung an die nativen Werte bis zu einem gewissen Grad der erzeugten Last. Bei den Testläufen mit Oracle VM kam es wesentlich häufiger zu Fehlern bei den durchgeführten Benchmarks ab einem User Load von 600 als bei VMware. Bei VMware war eine konstante Abnahme der Leistung zu beobachten. Dagegen kam es bei Oracle VM zu einem kaum kalkulierbaren Einbruch der Leistung. Die Tabelle zeigt deutlich, wie stark die Verlustleistung nach einem Erreichen der Grenze von 400 Usern ist. Auf dem Server wäre also der Einsatz einer Applikation, die solch einer Last unterliegt, ohne große Leistungsverluste zu betreiben.

### Vergleich Notebook:

#### Nativ, VMware ESXi, Oracle VM, KVM und Microsoft Hyper-V

Bei dem Notebook lag die Lastgrenze bei einem User Load von 300 Usern. Wie auch beim Server konnte hier ohne weiteres eine Ideallinie bestimmt werden. Es kam nicht zu Ausreißern. Es lag allerdings eine etwas größere Streuung der Werte vor als beim Server. Dies lässt sich aber auf die nicht so performante Hardware zurückführen. Nachdem die Lastgrenze von 300 erreicht wurde, nahm die Leistung kontinuierlich ab. Der Test zeigte damit, dass eine Datenbank bis zu einer Last von 300 Usern ohne weiteres auf dieser Plattform betrieben werden kann. Die etwas verstärkte Schwankung in der Standardabweichung lässt sich auf die variierenden Einzelläufe zurückführen. Hierbei kam es zu Unterschieden von bis zu 2 TPS: siehe User-Load von 400. Da es sich bei dem System um ein Notebook



| Anzahl User | 1       | 100     | 200     | 300     | 400     | 500      | 600      | 650      | 700      |
|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|
| Nativ       | 0.06    | 5.186   | 10.429  | 15.617  | 20.898  | 25.898   | 31.035   | 32.0345  | 33.034   |
| VMware      | +1.67 % | -1.66 % | +0.81 % | -1.29 % | -5.46 % | -22.66 % | -47.64 % | -58.78 % | -69.22 % |
| Oracle VM   | +0.00 % | -0.71 % | +1.47 % | -3.44 % | -9.36 % | -20.82 % | -34.35 % | -53.52 % | —        |



handelt, sind die verwendeten HDD nicht für den Datenbankeinsatz ausgelegt. Bis zu dem Belastungspunkt von 300 Usern blieb die Antwortzeit bis zu diesem Punkt in einem annehmbaren Bereich. Bei dem Einsatz der Full-Virtualisierungslösung von VMware kam es bereits bei einem User Load von 100 Usern zu einem Einbruch der TPS. Im Gegensatz zum nativen System kam es bei ca. 50 Prozent der Testläufe zu Fehlern. Das Error-Log von Benchmark Factory meldete in diesem Fall ein: Not connected to Oracle. Dies ließ sich auf eine Überlastung des Testsystems zurückführen. Es war zu sehen, dass dieser Test einen ähnlich starken Abfall der Leistung wie im nativen Betrieb aufwies, die Anzahl der Transaktionen nahm nach Erreichen der Lastgrenze um ca. 2-3 TPS ab. Beim Einsatz von Oracle VM kam es ab einem User Load von 200 Usern zu einer Stagnation im Verlauf. Wie auch beim Test auf der Serverplattform lieferte die Para-Virtualisierung einen ähnlich konstanten Verlauf. Damit ist gemeint, dass es nicht zu extremen Streuungen der Messergebnisse kam. Es kam erst zu einem Verlust der TPS bei einem User Load von 300 Usern: ein massiver Einbruch war zu beobachten. Dieser Wert bildete auch den Schwellenwert im nativen System. Ein fast kontinuierlicher Rückgang der TPS, wie es im nativen und VMware Betrieb auftrat, war nicht zu beobachten. Der Einsatz von Hyper-V konnte aufgrund von Einschränkungen der Virtualisierungslösung nur mit einem Kern oder Prozessor und 1.5 GB Arbeitsspeicher durchgeführt werden. Zum Testzeitpunkt war es nicht möglich, einem Linux-System mehr als einen Kern/Prozessor zuzuweisen. Hyper-V unterliegt wesentlich größeren Schwankungen als die anderen Virtualisierungslösungen. Der Einsatz in einer produktiven Umgebung, bei den zur Verfügung stehenden Ressourcen, ist undenkbar. KVM erreichte wie Oracle VM die Lastspitze des nativen Systems. Es kam aber bereits bei 100 Usern zu Streuung. Neben der frühen Streuung wies das System nur eine geringe Performance gegenüber den anderen Lösungen auf. Der maximale Mittelwert lag hier bei 6,7 TPS; auch bei den Maximalwerten schnitt KVM am schlechtesten ab (siehe Boxplot im Anhang). Gegenüber den anderen Lösungen kam es jedoch zu keinem Fehler in den Einzelläufen. Auch in der zweiten Testumgebungen stellte sich Oracle VM als performantere Virtualisierungslösung heraus. Doch kam es bei Oracle VM und VMware zu einer erhöhten Anzahl von fehlerhaften Testläufen gegenüber Hyper-V und KVM. Bei KVM kam es sogar zu keinem Fehler oder Zusam-

menbruch des Systems. Durch die Tests in der zweiten Umgebung konnte folgendes überschneidende Verhalten festgestellt werden bezüglich Oracle VM und VMware

- Oracle VM stagnierte an dem Punkt wie das native System, wies aber nach Erreichen einen massiven Abfall der Leistung auf.
- VMware stagnierte einen Punkt früher, wies in diesem Fall jedoch einen gleichmäßigen Anstieg wie auch Abstieg der Leistung auf.

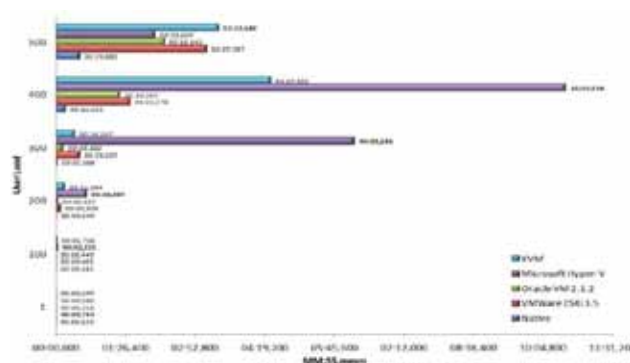
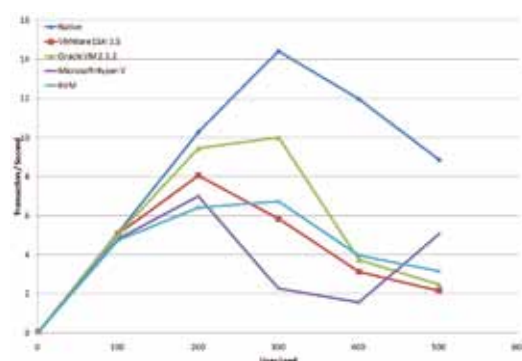
Dadurch lässt sich die Vermutung aufstellen, dass auf anderen Systemen mit einem ähnlichen Verhalten zu rechnen ist. Neben Oracle VM erreichte auch KVM die Lastspitze des nativen Systems bevor die Leistung abnahm. Ein Einsatz über die Lastgrenzen hinaus ist für eine Applikation äußerst gefährlich, wie an den prozentualen Verlusten ersichtlich ist. Eine allgemeingültige Aussage kann bezüglich der Full-Virtualisierung nicht getroffen werden, da die Werte der Virtualisierungslösungen zu stark voneinander abweichen.

## Fazit

Die Virtualisierung eröffnet viele Möglichkeiten, um die Effizienz der IT-Umgebung zu steigern. Die Virtualisierung von Datenbanksystemen wie Oracle sollte allerdings mit Vorsicht betrachtet werden. In den Lasttests zeigte sich, dass die Systeme eine performante Leistung bis zu einem gewissen Grad der Belastung erreichten. Generell kann man daraus ableiten, dass die Virtualisierung von Oracle in den Bereichen Lehre, Test, Forschung und für die Konsolidierung kleiner Datenbanken eingesetzt werden kann. Der Einsatz für geschäftskritische Bereiche sollte zwingend zuvor genau analysiert und mit entsprechenden Lasttests bewertet werden. Der große Nachteil der Virtualisierung ist momentan noch eine zu geringe I/O Performance. Dies stellte bei allen Lösungen den Flaschenhals dar. Ab einem verstärkten Aufkommen der Schreibzugriffe nahm der Durchsatz bei allen Systemen ab.

René Wigbels

| Anzahl User | 1       | 100     | 200      | 300      | 400      | 500      |
|-------------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|
| Native TPS  | 0.06    | 5.135   | 10.275   | 14.423   | 11.964   | 8.858    |
| VMware      | +3.33 % | -1.36 % | -21.62 % | -59.47 % | -73.78 % | -75.82 % |
| Oracle VM   | +8.33 % | -1.32 % | -8.09 %  | -30.53 % | -68.75 % | 72.03 %  |
| Hyper-V     | +5.00 % | -6.08 % | -31.93 % | -84.30 % | -87.04 % | -42.83 % |
| KVM         | +0.00 % | -7.59 % | -37.56 % | -53.37 % | -66.83 % | -64.52 % |



# Architektur-Muster für Serious Games zur Förderung von Alltagskompetenzen bei Menschen mit geistiger Behinderung

Individuell angepasste Computer-Lernspiele (Serious Games) eröffnen wegen ihres hohen Motivationspotenzials, aber auch wegen ihrer dynamischen und interaktiven, auf mehrere Sinne ausgerichteten Gestalt mehr als alle anderen Medien differenzierte Möglichkeiten, Menschen mit geistiger Behinderung in ihrer Entwicklung zu fördern. Dies gilt insbesondere für Alltagskompetenzen, da Serious Games das gefahrlose und angstfreie Einüben spezifischer Handlungsmuster erlauben. Wichtig dabei ist, dass das in den virtuellen Spielwelten Erlernte auf Situationen des praktischen Lebensvollzugs transferiert werden kann, etwa beim Überqueren einer innerstädtischen Straße mit Fußgängerampel, beim Kochen von Spaghetti mit Soße in einem Behindertenwohnheim oder beim Einkauf von Eiern, Milch und Käse im Supermarkt.

Aufgrund der relativ kleinen Zielgruppe sind allerdings nur wenige geeignete Produkte allgemein verfügbar. Vor allem aber fehlt es an fein abgestimmten Methoden und Instrumenten für die Erschließung der Anforderungen und die Entwicklung neuer Systemansätze, die dieser sehr speziellen Nutzergruppe mit oft individuell und dynamisch variierenden Mehrfachbehinderungen gerecht werden (vgl. [10], [17]). Dies ist eine interdisziplinäre Aufgabe, bei der Sonderpädagogik und Informatik gleichermaßen gefordert sind. Denn unter welchen Bedingungen eine Transferleistung gelingt, ist eine sonderpädagogische Fragestellung und kann von der Informatik nicht beantwortet werden. Die Informatik-Forschung kann jedoch die in der Sonderpädagogik erhobenen Forderungen hinsichtlich der Gestaltung von Lernsoftware aufgreifen und dazu geeignete Methodenansätze entwickeln. Hierbei stellen sich drei grundlegende, im Folgenden erörterte Fragen:

- (a) Welche Faktoren sind für den Lernerfolg und die Transferleistung in die Lebenswelt geistig behinderter Kinder und Jugendlicher aus sonderpädagogischer Sicht relevant?
- (b) Welche Architekturprinzipien folgen daraus für Serious Games?

- (c) Welche methodischen Schritte erfordert die Entwicklung solcher Systeme?

## Sonderpädagogische Zielsetzungen

Über den Nutzen des Computers als Hilfsmittel im Förderschwerpunkt „Geistige Entwicklung“ zur Handlungsbefähigung (Lehr/Lernsysteme) oder Handlungsunterstützung (kognitive Prothesen) wurde in der Sonderpädagogik lange kontrovers diskutiert. Inzwischen aber hat sich die Einsicht durchgesetzt, dass der pädagogisch verantwortliche Einsatz des Computers für die Medienkompetenz, die selbstständige Freizeitgestaltung, das Lehren und Lernen, für Integrations- und Normalisierungsprozesse sowie für die Verwendung als prothetisches Hilfsmittel für die genannte Zielgruppe von großer Bedeutung ist (vgl. [2], S. 41).

Die sonderpädagogischen Anforderungen lassen sich wie folgt zusammenfassen (vgl. [1], [2], [12], [14], [16], [17]): Lernsoftware für Schüler mit geistiger Behinderung muss sich funktional, strategisch und ergonomisch an den inhaltlichen und didaktischen Konzepten des Unterrichts sowie an den individuellen Motiven, Interessen, sprachlichen, kommunikativen, kognitiven wie motorischen Kompetenzen der Schüler orientieren. Außerdem sollten die Systeme möglichst leicht an die individuellen und dynamisch veränderlichen Fähigkeiten der Schüler (dynamische Diversität) hinsichtlich des Schwierigkeitsgrads, der Strukturiertheit und des Detailliertheitsgrads der Lerneinheiten, der sachlichen und bedientechnischen Hilfen sowie der Interaktionsformen adaptierbar sein. Um eine hohe Transferleistung zu erzielen, sollten die Lerninhalte und deren Darstellung in den Spielwelten handlungsleitend sein und der Lebenswirklichkeit der Schüler möglichst nahe kommen. Darüber hinaus wird die Forderung erhoben, auch partnerschaftliches Lernen, Spielen und Arbeiten zu ermöglichen. Schließlich sollte zur Unterstützung der Lehrpersonen ein geeignetes diagnostisches Instrumentarium zur Lernzielkontrolle sowie zur Dokumentation des Lernverhaltens und Lernfortschritts der Schüler zur Verfügung stehen.

## ABSTRACT

Auf Grundlage sonderpädagogischer und informatischer Forschungsergebnisse sowie praktischer Erfahrungen im Rahmen von Entwicklungsprojekten wurde untersucht, welche Qualitätskriterien sogenannte „Serious Games“ für Menschen mit geistiger Behinderung erfüllen müssen, und welche Prinzipien und Methoden bei deren Entwicklung zu beachten sind.

## PROJEKTLEITUNG

Prof. Dr. Friedbert Jochum  
Fakultät für Informatik und  
Ingenieurwissenschaften  
Institut für Informatik  
Forschungsschwerpunkt  
Software-Qualität  
friedbert.jochum@fh-koeln.de



Hinsichtlich einer weiteren Differenzierung der Qualitätskriterien nach Unterrichtstauglichkeit, Schülertauglichkeit und Lehrertauglichkeit wird auf [5] verwiesen. Insbesondere für die Unterrichts- und Schülertauglichkeit sind die vier Kategorien: Geltung, Bedeutung, Gestalt und dynamische Diversität grundlegend. Wir betrachten daher Serious Games für den Förderschwerpunkt „Geistige Entwicklung“ als computergestützte Lernspiele, die den Geltungs-, Bedeutungs- und Gestaltansprüchen der Lernumgebung genügen, und die sich an die dynamische Diversität der Schüler anpassen lassen. Hierbei stellt sich die Frage durch welche Prinzipien und Methoden bei der Entwicklung von Serious Games die genannten Kategorien hinreichend Berücksichtigung finden.

### Begründungsprinzipien

Unterrichts-, Schüler- und Lehrertauglichkeit von Lernsoftware können nicht aus einer formalen oder technologischen Warte aus in ein System hineinprogrammiert werden, sondern bedürfen einer methodischen Grundlegung in der Lernpraxis, so dass das resultierende System den Ansprüchen des regulären Unterrichts und der individuellen Förderpläne genügt und für die verschiedenen Zielgruppen adäquat nutzbar ist. Hierbei dient uns die Konstruktive Wissenschaftstheorie nach Kamlah/Lorenzen [6] und Mittelstraß [8] beziehungsweise deren Weiterentwicklung durch Janisch [4] als begründungstheoretischer Rahmen für die geltungs- und bedeutungssichernde Rekonstruktion der Lernkontexte. Darin eingebettet kommen insbesondere Prinzipien des Interaction Design, des Usability Testing und der Software-Architektur zur Anwendung.

Ausgangsbasis und Ziel der Entwicklung von Serious Games sollte demnach die konkrete (intendierte) Unterrichtspraxis sein, mit der dort vorherrschenden (Fach-) Sprache und Kommunikationskultur, den zu unterstützenden Unterrichtseinheiten, Lernzielen und didaktischen Konzepten sowie den Stärken, Schwächen und Vorlieben der unmittelbar beteiligten Schüler (pragmatisches Begründungsprinzip).

Da aber Entwickler, Lehrer und Schüler – im Allgemeinen gehören weitere Personengruppen wie etwa Eltern, Großeltern und Geschwister der Schüler, Projektmanager, Fachexperten zu den Stakeholdern – in der Regel unterschiedliche Sprachen, Perspektiven, Interessen, Kompetenzen und fachliche Hintergründe haben, muss die Erschließung der Unterrichtspraxis einvernehmlich zwischen allen Beteiligten erfolgen (dialogisches Begründungsprinzip). Angesichts der Behinderungen der Schüler kann dies aber nur gelingen, wenn der inhaltliche Diskurs durch ein exploratives und experimentelles Prototyping mit differenzierten Usability-Tests unterstützt wird. So haben Usability-Studien im Rahmen von Entwicklungsprojekten (vgl. [5]) gezeigt, dass sich die Systemanforderungen im Detail, insbesondere hinsichtlich der Mensch-Computer-Interaktion sowie der didaktischen und motivationalen Ausgestaltung der Lektionen und Hilfesysteme, letztlich nur empirisch oder experimentell mit den betroffenen Schülerinnen und Schülern selbst ermitteln lassen.

Erfahrungen in den oben genannten Projekten haben aber auch gezeigt, dass ein reines experimentelles Prototyping mit den

Schülern ohne konzeptionelle Hintergrundarbeit zu unstrukturierten, schwer wartbaren und änderbaren Systemen führt, was auch eine verminderte Adaptierbarkeit der Lektionen und Interaktionsformen zur Folge hat. Außerdem ist ohne konzeptionelle Grundlage eine Lernzielkontrolle bei der späteren Nutzung nur sehr eingeschränkt möglich. Die experimentelle Erschließung der Systemanforderungen bedarf also zusätzlich einer sprachkritischen Rekonstruktion und semantischen Modellierung der Unterrichtseinheiten (semantisches Begründungsprinzip). Ziel ist die Herausarbeitung der Funktions-, Daten- und Interaktions-Semantik des zu entwickelnden Computerspiels als konzeptionelle Grundlage für die formale statische und dynamische Ausgestaltung des Systems nach Innen wie nach Außen.

Computerlernspiele für Schüler mit sonderpädagogischem Förderbedarf sollten also pragmatisch, semantisch und dialogisch begründet sein, um sicherzustellen, dass alle Anforderungen und Bedürfnisse in diesem hochsensiblen Bereich auch tatsächlich erfüllt werden und in den System- und Spielaufbau einfließen können (Abb. 1). Hierbei empfiehlt sich, die Unterrichtseinheiten, in die das Lernspiel eingebunden werden soll, als Begründungsbasis zu nehmen (Spiel-Pragmatik). Daraus können die relevanten Inhalte hinsichtlich der Funktionen, Daten und Interaktionen des Systems (Spiel-Semantik) hergeleitet und auf der Benutzungsoberfläche des Systems in adäquater Form zum Ausdruck gebracht oder intern in Komponenten und Schnittstellen zusammengefasst werden (Spiel-Gestalt). Ein Vorgehen nach dieser prinzipiellen, konstruktiven Begründungsordnung ist in der Praxis jedoch kein linearer Vorgang, sondern ein iterativer und inkrementeller Prozess, wie im folgenden Kapitel dargelegt.

### Architekturentwurf

Aufgrund der von nahezu allen Autoren betonten Wichtigkeit einer dynamischen Adaptierbarkeit der Lektionen, Hilfen und Interaktionsformen an die individuellen Bedürfnisse der Schüler ist eine komponentenbasierte Systemarchitektur unabdingbar. Hierbei sollten die fachspezifischen Aspekte wie Lektionen, Hilfen, Schülerprofile oder Schülerverhalten von den technischen Aspekten wie persistente Datenhaltung, Hardware- oder Software-Plattformen getrennt werden. Dies erleichtert neben der Adaptierbarkeit auch die Realisierung, Wartung,

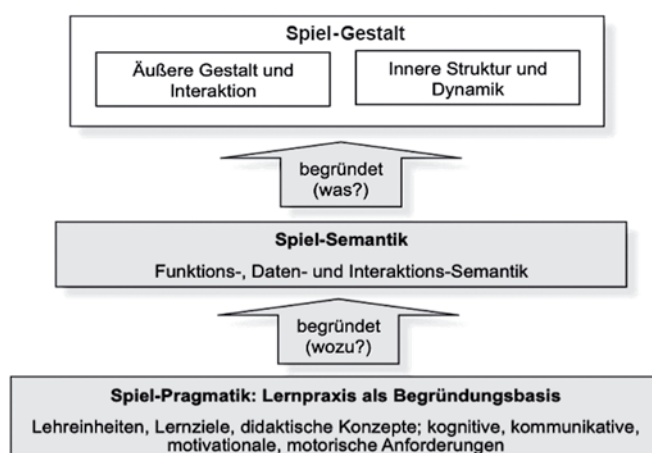


Abb.1: Pragmatisch-semantische Spielbegründung

Pflege und Portierung des Systems sowie die Trennung der inhaltlichen Logik der Lektionen von der audiovisuellen Darstellung auf der Benutzungsoberfläche.

Die hohen und schwer zugänglichen Anforderungen hinsichtlich der Schülertauglichkeit einerseits und die Notwendigkeit einer modularen, adaptierbaren Systemarchitektur andererseits erfordern zwei unterschiedliche Entwicklungslinien: Eine nach außen gerichtete experimentelle Gestaltung mit dem Ziel, das System interaktiv in den Nutzungskontext einzubinden, und eine nach innen gerichtete Konstruktion mit dem Ziel einer komponentenbasierten Systemarchitektur. Beide Linien sind gleichermaßen wichtig, traditionell aber in unterschiedlichen Disziplinen mit jeweils eigenen Denkschulen verwurzelt. Die Interaktionsgestaltung – verwurzelt im Usability Engineering – kümmert sich zwar intensiv um die Einbindung des Systems in den Nutzungskontext, vernachlässigt aber den inneren Systemaufbau. Umgekehrt stellt die Entwicklung komponentenbasierter Systeme – verwurzelt im Software Engineering – den Aufbau robuster, änderungsfreundlicher und wieder verwendbarer Systeme in den Mittelpunkt, vernachlässigt aber die Gestaltung der Mensch-Computer-Interaktion.

Eine Verknüpfung der beiden Disziplinen auf der Ebene der jeweiligen Vorgehensmodelle (vgl. [3], [11], [13]) oder durch Schulungs- oder Kommunikations-Maßnahmen (vgl. [31], [15]) erscheinen eher ungeeignet, da beide Disziplinen sehr unterschiedliche, auf eigenständigen Standards basierende Lebenszyklen verwenden, die organisatorisch höchst unterschiedlich umgesetzt sind (vgl. [9]).

Stattdessen nehmen wir eine Architektur zentrierte Sicht ein und fragen nach dem kleinsten sinnvollen Architekturelement, mit dem beide Bereiche gemeinsam operieren. Als ein solches Architekturelement hat sich die pragmatisch-semantisch begründete Systemfunktion herauskristallisiert. Geltung und Bedeutung sind hier die grundlegenden Qualitätskriterien, denen darstellende, strukturelle und technische Aspekte methodisch nachgeordnet sind. Sie verankern Serious Games im Sprach- und Handlungskontext des Unterrichts hinsichtlich der Lerngegenstände und Lernziele und bilden einerseits die konzeptionelle Grundlage für eine inhaltlich sinnvolle Strukturierung des Systems in Komponenten und

Schnittstellen unter zusätzlicher Beachtung softwaretechnischer Erfordernisse. Andererseits bilden sie auch die konzeptionelle Grundlage für eine individuelle didaktische und motivationale Ausgestaltung der interaktiven Spielwelten unter zusätzlicher Beachtung der Stärken, Schwächen und Vorlieben der Schüler. Gültige semantische Modelle der Lektionen sind darüber hinaus auch eine notwendige Voraussetzung für die Lernzielkontrolle und die Diagnose des Lernverhaltens der Schüler vor dem Hintergrund der individuellen Förderpläne.

Drei miteinander korrespondierende Teilprozesse mit jeweils spezifischen Zielsetzungen, Qualitätskriterien und Stakeholdern sind somit zu unterscheiden (Abb. 2):

- (a) die sprachkritische Rekonstruktion der einbettenden Unterrichtseinheiten und didaktischen Konzepte gemeinsam mit den Lehrpersonen (Qualitätskriterien: Unterrichts- und Lehrertauglichkeit) in mehreren Begründungs-Widerlegungs-Revisions-Zyklen. Sie liefert mit der Funktions-, Daten- und Interaktions-Semantik (semantische Modelle der Lektionen) die konzeptionelle Grundlage für die beiden anderen, nebenläufigen Teilprozesse (b) und (c). Dies bedeutet aber nicht, dass sämtliche Systemfunktionen spezifiziert oder realisiert sein müssten, bevor die anderen Prozesse starten können.
- (b) die formkritische Gestaltung der interaktiven Spielwelten mit häufigen De-

sign-Evaluations-Redesign-Zyklen unter expliziter Einbeziehung der unmittelbar betroffenen Schüler sowie der Lehrpersonen. Dies liefert konkrete Anhaltspunkte für den audiovisuellen und dramaturgischen Aufbau der Spielwelten und die rückwirkende semantische Verfeinerung der in Teilprozess (a) spezifizierten Lern- und Hilfefunktionen hinsichtlich Dynamik, Schwierigkeitsgrad, Strukturiertheit, Detailliertheit und Motivation (Qualitätskriterium: Schülertauglichkeit).

- (c) die strukturkritische Konstruktion fachlicher Softwarekomponenten und Schnittstellen sowie deren Kopplung mit plattformspezifischen Komponenten (Qualitätskriterien: Adaptierbarkeit, Wartbarkeit, Änderbarkeit, Portierbarkeit), eventuell mit Rückwirkung auf Teilprozess (a). Aufgrund der Komponenten-Architektur bleiben eventuell nötige Änderungen durch Ergebnisse aus Teilprozess (a) oder (b) lokal, ohne Auswirkungen auf das Restsystem. Eventuell neu erforderliche Komponenten können im Rahmen evolutionärer Prototyping-Zyklen in das System integriert werden.

Insgesamt handelt es sich um eine technologieunabhängige und domänenneutrale Prozessstruktur für die Entwicklung von Serious Games, die durch ihre konstruktive Logik, konsistent aufeinander abgestimmt die Lektionen inhaltlich im fachlich-didaktischen Umfeld begründet, frühzeitig eine änderungsfreundliche und individualisierbare Systemarchitektur etabliert und die Interak-

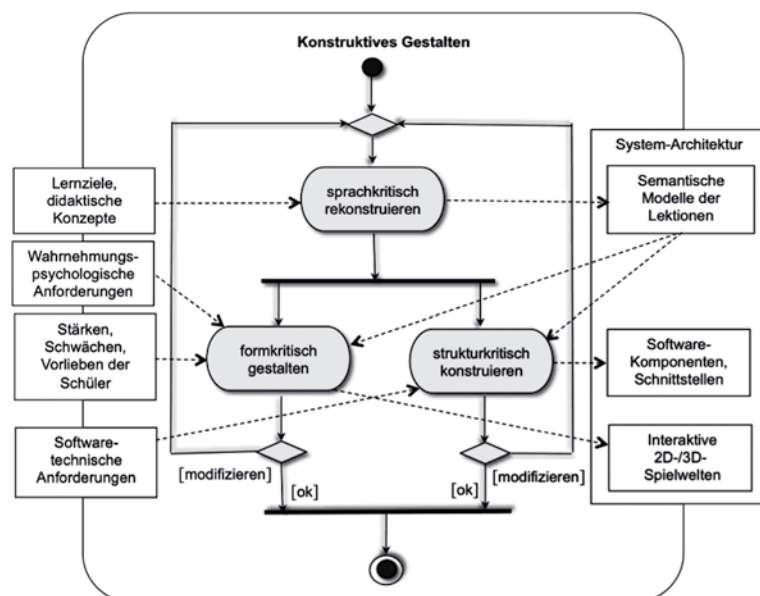


Abb.2: grundlegende Prozess-Struktur für die Gestaltung von Serious Games (UML-Aktivitätsdiagramm)



tionsformen sowie die Lektionen und Hilfen nach den Bedürfnissen der Schüler austariert. Je nach Bedarf lässt sich dieser konstruktive Prozesskern durch weitere Aspekte des Requirements-, Usability- oder Software-Engineering anreichern.

Konkrete Beispiele für die hier eingeführten Konzepte und praktische Erfahrungen bei der Entwicklung von Serious Games in Kooperation mit einer Sonderschule in Köln werden in [5] diskutiert.

### Zusammenfassung

Der hier in Grundzügen skizzierte methodische Ansatz kreuzt Engineering- und Design-Perspektiven auf der Ebene von Architekturelementen und beschreibt den konstruktiven Aufbau von Serious Games konsequent von der intendierten Nutzungspraxis über die Inhalte zur inneren und äußeren Gestalt. Damit wird eher die Sichtweise von Softwarearchitekten eingenommen als die von Softwareentwicklern oder Interaktionsdesignern. Softwareentwickler neigen allzu oft dazu, system- und programmertechnische Aspekte in den Vordergrund zu stellen. Dabei besteht die Gefahr, dass die resultierende Software zwar algorithmisch und technisch effizient und robust, fachlich jedoch naiv, ineffektiv und für die Benutzer wenig transparent ist. Dies gilt aus nahe liegenden Gründen in verstärktem Maße für die Entwicklung behindertengerechter Systeme. Andererseits führt eine Fokussierung auf die Mensch-Computer-Interaktion bei Vernachlässigung softwarearchitektonischer Erfordernisse zu Systemen, die zwar optimal in den Nutzungskontext eingebunden, aber nur sehr schwer wartbar, änderbar und – für die vorliegende Zielgruppe besonders wichtig – adaptierbar sind. Wird Lernsoftware hingegen konstruktiv gestaltet, wie hier vorgeschlagen, werden solche Probleme aus den beiden Lagern weitgehend vermieden. Dieser Ansatz lässt sich natürlich auch auf andere anspruchsvolle Domänen und Zielgruppen übertragen.

*Friedbert Jochum*

### Danksagung

Der GEW-Stiftung Köln danke ich für die finanzielle Unterstützung (2005–2007) des Projekts „Computergestützte Lernhilfen für Kinder und Jugendliche mit geistiger Behinderung“, auf dessen Ergebnissen der vorliegende Beitrag teilweise aufbaut. Außerdem danke ich den vielen Mitwirkenden in den diversen Projekten, allen voran den

Schülerinnen und Schülern der Städtischen Förderschule „Geistige Entwicklung“ in Köln-Vogelsang, dem Rektor der Schule, Bert Geßler sowie den Lehrpersonen Klaus Grüneberger, Hiltraud Schaaf, Isa Sellin und Ute Winck für die kooperative Zusammenarbeit. Dank gebührt auch all den vielen Studierenden, die sich für das Vorhaben im Rahmen von Studienprojekten, Diplom-, Bachelor- und Masterarbeiten engagierten.

### LITERATUR

- [1] Blesch, G. (1999): Transfer computerunterstützten Lernens. In: [7], S. 137–156
- [2] Brönnner, M. (2006): Arbeiten, Lernen, Spielen – Der Einsatz des Computers bei Schülern mit geistiger Behinderung. Verlag modernes leben, Dortmund
- [3] Constantine, L. et al. (2003): Usage-Centred Design and Software Engineering: Models for Integration. International Conference on Software Engineering, pp 54–61
- [4] Janisch, P. (2001): Logisch-pragmatische Propädeutik – Ein Grundkurs im philosophischen Reflektieren. Velbrück Wissenschaft, Weilerswist
- [5] Jochum, F. (2009): Serious Game Design für SchülerInnen mit geistiger Behinderung – Methodische Grundlagen, praktische Erfahrungen, in: Zeitschrift für e-learning, Heft 4, S. 48 – 65, Studienverlag, Innsbruck, Wien, Bozen
- [6] Kamlah, W.; Lorenzen, P. (1996): Logische Propädeutik – Vorschule des vernünftigen Redens. Metzler-Verlag, Stuttgart, Weimar
- [7] Lamers, W. (Hrsg.), (1999): Computer- und Informationstechnologie – Geistigbehindertenpädagogische Perspektiven. Selbstbestimmtes Leben, Düsseldorf
- [8] Mittelstraß, J. (1997): Konstruktive Begründungstheorie. In: Der Flug der Eule – Von der Vernunft der Wissenschaft und der Aufgabe der Philosophie (Kap. IV). Suhrkamp-Verlag, Frankfurt/M
- [9] Nebe, K; Zimmermann, D. (2007): Aspects of Integrating User-Centred Design into Software Engineering Processes. In: Jacko JA. (Hrsg.) (2007). Proceedings of HCI., Springer Verlag, Heidelberg
- [10] Newell, A.F.; Carmichael, A; Gregor, P.; Alm, N.; Waller, A. (2008): Information Technology for Cognitive Support. In: Sears, A.; Jacko, JA. (Eds) (2008). The Human-Computer Interaction Handbook, pp. 811-828, 2nd ed. New York, Oxon
- [11] Paelke, V.; Nebe, K. (2008): Integrating Agile Methods for Mixed Reality Design Space Exploration. In: Proceedings of the 7th ACM Conference on Designing Interactive Systems
- [12] Pfeffer-Hoffmann, C. (2007): E-Learning für Benachteiligte – eine ökonomische und mediendidaktische Analyse. Mensch und Buch Verlag, Berlin
- [13] Pyla, P. et al. (2003): Towards a Model-Based Framework for Integrating Usability and Software Engineering Life Cycles, pp 54–61. International Conference on Software Engineering
- [14] Schönfelder, J. (2000): Softwareergonomische Richtlinien für Computerprogramme im Bereich der Geistigbehindertenpädagogik. In: Zeitschrift für Heilpädagogik 51, Heft 9, S. 368–377
- [15] Skoy, M.; Stage, J. (2008): Direct Integration: Training Software Developers and Designers to Conduct Usability Evaluations. In: IUSED '08, Pisa
- [16] Studer, F.; Luder, R. (1999): Methodisch-didaktische Überlegungen zum Computereinsatz in der Einzelförderung von geistig behinderten Menschen. In: [7], S. 189–203
- [17] Walter, J. (2007): Computergestützter Unterricht, In: Walter, J; Wember, F.B. (Hrsg.) (2007). Sonderpädagogik des Lernens, Band 2, Hogrefe-Verlag, Göttingen

# Evolutionsstrategien und Reinforcement Learning für strategische Brettspiele

Computerprogramme, die gute Gegenspieler in strategischen Brettspielen sind, gehören schon seit Jahren zum Forschungsgegenstand der Künstlichen Intelligenz. Dabei wurden schon beachtliche Erfolge erzielt<sup>1</sup>. Allerdings sind die Programme in der Regel von menschlichen Experten mit viel Erfahrung im jeweiligen Spiel entwickelt worden. Sie haben Bibliotheken erfolgreicher Spiele eingebaut oder verfolgen mehr oder weniger aufwändige Suchstrategien. Jedes neue Spiel bedeutet wieder einen völlig neuen Analyse- und Codierungsaufwand. Ein generischerer Ansatz bestünde darin, ein Programm durch „try & error“ aus der Beobachtung und Durchführung zahlreicher Spielverläufe selbst lernen zu lassen, was die besten Strategien sind. Wenn ein solcher Ansatz gelingt, ist er viel besser auf andere strategische Situationen übertragbar. Wir verfolgen in unserem Projekt diesen zweiten Ansatz, der die Bedingungen für das Lernen an sich erforscht: Wie können wir es schaffen, dass ein Computer ohne Strategiewissen, allein durch das Spielen gegen sich selbst, zum Teil gemischt mit dem zufälligen Ausprobieren neuer Spielzüge, im Laufe der Zeit hinzu lernt und sich in einem solchen für ihn neuen Spiel sukzessiv besser zu behaupten lernt? Welche Bedingungen müssen erfüllt sein, damit Lernen (a) möglich ist und (b) sich möglichst schnell vollzieht?

## Reinforcement Learning

Reinforcement Learning (RL), zu deutsch, „bestärkendes Lernen“ ist eine mächtige Optimierungsmethode für komplexe Probleme. Es hat besonders dann seine Vorteile, wenn nicht für jede einzelne Aktion eine Belohnung gegeben werden kann, sondern erst später, nach einer Sequenz von Aktionen. Dies ist typischerweise bei Brettspielen der Fall. Temporal Difference (TD) Learning ist ein konkretes Reinforcement-Lernverfahren, das durch Sutton und Barto

[1] entwickelt wurde und mit Tesauro's TD-Gammon [2], einem selbst lernenden Computerprogramm, das das Spiel Backgammon auf Weltklasseniveau spielt, große Popularität erlangt hat. Trotz dieses Anfangserfolgs stellte sich in späteren Anwendungen das TD Learning oft als schwierig heraus, da es für andere Spiele oder leicht andere Randbedingungen keine guten Ergebnisse erzielte. Wir starteten deshalb ein Forschungsprojekt, um die Bedingungen für den Erfolg oder Misserfolg von TD-Anwendungen genauer zu studieren. Die grundlegenden Algorithmen für selbst lernende TD-Agenten in Brettspielen sind in [3] detailliert beschrieben.

## Evolutionsstrategien, Neuroevolution und CMA-ES

Für Reinforcement-Learning-Probleme ist ein weiteres Verfahren, die sogenannte Neuroevolution in den vergangenen Jahren erfolgreich eingesetzt worden. Hierbei handelt es sich um die Optimierung eines neuronalen Netzes mit den Mitteln der Evolutionsstrategien [4][5]. Wir verwenden in unserem Projekt die von Hansen entwickelte CMA-ES (Covariance Matrix Adaptation Evolution Strategy) [6], die sich als robustes und performantes Optimierungsverfahren bei komplexen Lernaufgaben herausgestellt hat.

## Die Zielsetzung des Projekts

Unser genereller Forschungsgegenstand in diesem Projekt ist das bessere Verständnis von Lernvorgängen im Rahmen komplexer strategischer Entscheidungsprozesse. Fortschritte, die hier erzielt werden, können die adaptive Entscheidungsfindung in komplexen Steuerungs- und Regelungsproblemen weiter voranbringen.

Konkret suchen wir im Rahmen dieses Projekts Antworten für folgende Fragen:

1. Welche Rahmenbedingungen trennen erfolgreiche von erfolglosen Lernversuchen im Reinforcement Learning?



## Abstract

Das Erlernen von strategischen Brettspielen allein aus Beispielpartien repräsentiert eine wichtige Problemstellung im maschinellen Lernen. Wir vergleichen die Eignung von Reinforcement Learning – dem bestärkenden Lernen (TDL) – und Evolutionsstrategien (Neuroevolution, CMA-ES) für diese Aufgabe. Wir zeigen, dass wesentliche Faktoren für Erfolg oder Misserfolg verantwortlich sind: die Wahl geeigneter Merkmale und der richtigen Fitnessfunktion für Evolutionsstrategien.

## PROJEKTLEITUNG

Prof. Dr. Wolfgang Konen  
wolfgang.konen@fh-koeln.de

## PROJEKT BETEILIGTER

Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein  
thomas.bartz-beielstein@fh-koeln.de  
Fakultät für Informatik und  
Ingenieurwissenschaften  
Institut für Informatik

<sup>1</sup> Beispielsweise mit dem Fritz-Schachprogramm ([www.chessbase.de](http://www.chessbase.de)), das sich bereits in Turnieren gegen menschliche Schachweltmeister behauptet hat.



2. Wie bedeutsam sind abgeleitete Merkmale für den Lernprozess, und kann man konkret die Nützlichkeit eines Merkmals im Vorhinein abschätzen?
3. Gibt es einen signifikanten Performanzunterschied zwischen Neuroevolution mit CMA-ES und TD-Learning in Bezug auf RL für strategische Brettspiele?

Die letzte Frage nimmt Bezug auf eine kürzlich von Lucas vorgestellte Arbeit [7], in der berichtet, dass für ein bestimmtes strategisches Spiel der TD-Ansatz um einen Faktor 10 schneller lernte als ein auf Evolutionsstrategien basierender Ansatz. Als Basis für unsere Untersuchungen nutzen wir das in Abb. 1 gezeigte Spiel „TicTacToe“. Dies gehört zu den relativ einfachen Spielen, da es nur 5.890 verschiedene Spielzustände gibt. Trotzdem ist es nicht leicht nur aus Beispielen zu erlernen.

### Resultate

Die hier dargestellten Ergebnisse sind im Detail in einem aktuellen Beitrag der Autoren zur Konferenz GECCO'2009 [8] nachzulesen und bauen auf einer früheren Arbeit der Autoren auf [9], aus der wir das TD-Lernverfahren übernehmen konnten.

Wir gelangen zu folgenden Antworten für die im vorigen Abschnitt formulierten Fragen

1. Sowohl falsche Fitness-Funktionen als auch unzulängliche Merkmale (siehe nächster Abschnitt) können den Lernerfolg stark behindern oder unmöglich machen. Wenn eine einfache „Jeder-gegen-jeden“-Fitness verwendet wird, stellt sich stets eine zu frühe Konvergenz auf schlechte Spieler ein. Es ist wichtig, dass die Opponenten, gegen den ein Agent seine Fitness ermittelt, über längere Phasen des Lernvorganges konstant bleiben. Mit einer Fitness-Funktion  $F(4)$ , bei der die Opponenten ein Pool von 3 Spielern sind,

die gelegentlich gewechselt werden, erreichen wir die besten Ergebnisse für das „Lernen ohne Lehrer“<sup>1</sup>.

2. Abgeleitete Merkmale sind von ausschlaggebender Bedeutung. Wie Abb. 2 zeigt, ist es mit der bloßen Kodierung der Brettposition (Merkmalssatz  $T_0$ ) in der Regel nicht getan. Dagegen findet mit abgeleiteten Merkmalen wie etwa zwei in horizontaler Reihe, nicht blockiert durch gegnerischen Stein, wie sie in den Merkmalsätzen  $T_2$ ,  $T_3$  und  $T_4$  Verwendung finden, ein mehr oder weniger schneller Lernerfolg statt. Mit der sogenannten „Feature Set Utility“ entwickeln wir in [8] ein neues Gütemaß, mit dem sich die Nützlichkeit eines Merkmals im Vorhinein abschätzen läßt.
3. Im Gegensatz zu Lucas [7], der in einem anderen strategischen Spiel von einer 10fach langsameren Evolutionsstrategie berichtet hatte, finden wir hier, dass CMA-ES mit TD-Learning in etwa gleich auf liegt. Dies kann an den besseren Konvergenzeigenschaften von CMA-ES liegen. Es gilt aber in jedem Fall nur, wenn eine geeignete Fitnessfunktion  $F(4)$  verwendet wird!

### Ausblick

Inzwischen arbeiten wir an dem anspruchsvolleren Brettspiel „Vier gewinnt“, im Englischen „Connect-4“ genannt, bei dem die Zahl der Spielzustände bei über  $10^{14}$  liegt. Dieses Brettspiel war schon Gegenstand verschiedener Diplomarbeiten an der Fachhochschule Köln [10][11][12], die das Problem ohne TD-Learning bearbeiteten sowie einer aktuellen Diplomarbeit [13], die erstmalig einen TD-Agenten einsetzt. Der TD-Agent kann bereits bestimmte Endspiele (Abb. 3) erlernen, es fehlt allerdings noch der Einsatz von Merkmalen. Das Spielverhalten des TD-Agenten ist daher noch lange nicht optimal, wenngleich er gegen einen zufäl-

lig ziehenden Agenten sicher gewinnt. Eine weitere Ausgestaltung des TD-Learning-Agenten für Connect-4 ist geplant. Es sollen insbesondere abgeleitete Merkmale in den TD-Lernvorgang mit eingebracht werden. Die in dieser Arbeit entwickelte „Feature Set Utility“ kann hierbei von wesentlicher Hilfe sein für die Evaluation von Merkmalen. Für die allgemeine Herangehensweise an strategische Lernsituationen mit einer hohen kombinatorischen Vielfalt von Zuständen ist es interessant, ein generisches Vorgehen zur Gewinnung von Merkmalen zu besitzen. Hierfür erscheinen uns N-Tupel-Systeme [14] besonders geeignet. Deren Nutzen für TD-Learning möchten wir im Forschungsprojekt SOMA (Systematische Optimierung von Modellen in Informatik und Automatisierungstechnik) [15] weiter untersuchen.

Wolfgang Konen

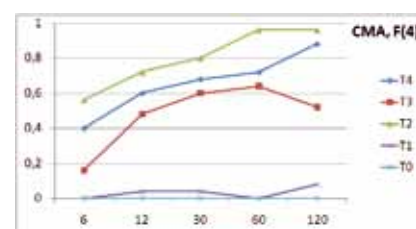


Abb. 2: Lernerfolg des CMA-ES-Agenten im Spiel TicTacToe. Die horizontale Achse zeigt die Anzahl der Trainingsspiele (in Tausend), die vertikale Achse die Erfolgsrate der trainierten Agenten. Jeder Punkt basiert auf der Mittelung über 25 trainierte Agenten. Die bloße Brettstellung  $T_0$  ist als Merkmalsatz für RL nicht hinreichend. Dagegen lernen die Merkmalsätze  $T_2$ ,  $T_3$  und  $T_4$  vergleichsweise schnell eine gute Performance. In allen Fällen fand die im Text beschriebene Fitnessfunktion  $F(4)$  Verwendung [8].

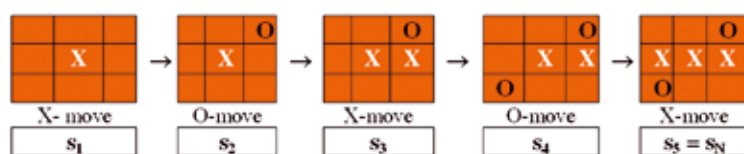


Abb. 1: Ein beispielhafter Spielverlauf im Spiel TicTacToe, bei dem jeder Spieler versucht, drei Spielsteine in einer Reihe (horizontal, vertikal oder diagonal) zu platzieren.

<sup>2</sup> Mit „Lernen ohne Lehrer“ bezeichnen wir den Umstand, dass während der Lernphase kein vorab vorgegebener perfekter oder guter Spieler als Vergleich zur Verfügung steht – auch nicht als Opponent.

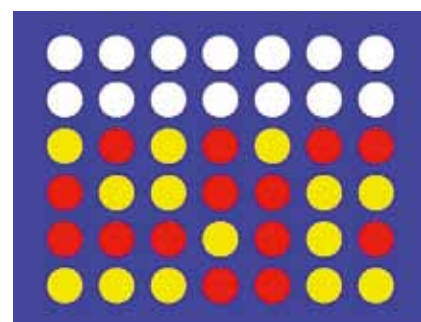


Abb. 3: Endspielsituation aus dem Spiel Connect-4

## Danksagung

Dieses Projekt wurde von der FH Köln im Rahmen des anerkannten Forschungsschwerpunkts COSA gefördert. Es wird derzeit weitergeführt im Kontext des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Projekts SOMA (AIF FKZ 17N1009, Förderlinie „Ingenieurnachwuchs“)

## LITERATUR

- [1] Sutton, R.S.; Barto A.G.: Reinforcement Learning – An Introduction (1998), MIT Press, Cambridge
- [2] Tesauro, G. (1995): Temporal Difference Learning and TD-Gammon, Communications of the ACM, Vol. 38, No. 3
- [3] Konen, W. (2008): Reinforcement Learning für Brettspiele: Der Temporal Difference Algorithmus, Techn. Report, Institut für Informatik, FH Köln
- [4] Igel, C. (2003): Neuroevolution for reinforcement learning using evolution strategies. In: R. S. et al., editor, Proc. Congress on Evolutionary Computation (CEC 2003), pages 2588–2595
- [5] Whitley, D.; Dominic, S. Das, R., Anderson, C. (1993): Genetic reinforcement learning for neurocontrol problems. Machine Learning, 13:259–284
- [6] Hansen, N.; Ostermeier, A. (2001): Completely derandomized self-adaptation in evolution strategies. Evolutionary Computation, 9:159–195
- [7] Lucas, S. (2008): Investigating learning rates for evolution and temporal difference learning. In: Proc. IEEE Symposium on Computational Intelligence and Games CIG2008, Perth, Australia, IEEE Press
- [8] Konen, W.; Bartz-Beielstein, T. (2009): Reinforcement Learning for Games: Failures and Successes – CMA-ES and TDL in comparison, GECCO 2009, Montreal
- [9] Konen, W., Bartz-Beielstein, T. (2008): Reinforcement Learning: Insights from Interesting Failures in Parameter Selection. In: Rudolph, G. et al. (ed.), 10th International Conference on Parallel Problem Solving From Nature (PPSN2008), Dortmund, pp. 478–487, Lecture Notes in Computer Science, LNCS 5199, Springer, Berlin
- [10] Wende, T. (2003): Entwurf und Anwendung künstlicher neuronaler Netze zum Lernen strategischer Brettspiele, Diplomarbeit, FH Köln
- [11] Rudolph, T.: Konzeption einer Entwicklungsumgebung lernender KNN für strategische Spiele, Diplomarbeit (2003), FH Köln
- [12] Klassen, A. (2005): Evaluation der Einsetzbarkeit lernfähiger neuronaler Netze für das strategische Brettspiel „4-Gewinnt“, Bachelorarbeit, FH Köln
- [13] Schwenck, J. (2008): Einsatz von Reinforcement Learning für strategische Brettspiele am Beispiel von „4-Gewinnt“, Diplomarbeit (2008), FH Köln
- [14] Bledsoe, W.; Browning, I. (1959): Pattern recognition and reading by machine. In: Proceedings of the EJCC, pp. 225–232
- [15] Förderprojekt SOMA (2009), [www.gm.fh-koeln.de/go/soma](http://www.gm.fh-koeln.de/go/soma)

KoelnTech  
Gesellschaft für  
Angewandte Forschung mbH



## Kontakt Daten

KoelnTech Gesellschaft für  
Angewandte Forschung mbH  
c/o Fachhochschule Köln  
Claudiusstraße 1  
D-50678 Köln

Phone: 0221 8275 3628  
E-Mail: [info@koelntech.de](mailto:info@koelntech.de)  
Internet: [www.koelntech.de](http://www.koelntech.de)



## Für Ihren Freiraum

Projektarbeiten sind sowohl für die WissenschaftlerInnen als auch für deren Studenten eine Herausforderung und sie bereichern den Lehrbetrieb. Dabei wollen und sollen sie sich auf das Wesentliche konzentrieren können: die eigentliche Forschungsaufgabe.

Unsere Serviceangebote trägt dieser Forderung Rechnung. Es beinhaltet:

- Beratung und Unterstützung
- in Nebentätigkeitsfragen
- bei der Beschäftigung von Hochschulbediensteten
- bei der Nutzung von Hochschulinfrastruktur
- Unterstützung bei der Akquisition, Kalkulation und Angebotserstellung
- Suche nach Projektpartnern
- Unterstützung bei der Projektfinanzierung
- Beratung in Schutzrechts- und Versicherungsfragen
- Projektadministration
- Buchführung, Rechnungswesen
- Controlling (Termine, Kosten)



# SOMA – Systematische Optimierung von Modellen der Informations- und Automatisierungstechnik



## ABSTRACT

Zielsetzung des Projekts SOMA ist es, Modelle für komplexe Anwendungen in der Informations- und Automatisierungstechnik systematisch zu optimieren. Zu den betrachteten Anwendungen zählen vor allem die Prognose von Zielgrößen und die Steuerung von Anlagen oder Prozessen. Mit der Sequentiellen Parameter-Optimierung (SPO) ist ein Verfahren vorgestellt worden, das eine automatische Einstellung von Parametern auf Basis eines Metamodells ermöglicht. Daher soll zum einen SPO für verschiedene Verfahren für Prognose und Klassifikation verfügbar gemacht werden und zum anderen soll bereits bei der Vorverarbeitung und Aufbereitung der Eingabedaten für Probleme eine Auswahl getroffen werden, die es erlaubt, Verfahren der Computational Intelligence effizienter einzusetzen.

## PROJEKTLÉITUNG

Prof. Dr. Wolfgang Konen  
Fakultät für Informatik und Ingenieurwissenschaften  
Institut für Informatik  
wolfgang.konen@fh-koeln.de

## PROJEKTBETEILIGTE

Dipl.-Inform. Patrick Koch  
patrick.koch@fh-koeln.de

## KOOPERATIONSPARTNER

Ruhr Universität Bochum  
Universität Leiden  
Universität Amsterdam  
Nurogames GmbH  
NuTech Solutions GmbH  
Technische Werke Emmerich.

**Z**ielsetzung des Projekts SOMA ist es, Modelle für komplexe Anwendungen in der Informations- und Automatisierungstechnik systematisch zu optimieren. Zu den betrachteten Anwendungen zählen insbesondere die Prognose von Zielgrößen und die Steuerung von Anlagen oder Prozessen. Durch den Einsatz von Verfahren der Computational Intelligence auf praktische Problemstellungen ist es heutzutage möglich, zum Teil auch schwierige Probleme zu lösen. Allerdings werden für die Verfahren in der Regel eine Reihe von Parametereinstellungen benötigt, die einen großen Einfluss auf das jeweilige Ergebnis haben können. Insbesondere für kleine und mittelständische Unternehmen ist es daher oftmals komplex, solch schwierig zu parametrierende Verfahren einzusetzen. Mit der Sequentiellen Parameter-Optimierung (SPO) von Thomas Bartz-Beielstein und anderen [2, 3] ist ein Verfahren vorgestellt worden, welches eine automatische Einstellung von Parametern auf Basis eines Metamodells ermöglicht. Daher soll zum einen SPO für verschiedene Verfahren für Prognose und Klassifikation verfügbar gemacht werden, und zum anderen soll bereits bei der Vorverarbeitung und Aufbereitung der Eingabedaten für Probleme eine Auswahl getroffen werden, die es erlaubt, Verfahren der „Computational Intelligence“ effizienter einzusetzen. Durch eine geschickte Auswahl von Merkmalen aus einem Datensatz sollte das eigentliche Problem bereits wesentlich vereinfacht werden können.

## Sequentielle Parameter-Optimierung

Die Sequentielle Parameter-Optimierung (SPO) von Thomas Bartz-Beielstein und anderen [1,2] ist ein Verfahren zur systematischen Parametereinstellung. In der Vergangenheit hat sich gezeigt, dass durch die automatisierte Einstellung von Parametermengen bessere Ergebnisse des jeweiligen Verfahrens erzielt werden, als wenn diese Einstellung von Hand vorgenommen wird. Diese Vorgehensweise wurde erfolgreich zur Auswahl eines Modells zur Vorhersage von Füllständen in Regenüberlaufbecken angewandt. Der von SPO optimierte Fal-

tungskern des eingesetzten Integralmodells erreichte auf den Vergleichsdaten eine nochmals wesentlich verbesserte Fehlerrate bei der Prognose.

Aus diesem Grund soll in Zukunft untersucht werden, inwieweit sich SPO für Verfahren aus dem Gebiet des Data Minings einsetzen lässt. Hier sollten sich ebenfalls Verbesserungen durch die Optimierung von verfahrensspezifischen Parametern ergeben. Weiterhin soll untersucht werden, wie sich verschiedene Parameter-Tuning-Verfahren, wie etwa SPO, ClearVu Analytics und REVAC im Vergleich auf bestimmten Problemklassen in ihren Ergebnissen unterscheiden oder ähneln. In diesem Rahmen soll einem Mitarbeiter im Projekt SOMA die Möglichkeit zur Promotion gegeben werden.

## Feature Evolution für die Gestenerkennung

Die Bedeutung von Merkmalen ist ein oftmals unterschätzter Faktor bei der Prognose und Klassifikation. Durch den Einsatz von speziellen Verfahren zur Extraktion von Merkmalen, sogenannter Features, aus einer Datenmenge, wurde eine Möglichkeit entwickelt, mit der die Ergebnisse von klassischen Verfahren zur Prognose und Klassifikation wesentlich verbessert werden können. Dabei können aus der originalen Datenmenge neue Merkmale gewonnen werden, mit denen die Eingabe für einen Klassifizierer erweitert wird. Durch diese Expansion des Eingangssignals ist es möglich, zum einen in kürzerer Zeit zu einem Ergebnis zu gelangen und zum anderen eine bessere Klassifikationsrate zu erzielen. Es wurde untersucht, ob sich die sogenannte Slow



Abb. 1: Wii-Fernbedienung<sup>1</sup>

Feature Analysis von Wiskott und Sejnowski [3] für Problemstellungen des Data-Minings anwenden lässt. Erste Versuche zeigten hier, dass das von der Slow Feature Analysis erzielte Klassifikationsergebnis bei schwierigen Datensätzen anderen Klassifikationsverfahren, wie etwa dem Gauß-Classifer, signifikant überlegen war. Weiterhin soll gezeigt werden, ob sich die Slow Feature Analysis für die in Echtzeit durchgeführte Gestenerkennung in Computer-Spielen einsetzen lässt (Abb. 1). Derzeit gestaltet es sich als äußerst schwierig, selbst einfache Gesten bei unterschiedlichen Benutzern ohne vorher durchgeführte Kalibrierung zu erkennen. Daher besteht eine Kooperation mit dem Industriepartner Nurogames GmbH, der an einer solchen Echtzeit-Erkennung interessiert ist. Momentan wird im Rahmen eines Master-Projekts [4], das auf einer früheren Diplomarbeit [5] aufbauen kann, die Möglichkeit untersucht, die Gestenerkennung mit der Slow Feature Analysis durchzuführen.

### Optimale Steuerung von Biogasanlagen

Ein großes Problem ist die optimale Steuerung von Biogasanlagen zur Maximierung der Biogasmenge. Die wesentliche Fragestellung bei dieser Anwendung ist, ob die Menge an entstehendem Biogas – hauptsächlich  $\text{CH}_4$ , aber auch  $\text{H}_2\text{S}$  und  $\text{CO}_2$  – bei variierender Beschickung der Anlage (Abb. 2) vorhergesagt werden kann. In ersten Studien soll gezeigt werden, dass allein auf Basis von Daten aus der Vergangenheit die Ausgabemenge prognostiziert werden kann – ohne Nutzung eines speziell angepassten Prognosemodells, wie etwa ADM1. Diese Anwendung wird mit freundlicher Unterstützung der Arbeitsgruppe von Michael Bongards von der Fakultät für Informatik und Ingenieurwissenschaften an der Fachhochschule (FH) Köln bearbeitet, die Datensätze von Biogasanlagen zur Verfügung gestellt hat.

### Kooperationen

Die zahlreichen Kooperationen im Projekt SOMA zeigen die praktische Anwendbarkeit der entwickelten Verfahren und Verbesse-



Abb. 2: Biogasanlage<sup>2</sup>

rungen der Methoden. Neben den akademischen Partnern wie der Ruhr-Universität Bochum, der TU Dortmund, der Universität Amsterdam und der Universität Leiden, welche auch die Promotion des im Projekt beschäftigten Mitarbeiters ermöglicht, zählen einige Unternehmen zu wichtigen Projektpartnern. Dazu gehören die Firma NuTech Solutions GmbH in Dortmund, die Firma Nurogames GmbH aus Köln sowie Vertreter der Wasserwirtschaft, etwa der Aggerverband oder die Technischen Werke Emmerich, die an Teilen des Projekts beteiligt sind.

### Unterstützung der Lehre und Vortragstätigkeiten

Zur Unterstützung der Lehre sind mit der Betreuung von Projektarbeiten und Diplomarbeiten ausreichend Möglichkeiten gegeben, Studenten zu fördern. Weiterhin betreuen die Mitarbeiter im Projekt SOMA eine Case Study, „Random Forest as a Regression Tool in Predictive Control“, an der derzeit drei Studenten beteiligt sind. Begleitend zu den Forschungsaktivitäten wurden mehrere Beiträge von Mitarbeitern und Studenten im Projekt SOMA im Rahmen der COSA Vortragsreihe präsentiert. Zusätzlich wird durch die Veröffentlichung von wissenschaftlichen Arbeiten ein stetiger Austausch mit der Wissenschaft gewährleistet. Beispielsweise wurde im Juni 2009 ein aus den Vorarbeiten zum SOMA-Projekt stammendes Verfahren [6,7] zur international namhaften Konferenz GECOCO'2009 (Genetic & Evolutionary Computation Conference), Montreal, eingeladen und dort vorgestellt.

Wolfgang Konen

### Danksagung

Das Projekt wird vom Bundesministerium Bildung und Forschung (BMBF) unter Projektname SOMA (AIF FKZ 17N1009, Förderlinie „Ingenieurnachwuchs“) gefördert. Die Vorbereitungen zu diesem Projekt wurden von der FH Köln im Rahmen des anerkannten Forschungsschwerpunkts COSA gefördert.

<sup>1</sup> Foto von lincolnblues auf flickr.com

<sup>2</sup> Foto von Alex Marshall (Clarke Energy)

### LITERATUR

- [1] Bartz-Beielstein, T.; Lasarczyk, C.; Preuß, M (2005): Sequential Parameter Optimization. In: Proceedings 2005 Congress on Evolutionary Computation (CEC'05), Edinburgh, Scotland (McKay, B., et al., Hrsg.), Bd. 1, S. 773–780. Piscataway NJ: IEEE Press
- [2] Bartz-Beielstein, T. (2006): Experimental Research in Evolutionary Computation – The New Experimentalism. Natural Computing Series. Springer Verlag, Berlin
- [3] Wiskott, L.; Sejnowski, T.J (2002): Slow feature analysis: Unsupervised learning of Invariances. In: Neural Computation, 14(4), S. 715–770
- [4] Hein, K.: Lernende Klassifikation beschleunigungsbasierter 3D-Gesten am Beispiel der Wii Remote, Master Thesis, FH Köln, in Vorbereitung
- [5] Polak, M. (2008): Entwicklung einer Gestenerkennung auf Basis des Beschleunigungssensors in der Wii Remote, Diplomarbeit FH Köln
- [6] Konen, W.; Bartz-Beielstein, T. (2009): Reinforcement Learning for Games: Failures and Successes – CMA-ES and TDL in comparison, GECCO 2009, Montreal
- [7] Konen, W.; Bartz-Beielstein, T. (2009): Evolutionsstrategien und Reinforcement Learning für strategische Brettspiele, Forschungsbericht, FH Köln



# Inhalt

|                                                                                                                                       |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Bongards, Michael</b><br>Agentensysteme in der Abwassertechnik                                                                     | 132 |
| <b>Rehorek, Astrid</b><br>Biologische Methanoxidation bei<br>Nitratverwertung aus Abwasser                                            | 136 |
| <b>Stadler, Ingo/Bhandari, Ramchandra</b><br>Future of Photovoltaic Systems in Germany –<br>Grid Connection or Off-Grid Installation? | 142 |

WASSER – ENERGIE – UMWELT

CLUSTER 7

# Agentensysteme in der Abwassertechnik

## ABSTRACT

Dauerregen oder starke Regenfälle nach langer Trockenperiode können zu einer Überbelastung der Kanalnetze und der daran angeschlossenen Kläranlage führen. Zur Entlastung helfen zwar Regenüberlaufbecken als Wasserspeicher, doch wird dann weitestgehend unbehandeltes, nur mechanisch gereinigtes Abwasser an die umliegenden Gewässer abgegeben. Zudem lagert sich Schlamm mit hochkonzentrierten Schadstoffen in den Kanälen an. Im Falle von Notentlastungen, können diese Frachtschläge nicht nur das Gewässer verschmutzen, sondern auch die Fauna stark gefährden. Um die Umwelt zu schützen und gleichzeitig hohe Kosten für die Netzbetreiber zu vermeiden ist eine gleichmäßige Verteilung der Überlaufbecken besonders zu Beginn einer Regenphase wichtig. Derzeitig werden Kanalnetze hauptsächlich statisch betrieben. Mit einem innovativen, intelligenten, lern- und anpassungsfähigen Regelungssystem auf Basis von Softwareagenten ist es möglich, ein Kanalnetz inklusive seiner Regenüberlaufbecken (RÜB) optimal zu betreiben. Die Entwicklung wurde bereits mit dem bundesweit ausgelobten Ferchau-Innovationspreis ausgezeichnet.

## PROJEKTLEITUNG

Prof. Dr. Michael Bongards  
Fakultät für Informatik und  
Ingenieurwissenschaften  
Institut für Automation & Industrial IT  
michael.bongards@fh-koeln.de

## PROJEKTBETEILIGTE

Dipl.-Ing. Andreas Stockmann  
Dipl.-Inf. Oliver Trauer  
Dipl.-Ing. Christian Wolf  
Dipl.-Ing. Peter Kern, M.Sc.

## Entwicklung eines Agentensystems

Das GECO►C-Agentensystem zur Regelung von Kanalnetzen basiert auf einem wirtschaftlichen Ansatz, wobei das Kanalnetz als Markt fungiert und die Regenüberlaufbecken sowie die Kläranlage die Akteure auf diesem Markt darstellen. Das Abwasser entspricht der gehandelten Ware auf diesem Markt. Bei der Optimierung eines Kanalnetzes mit einem klassischen Regler ist es notwendig, das Verhalten des Kanalnetzes sehr genau zu analysieren und den Regler entsprechend anzupassen. Da es sich bei Kanalnetzen um sehr komplexe, nichtlineare Systeme handelt ist eine seriöse Bewertung ohne hydrodynamisches Modell kaum möglich. Erst auf Basis eines solchen Modells kann ein Regler aufgebaut werden. Im Gegensatz dazu ist ein Agentensystem in der Lage, sich selbstständig an ein System anzupassen, ohne dass eine aufwändige Analyse oder Parametrierung des Reglers notwendig wird. Im System handelt jeder Agent als einzelne Entität, welche ihr Ziel – unter gegebenen Randbedingungen – zu erreichen versucht. Aufgrund dieses Verhaltens konkurrieren die Agenten untereinander. Das Ergebnis ist ein automatischer Ausgleichs- bzw. Regelungsvorgang, wie er sich an einem echten Markt einstellt. Die handelnden Akteure auf dem Markt können in vier Gruppen eingeteilt werden:

### Regenüberlaufbecken-Agenten (RÜBA)

Diese Agenten sind die „Produzenten“ am Markt, sie haben die Aufgabe Abwasser am Markt zu verkaufen. Dazu bestimmen sie, anhand verschiedener Kriterien, einen Preis für ihr Wasser; eines dieser Kriterien ist der Füllstand. So setzt ein volles Becken einen sehr niedrigen Preis für das Wasser an, um zu vermeiden, dass es zu einer Entlastung kommt. Im Gegensatz dazu setzt ein leeres Becken einen hohen Preis für sein Wasser an. Zu beachten ist, dass ein Becken immer nur seine maximale Drosselmenge anbieten kann.

### Kläranlagen-Agent (KAA)

Dieser Agent entspricht dem Vertreter der Kläranlage im System. Er bestimmt aufgrund des aktuellen Belastungszustands der

Kläranlage die optimale Wassermenge. Diese Information gibt er dann an den Zwischenhändler weiter. Besondere Bedeutung hat der Kläranlagenagent bei Kanalnetzen, bei denen der Schwerpunkt in der Vergleichmäßigung des Kläranlagenzulaufs liegt.

### Zwischenhändler (Negotiator)

Der Negotiator kontrolliert den Markt. Er ist der Agent mit dem höchsten Wissen über das Kanalnetz. Er erhält vom KAA Informationen über die zu kaufenden Wassermengen und kauft diese von den RÜBAs ein. Dabei ist sein Bestreben – genau wie auf einem echten Markt – dort zu kaufen, wo der Preis am niedrigsten ist.

### Tank-Interface (TI)

Das Tank-Interface stellt die Schnittstelle zwischen dem Agentensystem und dem eigentlichen Kanalnetz dar. In konkreten Anwendungsfällen ist dies beispielsweise die OPC-Schnittstelle zum Leitsystem des Kanalnetzes bzw. der Kläranlage.

### Das Zusammenspiel der Agenten

Bei der Regelung von Kanalnetzen liegen die Zeiten für die Vorgabe neuer Drosselmengen üblicherweise zwischen einer und drei Minuten. Demnach muss das Agentensystem in der Lage sein, innerhalb dieser Zeit neue Drosselmengen zu berechnen. Eine Verhandlungsrunde beginnt immer mit dem Kläranlagen-Agenten (KAA). Dieser bestimmt die benötigte Wassermenge für die Kläranlage und gibt sie an den Negotiator weiter. Gleichzeitig bestimmen die einzelnen RÜBAs ihre Preise und geben ihre Angebote an den Negotiator weiter. Der Negotiator kauft nun Wasser vom günstigsten Anbieter ein. Da diese Menge i.d.R. jedoch nicht ausreicht, beginnt zwischen dem Negotiator und den RÜBAs eine neue Runde, in welcher die RÜBAs dem Negotiator neue Angebote übergeben und er wieder das günstigste Wasser einkauft. Nach mehreren Runden hat der Negotiator seine benötigte Wassermenge zusammen, und zwar immer von den günstigsten Anbietern. Regelungstechnisch bedeutet das, dass genau den Becken, die entlastet werden sollen, hohe Drosselmengen zugeordnet werden und

umgekehrt. Somit stellt sich automatisch die gewünschte Verteilung ein. Die relevante Größe, die bestimmt, wie das System ein Kanalnetz regelt und welche Becken zum Schutz des Vorfluters geschützt werden sollen, ist die Preisfunktion der RÜBA. In Abb. 1 ist der schematische Aufbau des entwickelten Agentensystems dargestellt.

### Die Randbedingungen

Genau wie beim echten Markt, handelt es sich beim Kanalnetz nicht um einen vollkommenen Markt. Das Handeln der Agenten wird also durch Randbedingungen eingeschränkt. Diese Randbedingungen stellen die größte Herausforderung bei der Entwicklung des Agentensystems dar. In einem typischen Kanalnetz sind mehrere Regenüberlaufbecken (RÜB) in einem Kanalstrang angeordnet, das heißt, dass das Wasser eines oberhalb gelegenen RÜBs zum unterhalb gelegenen RÜB fließt. Beide RÜB haben dabei ihre festen Maximaldrosselmengen, welche eingehalten werden müssen, damit der Kanal zwischen den Becken nicht überläuft. Für das Agentensystem stellt das insofern ein Problem dar, da Wasser, welches in einem oberhalb gelegenen Becken angekauft wurde, erst durch das unterhalb gelegene Becken fließen muss, um zur Kläranlage zu gelangen. Das Agentensystem löst dieses Problem durch eine so genannte Conveyance-Information. Der Negotiator gibt dazu den RÜBA nach jeder Runde eine Conveyance-Information, wie viel Wasser sie vom oberhalb gelegenen Becken durchleiten müssen. Somit können die einzelnen

RÜB in der nächsten Runde nur noch ihre maximale Drosselmenge – Conveyance anbieten. Demnach darf ein Becken, das z.B. 50 l/s maximale Drosselmenge hat, jedoch 20 l/s eines höher gelegenen Becken durchleiten muss, nur noch 30 l/s anbieten. Mit Hilfe dieses Konzepts konnte gleichzeitig ein zweites, großes Problem gelöst werden. Da Kanalnetze eine Ausbreitung über mehrere Kilometer aufweisen, gibt es beträchtliche Fließzeiten zwischen den einzelnen RÜB sowie Speicherkapazitäten im Kanal selbst. Regelungstechnisch gesehen handelt es sich dabei um Totzeiten. Das Wasser, welches weit oben im Kanalstrang eingekauft wird, braucht sehr lange bis zur Kläranlage. In dieser Zeit können sich die Bedingungen jedoch verändern, so dass der Zufluss nicht optimal ist. Die Conveyance-Information führt jedoch dazu, dass Wasser, welches an einem oberen Becken eingekauft wird, sich sofort auch auf die Drosselmengen aller Becken im Strang auswirkt. Dadurch werden die Totzeiten minimiert und das gesamte Regelungssystem arbeitet effektiver.

### Notwendige Konfigurationen

Im Gegensatz zu einem herkömmlichen Regler muss das System nicht eingestellt werden. Vielmehr müssen die folgenden Informationen für die einzelnen Agenten bereitgestellt werden:

Regenüberlaufbecken-Agenten (RÜBA)

- Größe des angeschlossenen Beckens
- Füllstand
- Abschlagsmenge
- Maximale Ablaufmenge

- Priorität des Beckens
- Kostenfunktion Kläranlagen-Agent (KAA)
- Belastungssituation der Kläranlage Negotiator
- Anzahl und Reihenfolge der Becken

Ist ein bestimmtes Verhalten des Agentensystems gewünscht, so kann es jeweils über die Preisfunktion der einzelnen RÜBA definiert werden. In diesem Zusammenhang sind diverse mathematische Funktionen zur Preisbestimmung sowie eine Verknüpfung und Gewichtung der relevanten Parameter möglich.

### Zusammenfassung der Vorteile

Ein Hauptvorteil des Agentensystems liegt in seiner automatischen Anpassung an jedes beliebige System. Hinzu kommen die hohe Flexibilität und der geringe Konfigurationsaufwand, die für den Anwender vorteilhaft sind. Ebenfalls zu erwähnen ist die leichte Bedienbarkeit, da hierfür kein Expertenwissen vorhanden sein muss.

### Modellaufbau – Software

Die von der GECO►C-Gruppe entwickelte Software iPCOIN wird zur Analyse und Regelung nichtlinearer Prozesse verwendet. Diese Software stellt ein visuelles Programmierwerkzeug dar, mit dessen Hilfe der Datenablauf konfiguriert werden kann. Die Konfiguration des Datenablaufs geschieht dabei über das Hinzufügen und Verbinden von grafisch dargestellten Modulen, welche Ein- und Ausgänge besitzen. Die Module

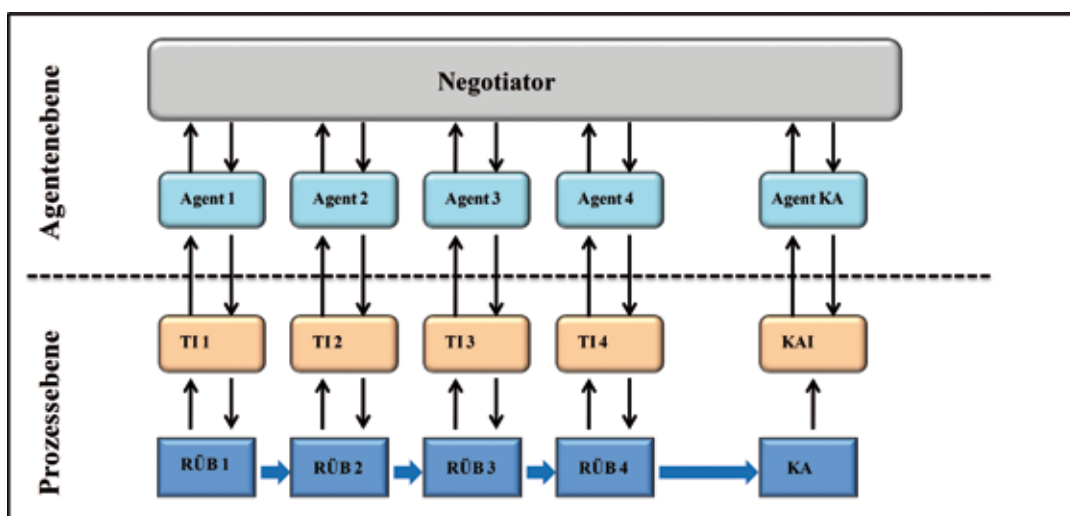


Abb. 1: Schematischer Aufbau des Agentensystems



Abb. 2: Darstellung der Agentenmodule in iPCOIN

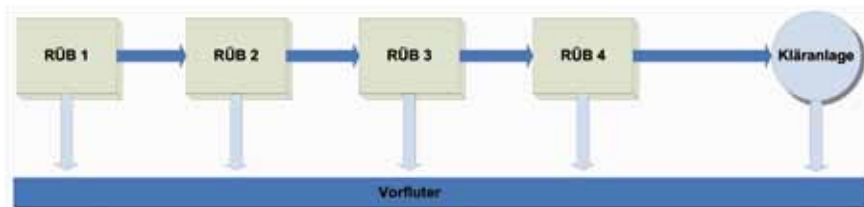


Abb. 3: Strukturübersicht Kanalnetz

werden über Verbindungen von Ein- und Ausgängen miteinander in Beziehung gesetzt, so dass eine Festlegung des Datenflusses erfolgt. Jedes Modul repräsentiert dabei eine eigene Funktionalität wie z.B. einen Filter, eine Kommunikationsschnittstelle oder ein Neuronales Netz. Aufgrund dieser Modularisierungsmöglichkeit bietet iPCOIN eine sehr gute Basis für die Implementierung der Softwareagenten. Die einzelnen Softwareagenten wurden eigens für iPCOIN entwickelt und in neue Module integriert. Abb. 2 zeigt die Darstellung der Softwareagentenmodule in iPCOIN.

#### Simulation Kanalnetz – Test der Agentensysteme

Für den Test und die Validierung des entwickelten Agentensystems wurde ein von der Genehmigungsbehörde anerkanntes Simulationsmodell eines realen Kanalnetzes verwendet. Dieses wurde entsprechend des Istzustands aufgebaut und anhand von geprüften Messdaten kalibriert. Als Simulationsumgebung wurde die Matlab-Toolbox „Simba“ genutzt. Bei dem betrachteten Kanalnetz handelt es sich um ein rein kommunales Kanalnetz, bestehend aus vier RÜB, welche in Reihe geschaltet sind, und den entsprechenden Einzugsgebieten. Das

Kanalnetz selbst wird im Mischsystem betrieben, d.h. Regen- und Schmutzwasser werden in einem Kanal zur Kläranlage transportiert. Die Becken weisen unterschiedliche Volumen auf und auch die Größe der Einzugsgebiete (EZG) variiert. Im Falle eines Entlastungsereignisses entlasten die Becken alle in denselben Vorfluter, welcher aus ökologischer Sicht besonders schützenswert ist. In Abb. 3 ist das Kanalnetz schematisch dargestellt.

#### Ergebnisse

Um die Vorteile des Agentensystems optimal darstellen zu können, wurden drei verschiedene Szenarien getestet. Diese Szenarien stellen drei unterschiedliche Anwendungsfälle dar, anhand derer die Übertragbarkeit und Anpassungsfähigkeit der Softwareagenten demonstriert wird. Die Anpassung der Agenten an die geänderten Rand- und Zielbedingungen erfolgte dabei über die Angleichung der Kostenfunktion. Die generelle Struktur des Agentensystems wird dabei nicht verändert, was für die Praxis einen nur geringen Anpassungsaufwand darstellt. Die einzelnen Szenarien und die entsprechenden Ergebnisse sind im Folgenden dargestellt.

**Szenario 1:** Das Agentensystem wurde hierbei so konfiguriert, dass eine Verringerung der Entlastungsmenge aller RÜB stattfindet. Diese Konfiguration ist vor allem dann von Vorteil, wenn alle Regenbecken eines Kanalnetzsystems in den gleichen Vorfluter entlasten, bzw. alle Becken eine identische ökologische Gewichtung haben. Für dieses Szenario konnte eine Entlastungseinsparung von 11,3 % gegenüber dem ungeregelten Zustand erreicht werden.

**Szenario 2:** Ziel ist eine Vergleichmäßigung der gesamten Entlastungsmenge. Sollte ein Becken deutlich stärker entlasten als die anderen Becken eines Kanalnetzsystems, so kann es sinnvoll sein, die Gesamt-Entlastungsmenge anders zu verteilen.

Im ungeregelten Zustand entlastet Becken 3 deutlich mehr als die restlichen Becken. Durch das Agentensystem werden die Wassermengen so verteilt, dass die Entlastungsmengen gleichmäßiger stattfinden und die Gesamtentlastungsmenge um 5,1 % reduziert werden konnte.

**Szenario 3:** Dieses Szenario dient dazu ein bestimmtes Becken des Kanalnetzes zu schützen. Entlastet ein Becken beispielsweise in einen Vorfluter oder in einen Bereich eines Vorfluters, der aus ökologischer Sicht besonders sensibel ist, so ist es sinnvoll dieses Becken zu schützen. Aus Sicht der Agenten hat dieses Becken somit eine höhere Gewichtung als die anderen Becken. Die an diesem Becken eingesparte Entlastung bzw. Wassermenge wird jedoch an einem anderen Becken aufgeschlagen und führt dort zu einer höheren Entlastung. Voraussetzung dafür ist, dass das andere Becken in einen weniger kritischen Vorfluter (z.B. größeres Fließgewässer) bzw. Gewässerabschnitt entlastet. In diesem Fall sollte Becken 2 geschützt werden. Das Agentensystem hat die anfallenden Wassermengen so verteilt, dass dieses Becken gegenüber dem ungeregelten Zustand deutlich weniger und dafür Becken 1 deutlich mehr entlastet hat.

#### Fazit

Die Zielvorgaben der einzelnen Szenarien konnten durch das Agentensystem ohne größere Anpassungen am System gut bis sehr gut erreicht werden. Obwohl bei allen betrachteten Szenarien die RÜB gezielt belastet wurden, weist das Agentensystem in keinem Fall höhere Entlastungsmengen gegenüber dem ungeregelten Kanalnetz auf.

Die Entlastungsmengen konnten durch das Agentensystem bei allen Szenarien um mindestens 5 % verringert werden, obwohl bei den Szenarien 2 und 3 die Entlastungsminimierung kein primäres Ziel war. Es bleibt festzustellen, dass für alle Szenarien eine Verbesserung gegenüber dem Istzustand erreicht werden konnte. Der Eintrag der Schad- und Nährstoffe in den Vorfluter wurde somit in allen Szenarien ebenfalls reduziert.

### Ausblick

Das beschriebene Agentensystem weist hinsichtlich der Entlastungsminimierung und Vergleichmäßigung der Füllstände der Becken sehr gute Ergebnisse auf. Eine Vergleichmäßigung des Kläranlagenzulaufs im Trockenwetterfall wird bei der Erweiterung des Systems als weiteres Qualitätskriterium hinzukommen. Dies wirkt sich positiv auf die Biologie der Kläranlage aus und wird somit im laufenden Betrieb Energiekosten bei gleichzeitiger Effizienzsteigerung sparen. Mit wachsender Datengrundlage und zukünftigen Praxiseinsätzen wird das Agentensystem um den selbstlernenden Faktor ergänzt. Dieser selbstlernende Bestandteil des Agentensystems wird zukünftig in Form einer Datenbank vorhanden sein, in der alle historischen Entscheidungen sowie die zu diesem Zeitpunkt vorhandenen Randbedingungen (z.B. Wetterlage, Jahreszeit, Belastungsgrad der Kläranlage) gespeichert sind. Das Agentensystem wird dann über eine Qualitätsfunktion in der Lage sein, historische Entscheidungen zu beurteilen und zukünftige Entscheidungen damit abzustimmen.

*Michael Bongards*

### LITERATUR

- [1] [http://www.unesco.org/water/wwap/facts\\_figures/mdgs.shtml](http://www.unesco.org/water/wwap/facts_figures/mdgs.shtml), The Millenium Development Goals and Water, zugegriffen am 06.10.2008.
- [2] PhD Thesis: Wasser in der Gesellschaft – Integrierte Optimierung von Kanalisationssystemen und Kläranlagen mit Computational Intelligence Tools; T. Hilmer, 2008
- [3] Agententechnologie: Die Einführung. Addison-Wesley, 2000; Murch, Richard; Johnson, Tony
- [4] Agent-Based Control of a Municipal Water System. In: 4th International Central and Eastern European Conference on Multi-Agent Systems, 2005; Gianetti, Lucilla; Maturana, Francisco P.; Disenzo, Frederick M.

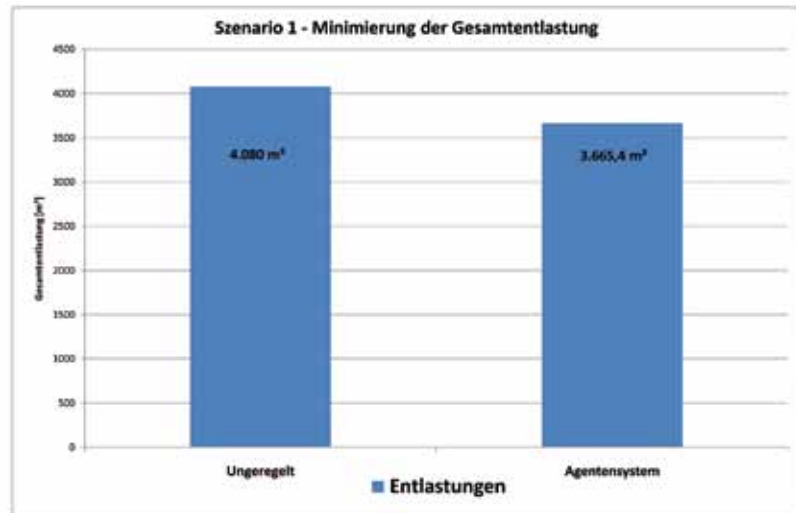


Abb. 4: Entlastung Szenario 1

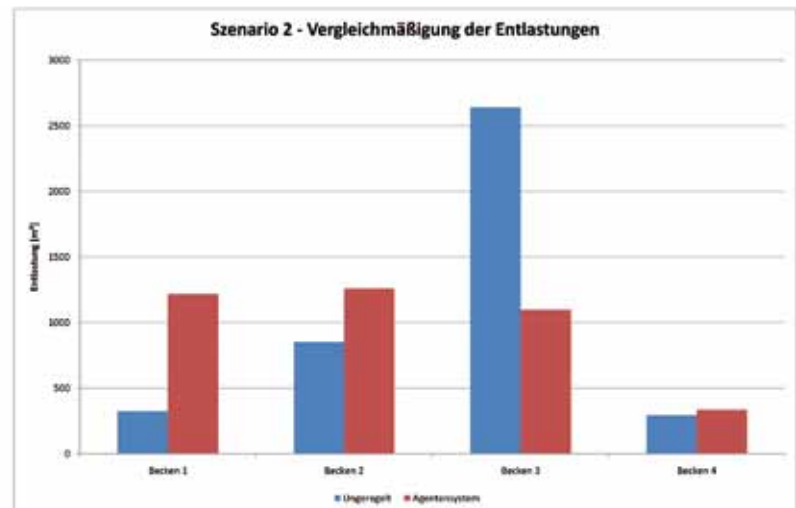


Abb. 5: Entlastung Szenario 2

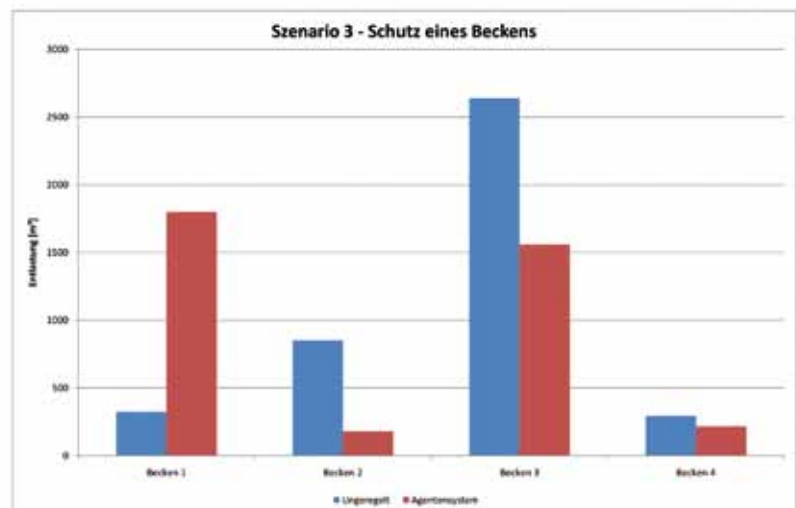


Abb. 6: Entlastung Szenario 3

# Biologische Methanoxidation bei Nitratverwertung aus Abwasser

## ABSTRACT

Energiegewinnung aus der Vergärung von biologischen Abfällen gewinnt an Bedeutung. Eine Biogasanlage produziert Biogas, in dem Biomüll, Tiermist oder nachwachsende Rohstoffe anaerob von Bakterien zu Methan und Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>) vergoren werden. Bei einer diskontinuierlich arbeitenden Biogasanlage nimmt die Methankonzentration im Laufe der Zeit kontinuierlich ab. Ab einer Konzentration von ca. 20 Prozent Methan kann das Biogas nicht mehr als Brenngas in einem Kraftwerk zur Stromerzeugung eingesetzt werden, da der Brennwert zu klein ist. Im Rahmen dieses Projekts wird versucht, die biologische Methanoxidation an eine Denitrifikation von Abwasser zu koppeln, wobei Nitrat als Sauerstofflieferant für die Bakterien dient. Dadurch könnten zwei Prozesse miteinander vereint werden: der Abbau von Nitrat im Abwasser und der Abbau von Methan aus der Gasphase.

## PROJEKTL EITUNG

Prof. Dr. Astrid Rehorek  
Forschungskompetenzplattform  
STEPS: [www.fh-koeln.de/STEPS](http://www.fh-koeln.de/STEPS)  
Fakultät für Angewandte  
Naturwissenschaften  
[astrid.rehorek@fh-koeln.de](mailto:astrid.rehorek@fh-koeln.de)  
Thomas Vögele  
Geschäftsführer  
Vögele Apparatebau GmbH  
Dr. Imre Pascik  
Geschäftsführer  
Bioconsulting Dr. I. Pascik  
Heinz Fischmann  
Beratung und Planung von Abluft-  
und Abwasserreinigungsanlagen  
UmweltSchutz Systeme/  
Ing. Büro Bonn

**Z**iel der Untersuchungen ist es, Restmethan aus Bioabgas für den biologischen Abbau von Nitrat im kommunalen Abwasser an Stelle von Methanol zu verwenden, das als H<sup>+</sup>-Donator beziehungsweise als Reduktionsmittel bei der Denitrifikation eingesetzt wird. Seit Jahren ist bekannt, dass in der Natur Vorgänge existieren, bei denen Methan in sauerstoffarmem oder -freiem Milieu in Gegenwart von Nitrat oder Nitrit biologisch oxidiert wird [1]. Im Jahr 2006 haben niederländische Forscher die Existenz dieses Phänomens bestätigt. In einem See in Japan wurde eine Bakterienschmuckkultur entdeckt, die Methan mit Hilfe von Nitrat in sauerstoffarmen Wassertiefen oxidiert und so verstoffwechseln kann. Allerdings gelang es den Forschern nicht, die einzelnen Bakteriengattungen der Schmuckkultur aus dem See zu bestimmen.

## Biologische Methanoxidation

Bei der aeroben Methanoxidation bauen die Methan oxidierenden Bakterien in Gegenwart von molekularem Sauerstoff Methan zu CO<sub>2</sub> und H<sub>2</sub>O ab. Dabei wird ein Teil des Kohlenstoffs in die Bakterienmasse assimiliert, wodurch das Bakterienwachstum gewährleistet wird. (Abb. 1)

Im ersten Schritt wird Methan in Gegenwart von Sauerstoff mit Hilfe des Enzyms Methanmonooxygenase (MMO) zu Methanol oxidiert, gleichzeitig wird der Sauerstoff zu H<sub>2</sub>O reduziert. Dabei spaltet die Methanmonooxygenase die O-O-Bindung und NADH<sup>+</sup> dient als Reduktionsmittel

und wird oxidiert [2,3]. Dann wird Methanol über Methanoldehydrogenase zu Methanal (Formaldehyd) weiter oxidiert. Der entstandene Formaldehyd wird entweder über das Enzym Formaldehyddehydrogenase zu Ameisensäure umgewandelt oder in die Bakterienmasse assimiliert. Im letzten Schritt wird die Ameisensäure über die Formaldehyddehydrogenase zu CO<sub>2</sub> umgewandelt [4]. Der Ablauf der biologischen Methanoxidation durch methanotrophe Bakterien ist in Abb. 1 dargestellt.

Da Methanol für die Denitrifikation benötigt wird, sollte die Methanoxidation durch methanotrophe Bakterien nach Entstehung von Methanol aufhören. Unter sauerstofflimitierten Milieubedingungen verläuft die Oxidation von Methan nicht vollständig ab, so dass Methanol als Zwischenprodukt ausgeschieden wird, welches von methylophilen Bakterien z.B. der Gattung *Hyphomicrobium* als Wasserstoffdonator für die Denitrifikation genutzt werden kann [5].

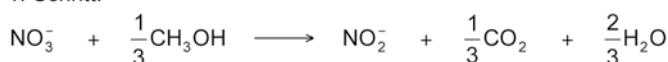
## Denitrifikation

Die Denitrifikation ist die Umwandlung von Nitrat über Nitrit zu elementarem Stickstoff, die mit Hilfe von denitrifizierenden Bakterien geschieht. In dieser zweistufigen Redoxreaktion sind Nitrat und Nitrit Elektronenakzeptoren, als Elektronendonatoren dienen organische Verbindungen, wie Methanol [6] (siehe Abb. 1).

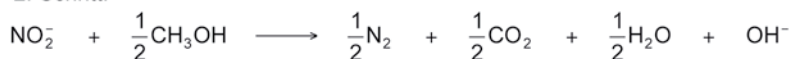
Bei der Denitrifikation wird organischer Kohlenstoff, genau wie bei aeroben Oxidation,



1. Schritt:



2. Schritt:



Gesamtreaktionsgleichung

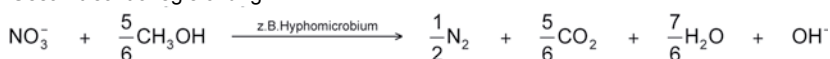


Abb. 1: Aerobe Methanoxidation

oxidiert, jedoch wird hier der Sauerstoff aus Nitrat und Nitrit verwendet. Nitrat kann von sehr vielen Bakterienarten veratmet werden, wie etwa von *Micrococcus*, *Pseudomonas* (*Pseudomonas stutzeri*, *Pseudomonas aeruginosa* und *Pseudomonas denitrificans*), *Bacillus*, *Hyphomicrobium*. Diese Bakteriengattungen sind in der Lage, sowohl Sauerstoff als auch Nitrat für den Energiestoffwechsel zu benutzen oder zu veratmen. Dabei verläuft die Denitrifikation langsamer als die aerobe Oxidation, da Sauerstoff von der Bakterienzelle leichter verwendet werden kann als Nitrat. Somit wirkt die Gegenwart von gelöstem Sauerstoff auf die Denitrifikation inhibierend, wenn diese über 0,5 mg/L liegt. Das heißt: Bakterien oxidieren den organischen Kohlenstoff in Gegenwart von gelöstem Sauerstoff und Nitrat bevorzugt über die aerobe Oxidation mit Hilfe von Sauerstoff. Und wenn kein Sauerstoff vorhanden ist, wird Nitrat als Sauerstoffquelle für die Oxidation vom organischen Kohlenstoff verwendet.

### Ziel der Untersuchungen

Das primäre Ziel war, die Kinetik der methanotrophen und der methylotrophen oder der denitrifizierenden Bakterien in einer Batch-Apparatur zu untersuchen. Dabei sollte geprüft werden, ob die ausgesuchten methanotrophen Reinkulturbakterien und die methylotrophen, denitrifizierenden Bakterien im kommunalen Bioschlamm in der Lage sind, Methan mit Hilfe von Nitrat einzeln oder in einer methanotrophen/methylotrophen Mischkultur zu oxidieren. Dazu sollte die Methan- und die Kohlendioxidkonzentration zeitabhängig bei unterschiedlichen Sauerstoffkonzentrationen in mehreren Batch-

Versuchen mit Hilfe von GC-MS-Analysen verfolgt werden. Parallel dazu sollte der Nitratabbau photometrisch erfasst werden, um den Effekt der Denitrifikation zu erfassen. Um das Wachstum der methanotrophen Reinkultur zu verfolgen, wurde die Trübung, der pH-Wert und der Trockenmassegehalt der Reinkultur stetig gemessen.

Der für die Untersuchungen benötigte methylotrophe denitrifizierende Bioschlamm sollte aus einem kommunalen eingedickten Bioschlamm in einem Bioreaktor mit Methanol, Luft und Nitrat angezüchtet werden. Dabei sollte der pH-Wert, der Trockenmassegehalt und der Schlammindex regelmässig gemessen werden. Nach der Anzüchtung sollte der methylotrophe Bioschlamm ebenfalls in der Batch-Apparatur auf den Methan- und Nitratabbau hin untersucht werden. Schließlich sollte die methanotrophe Reinkultur und der methylotrophe angezüchtete kommunale Bioschlamm in Mischung auf den Methan- und Nitratabbau hin untersucht werden. Dabei sollten auch mikroskopische Untersuchungen durchgeführt werden, um zu erfassen, wie sich die Reinkultur im Bioschlamm verhält.

### Durchführung der Untersuchungen

#### Gase

Für die Kalibrierung des GC-MS-Analysengerätes, für die Fütterung der Bakterien und Durchführung der Batch-Versuche wurde ein Prüfgasgemisch oder ein synthetisch hergestelltes Biogas verwendet. Das Gasgemisch hatte folgende Zusammensetzung: 60,00 vol% Methan, 39,85 vol% Kohlendioxid und 0,15 vol% Schwefelwasserstoff. Für die Einstellung der benötigten Sauerstoff- und Methankonzentration wurde Umgebungsluft und Stickstoff 5.5 verwendet.

### Methanotrophe Reinkulturbakterien und ihr Nährmedium

Die methanotrophe Reinkultur *Methylocystis rosea* wurden bei der Zellkulturbank „Deutsche Sammlung für Mikroorganismen und Zellkulturen“ (DSMZ) gekauft. Um diese am Leben zu erhalten und zu vermehren wird eine Nährlösung benötigt, die aus mehreren Komponenten besteht. Außerdem benötigen die Bakterien Luft, Methan und Kohlendioxid im Verhältnis 80:19:1. Die optimale Temperatur liegt bei 25°C und der pH-Wert sollte zwischen 4 und 5,2 liegen. Die Nährlösung wird laut DSMZ aus 5 verschiedenen Salzlösungen zusammengesetzt. Lösung 1 beinhaltet 1000 ml voll

entsalztes Wasser, 10 g  $\text{KNO}_3$ , 10 g  $\text{MgSO}_4 \times 6 \text{ H}_2\text{O}$  und 2 g  $\text{CaCl}_2 \times 2 \text{ H}_2\text{O}$ . Die Lösung 2 besteht aus 1000 ml VE-Wasser und 3,8 g Fe EDTA. Die Lösung 3 beinhaltet 1000 ml VE-Wasser und 0,26 g  $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \times 2 \text{ H}_2\text{O}$ . Die Spurenelemente-Lösung beinhaltet 100 ml VE-Wasser, 25 mg EDTA-Dinatrium-Salz, 100 mg  $\text{CuSO}_4 \times 5 \text{ H}_2\text{O}$ , 50 mg  $\text{FeSO}_4 \times 7 \text{ H}_2\text{O}$ , 40 mg  $\text{ZnSO}_4 \times 7 \text{ H}_2\text{O}$ , 1,5 mg  $\text{H}_3\text{BO}_3$ , 5 mg  $\text{CoCl}_2 \times 6 \text{ H}_2\text{O}$ , 2 mg  $\text{MnCl}_2 \times 4 \text{ H}_2\text{O}$  und 1 mg  $\text{NiCl}_2 \times 6 \text{ H}_2\text{O}$ . Die Phosphat-Puffer-Lösung besteht aus 1000 ml VE-Wasser, 71,6 g  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \times 12 \text{ H}_2\text{O}$  und 26 g  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ . Zur Herstellung der Nährlösung werden 100 ml der Lösung 1 in einem 1L-Messkolben auf 1L mit VE-Wasser verdünnt. Dann werden 1 ml der Lösung 3, 1 ml der Spurenelemente-Lösung und 0,1 ml der Lösung 2 zugegeben und homogenisiert. Für die Vermehrung und Rückhaltung der Reinkulturlösung wurden 100-ml-Fläschchen mit einem Septum in der Verschlusskappe verwendet. Diese wurden mit der Nährlösung befüllt und bei 115° C und 1 bar in einem Autoklav autoklaviert. Nach dem Abkühlen wurde zu jedem Fläschchen die autoklavierte, abgekühlte Phosphat-Puffer-Lösung im Verhältnis 10 ml Pufferlösung auf 1L Nährlösung hinzugegeben. Dann wurde in jedes Fläschchen die Stammkulturlösung im Verhältnis 1 zu 50 gegeben und mit dem oben beschriebenen Biogas versetzt. Zum Schluss wurden die Bakterien bei 25° C im Brutschrank bei regelmäßiger Durchmischung für vier Tage bebrütet.

### Anzucht des methylotrophen und denitrifizierenden Bioschlammes

Für die Untersuchungen wurde ein kommunaler eingedickter Bioschlamm aus einer kommunalen Kläranlage verwendet. Dazu wurde der Bioschlamm zunächst mit Wasser 1:5 verdünnt und in einen Bioreaktor überführt (Abb. 3). Im Bioreaktor wurde der Bioschlamm von unten mit Luft belüftet. Als zweite Sauerstoffquelle wurde eine Nitratlösung mit einer Kolbenpumpe kontinuierlich zudosiert. Als Methanersatz wurde eine 1,66%-ige Methanollösung mit einer Kolbenpumpe 600 ml pro Tag zudosiert. Mit einem pH-Regler wurde der pH-Wert im Bioschlamm auf pH 7,5 gehalten. Dabei wurde Natronlauge bei pH-Werten kleiner 6,5 zudosiert und bei pH-Werten größer 8,0 Salzsäure. Der überschüssige Schlamm wurde im Überlaufbecken oder im Absetzbecken gesammelt und mit einer Schlauchpumpe nach dem Absetzen wieder in den Bioreaktor gepumpt. Die klare Flüssigkeit im

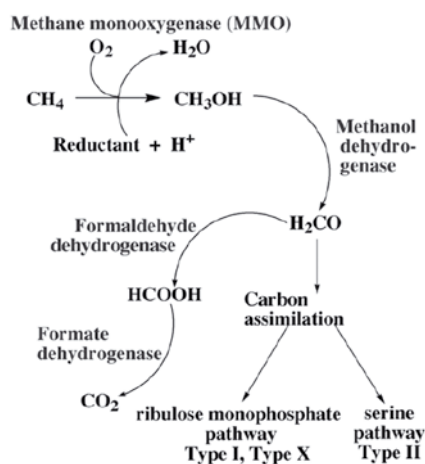


Abb. 2: Ablauf der biologischen Methanoxi- dation durch methanotrophe Bakterien [4]

Absetzbecken lief über und wurde in einem Behälter gesammelt. Der methylotherpe und denitrifizierende Bioschlamm wurde über 8 Wochen mit Luft, Nitrat und Methanol versorgt, dabei wurde der pH-Wert und die Trockenmassesubstanz ständig überwacht. Das Funktionsschema des Bioreaktors zur Anzucht des methylotherpen Bioschlammes ist in Abb. 2 dargestellt.

### Durchführung der Batch-Versuche

Die Batch-Apparatur (Abb. 4) besteht aus einem 4-Halsrundkolben, der direkt mit einem Vakuum-Manometer verbunden ist, um den Systemdruck zu messen. Unter dem Rundkolben befindet sich ein Magnetrührer, um die Homogenisierung der Flüssigkeit zu gewährleisten. Die Stützen des Rundkolbens enthalten jeweils ein Septum über den die Möglichkeit entsteht, eine Flüssigkeitsprobe und eine Gasprobe direkt über dem Flüssigkeitsspiegel mit einer gasdichten Spritze zu entnehmen. Beim ersten Batch-Versuch mit der Reinkultur *Methylocystis rosea* wurde der Rundkolben mit 50 mL Reinkulturlösung und 1800 mL Nährlösung befüllt und vorsichtig gerührt. Die Reinkulturlösung war vorher mit Hilfe der Stammkultur hergestellt und bebrütet worden. Dann wurde die Apparatur luftdicht verschlossen und mit Hilfe einer Wasserstrahlpumpe evakuiert. Dabei wurde bei jedem Versuch je nach

benötigter Sauerstoffkonzentration ein anderer Restluftdruck eingestellt. Im nächsten Schritt wurde der Rundkolben mit dem synthetischen Biogas (Prüfgas), bestehend aus Methan, CO<sub>2</sub> und H<sub>2</sub>S gefüllt, so dass sich ein Systemdruck von ca. 1100 mbar abs. einstellt. Nach einer kurzen Belüftungszeit wurde der Magnetrührer eingeschaltet und die Konzentrationsmessung der Gasphase über der Reinkulturlösung gestartet. Mit einer gasdichten Spritze wurden genau 5 µL der Gasprobe oberhalb des Flüssigkeitsspiegels entnommen und mit GC-MS analysiert. Jede Stunde wurde eine neue Gasprobe entnommen und mit GC-MS analysiert bis die Methankonzentration auf null gesunken war.

Parallel dazu wurde zweimal pro Tag eine Flüssigkeitsprobe mit einer Spritze, ausgestattet mit einem Filter, entnommen und auf Veränderung der Nitratkonzentration hin geprüft. Nach Beendigung jedes Batch-Versuchs wurden die Extinktion, der pH-Wert und der Trockenmassengehalt der Reinkulturlösung bestimmt und damit das Bakterienwachstum verfolgt. Nach diesem Prinzip wurden auch die Versuche mit dem angezüchteten methylotherpen Bioschlamm und dem Gemisch aus der methanotrophen Reinkultur und dem angezüchteten methylotherpen Bioschlamm durchgeführt.

### Chemische Analysen

Die Konzentrationen der Gase Methan und CO<sub>2</sub> in der Gasphase wurden mit dem GC-MS-Analysegerät (Gaschromatograph mit massenspektrometrischer Detektion) von Typ QP 5050 der Firma Shimadzu bestimmt. Dazu wurden die Gasproben mit einer gasdichten Spritze, jeweils 5 µL, aus der Versuchsanordnung entnommen und in die GC-MS injiziert. Im GC wurde eine Kapillarsäule der Firma Restek von Typ Rt-QSPLOT: 30m x 0,25mm I.D., 0,25µm verwendet. Als Trägergas wurde Helium eingesetzt. Es wurde das folgende Ofen-Temperaturprogramm verwendet: 30°C 4 min halten, auf 150°C mit der Steigung von 250 °C/min aufheizen und 6 min halten. Folgende Parameter wurden außerdem für die Gasanalyse eingestellt: Injektionstemperatur 40°C, Säuleneingangsdruck 48,9 kPa, Gasvolumenstrom in der Säule 1,1 mL/min, Splitrate 45, Totale Gasvolumenstrom 50 mL/min.

Der Gehalt an NO<sub>3</sub><sup>-</sup> und NO<sub>3</sub>-N in der Reinkulturlösung und in dem angezüchteten Bioschlamm wurde mit Küvetten-Test LCK 340 und dem Photometer LASA 100 der Firma Hach-Lange bestimmt. Die Extinktion der Reinkulturlösung wurde mit dem UV/VIS-Spektralphotometer der Firma Hach-Lange von Typ LASA 100 bestimmt. Vor der Messung wurde die Reinkulturlösung ca. 1 min gut durchgeschüttelt. Dann wurde die Lösung in die Küvetten (Schichtdicke: 50 mm) der Firma Hach-Lange von Typ LZF 341 abgefüllt und bei 605 nm die Extinktion gemessen. Vor jeder Messung wurde der Nullpunkt mit destilliertem Wasser bei 605 nm gesetzt. Der Trockenmassesubstanzgehalt (TS) angegeben in g Trockenmasse pro L Schlamm wurde gemäß DIN EN 12.880 bestimmt.

### Ergebnisse

Bei den Untersuchungen des Wachstums der methanotrophen Bakterien der Gattung *Methylocystis rosea* (Abb. 5 und 6), sind die Bakterien während des 14-tägigen Versuches mit einer mittleren Wachstumsrate von 9,4 mg pro L und pro h gewachsen. Dabei ist der Anfangswert der Trockenmassesubstanz (TS) von 0,21 g/L auf 3,04 g/L gestiegen. Das entspricht einer 14,5-fachen Zunahme der Trockenmasse. Das Bakteriumwachstum verhielt sich gemäß folgender Gleichung:

$$TS[g/L] = 0,189 \cdot e^{0,008 \cdot t[h]}$$

Der pH-Wert stieg leicht vom Anfangswert 6,0 auf 6,5. (Abb. 4 und 5). Während der Untersuchung der Substratverwertung der Rein-

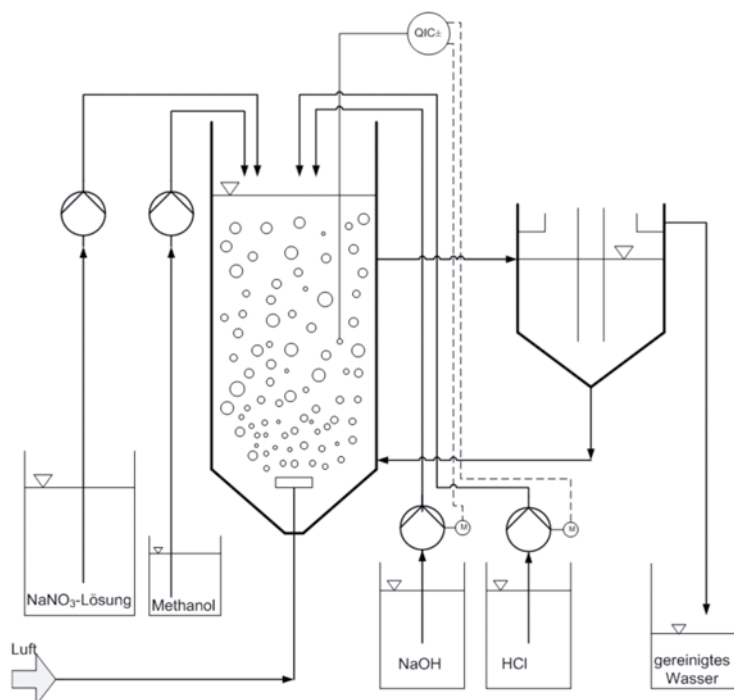
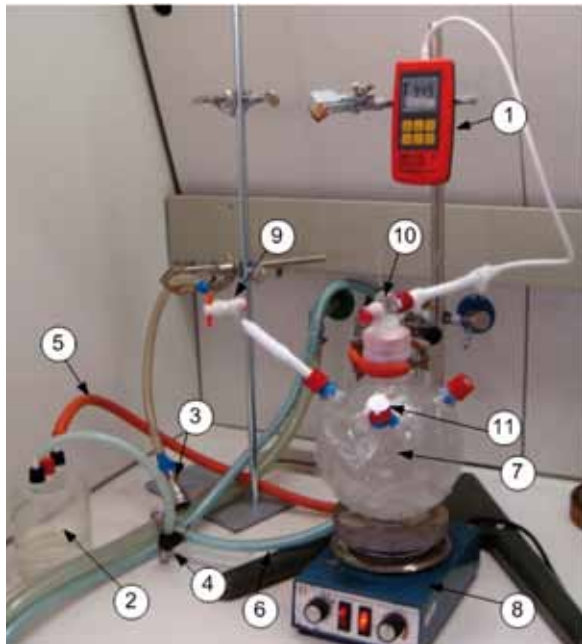


Abb. 3: Bioreaktors zur Anzucht des methylotherpen Bioschlammes



- ① Vakuum-Manometer
- ② Wulfsche Flasche
- ③ Verschlusskupplung
- ④ Verschlussnippel
- ⑤ Schlauch zur Wasserstrahlpumpe
- ⑥ Schlauch zur Prüfgasflasche
- ⑦ 4-Halsrundkolben 2 L
- ⑧ Magnetrührer
- ⑨ Absperrventil
- ⑩ Aufsatz mit Glasritze
- ⑪ Entnahmestutzen für Gas- und Flüssigkeitsproben

Abb. 4: Apparatur zur Durchführung der Batch-Versuche

kultur *Methylocystis rosea* wurden mehrere Versuche mit unterschiedlichen Methan- und Sauerstoffkonzentrationen durchgeführt. Dabei wurde festgestellt, dass die Bakterien unter normalen Bedingungen, wie 26 vol% Methan und 12 vol% Sauerstoff, ein gutes Wachstum haben und eine mittlere Verbrauchsrate an Methan von 0,27 bis 0,40 mmol CH<sub>4</sub> pro L Gas pro h erbringen (Abb. 5). Dabei verhielt sich der Methanabbau gemäß folgender Gleichung:

$$c_{\text{CH}_4} [\text{mmol/L}] = -0,0099 \cdot t^2 - 0,1715 \cdot t + 12,6$$

Daraus hat sich die spezifische Verbrauchsrate von Methan von 0,057 mmol CH<sub>4</sub> pro g TS pro h ergeben und eine Gesamtbio-massenausbeute  $Y_{\text{xs}}$  von 0,26 g TS pro mmol CH<sub>4</sub>. Während bei den Versuchen, die nicht bei optimalen Bedingungen durchgeführt wurden, wie bei einer Methankonzentration von 28 vol% und 4 vol% Sauerstoff, festgestellt wurde, dass die Bakterien nicht so schnell Methan abbauen können. Die mittlere Methanverbrauchsrate liegt hier bei 0,26 mmol CH<sub>4</sub> pro L Gas pro h, also 1,5-mal kleiner als bei Normalbedingungen, obwohl die Bakterienkonzentration um 1,5-fache größer war als bei den Versuchen bei Normalbedingungen. Daraus kann man schließen, dass die Bakterien der Reinkultur *Methylocystis rosea* bei kleinen Sauerstoffkonzentrationen ab 4 vol% sehr langsam oder kaum Methan abbauen können, auch wenn die Methankonzentration den optimalen Bedingungen entspricht. Was auch

bedeutet, dass diese Bakteriengattung nicht in der Lage ist andere Sauerstoffquellen in Anspruch zu nehmen, wie etwa Nitrat. Denn die Nitratkonzentration blieb bei allen Versuchen mit dieser Kultur konstant. Bei den Untersuchungen der Substratverwertung durch den mit Methanol angezüchteten Bioschlamm, wurde festgestellt, dass die Bakterien aus dem angezüchteten kommunalen Bioschlamm Methan nur sehr wenig oder überhaupt nicht abbauen können. Der Verlauf der Methankonzentration verhielt sich fast genauso wie der Konzentrations-

verlauf beim Löslichkeitsversuch beim Lösen von Methan in der Nährlösung (Abb. 7). Die Versuche haben außerdem gezeigt, dass die Bakterien aus dem angezüchteten Bioschlamm in der Lage sind, Nitrat als ihre zweite Sauerstoffquelle an Stelle von molekularem Sauerstoff, zu benutzen. Dabei ist die Nitratkonzentration NO<sub>3</sub><sup>-</sup> von 170 mg/L auf 1,5 mg/L innerhalb von 28 h gesunken (Abb. 7).

Bei den Untersuchungen der gegenseitigen Verträglichkeit zwischen der methanotrophen Reinkultur *Methylocystis rosea* und dem angezüchteten methylo-trophen Bioschlamm zeigte sich, dass den Reinkulturbakterien die Mischung mit dem Bioschlamm nicht viel ausmacht. Die mikroskopischen Untersuchungen zeigten, dass die Form der einzelnen Bakterien der methanotrophen Reinkultur nach einem viertägigen Batch-Versuch mit dem methylo-trophen Bioschlamm unverändert rund geblieben ist.

Das heißt: die Bakterien sind im guten Zustand geblieben, denn bei schlechtem Zustand würde sich die Form stark ändern. Auffällig war die viel kleinere Größe der Bakterienklümpchen der Reinkultur *Methylocystis rosea* nach dem Versuch mit Bioschlamm als in der Reinkulturlösung. Das könnte daran liegen, dass im Bioschlamm Mehrzähler wie Rädertierchen vorhanden waren, die sich von Bakterien ernähren, die somit die viel kleinere Größe der Bakterienklümpchen verursacht haben. Allerdings

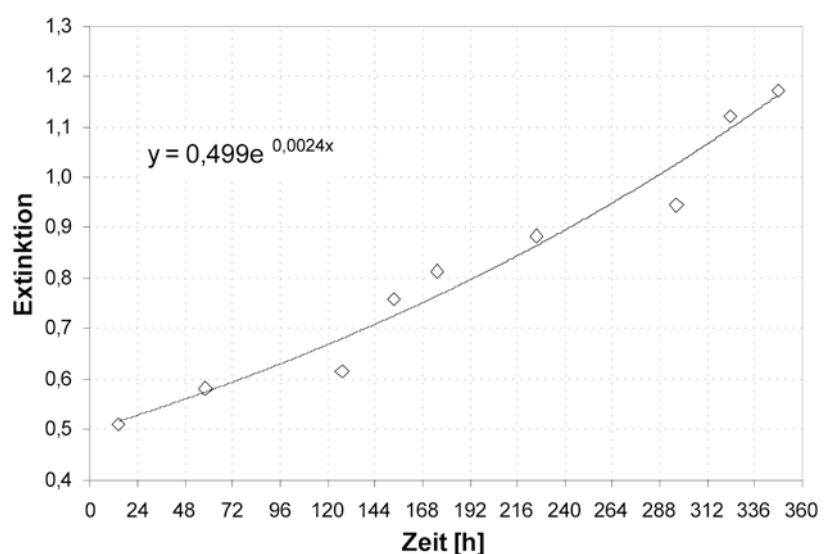


Abb. 5: Verlauf der Extinktion beim Wachstum der Reinkultur *Methylocystis rosea* in der Nährlösung

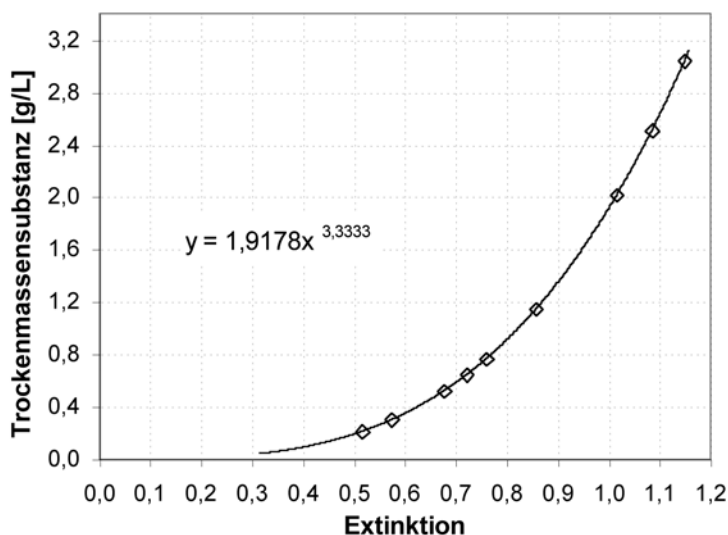


Abb. 6: Verlauf des Trockenmassengehalts in Abhängigkeit der Extinktion beim Wachstum der Reinkultur *Methylocystis rosea*

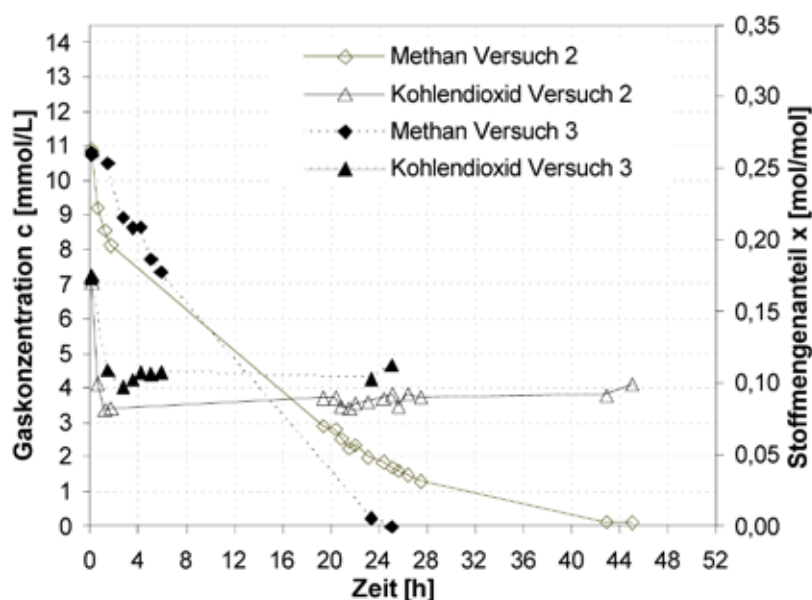


Abb. 7: Verlauf der Methan- und  $\text{CO}_2$ -Konzentration in der Gasphase bei den Versuchen mit der methanotrophen Reinkultur *Methylocystis rosea*. Versuch 3 hatte zu Beginn die 2,5-fache Menge an methanotrophen Bakterien *Methylocystis rosea* als Versuch 2.

wurden nach dem Batch-Versuch nur tote Rädertierchen in der Bioschlammischung entdeckt. Das könnte wiederum daran liegen, dass die Rädertierchen den Sauerstoffmangel oder die methanhaltige Atmosphäre nicht vertragen konnten. Aufgrund der Methanabnahme in der Gasphase oberhalb der Bioschlammischung kann man nicht mit Sicherheit sagen, dass diese von den Bakterien verursacht wurde, denn diese verläuft fast genau so wie die Löslichkeitskurve von Methan in der Nährlösung (Abb. 8). Dafür spricht, dass die Bakterien *Methylocystis rosea* längere Zeit brauchen, um sich in der neuen Umgebung zu adaptieren und um

Methan so schnell zu verbrauchen, dass dieser Effekt in der Messung sichtbar wird. Der Verlauf der  $\text{CO}_2$ -Konzentration zeigt, dass fast kein  $\text{CO}_2$  produziert wurde. Obwohl dies von den Bakterien des Bioschlammes zu erwarten war, denn sie hatten zu Beginn des Versuches genug Methanol zur Verfügung. Bei den mikroskopischen Untersuchungen (siehe Abb. 9) wurde festgestellt, dass auch die Bakterien aus dem Bioschlamm die Zusammenführung mit den Bakterien der Gattung *Methylocystis rosea* gut überstanden haben. Das war deutlich zu erkennen, da die Bakterien aus dem Bioschlamm überwiegend stäbchenförmig sind und sich sehr

schnell fortbewegen. Das bedeutet, dass sich die Bakterien des Bioschlammes genauso wie die Reinkulturbakterien zuerst an die neue Umgebung adaptieren müssen, um so viel  $\text{CO}_2$  zu produzieren, dass der Zunahmeeffekt sichtbar wird. Im Gegensatz zur  $\text{CO}_2$ -Konzentration hat die Nitratkonzentration stark abgenommen. Dabei wurde Nitrat bereits innerhalb von drei Tagen vollständig verbraucht. Dieser Aspekt spricht auch dafür, dass die Bakterien aus dem Bioschlamm die Zusammenführung überlebt haben und Nitrat aus Sauerstoffmangel in der Flüssigkeit zur biologischen Oxidation benutzt haben, obwohl fast kein  $\text{CO}_2$  produziert wurde. Das könnte bedeuten, dass die Bakterien das Substrat nicht vollständig oxidiert haben um Biomasse zu erzeugen.

### Zusammenfassung der Ergebnisse

Zusammenfassend kann man sagen, dass die methanotrophen Reinkulturbakterien *Methylocystis rosea* Methan in Gegenwart von mindestens 11 vol% Sauerstoff abbauen können. Bei kleineren Sauerstoffkonzentrationen entsteht Sauerstoffmangel. Da die Bakterien jedoch offensichtlich nicht in der Lage sind, Nitrat als zweite Sauerstoffquelle zu nutzen, sinkt die Methanverbrauchsrate stark ab. Die methylo trophen Bakterien im angezüchteten kommunalen Bioschlamm konnten Methanol mit Sauerstoff und Nitrat abbauen, waren aber nicht in der Lage, Methan mit Sauerstoff oder Nitrat zu oxidieren. In der Bakterienmischung bestehend aus der methanotrophen Reinkultur *Methylocystis rosea* und dem methylo trophen angezüchteten Bioschlamm konnte ebenfalls Nitrat-, Sauerstoff- und Methanolabbau festgestellt werden, aber kein Methanabbau. Das könnte an dem im Versuch noch zu geringen Adaptationszeitraum für die Bakteriemischung liegen.

### Fazit und Ausblick

Aus den Ergebnissen der oben genannten Untersuchungen lässt sich schließen, dass die Möglichkeit, Methan mit Hilfe von Nitrat biologisch zu oxidieren, nicht ausgeschlossen ist. Um diesen Effekt erreichen zu können, muss eine passende Kombination aus methanotrophen und methylo trophen denitrifizierenden Bakterien gefunden werden. Die oben genannte Mischkultur war nach ersten Versuchen noch nicht in der Lage, Methan mit Hilfe von Nitrat abzubauen. Dazu müssen weitere Langzeit-Versuche mit ähnlichen Mischkulturen bei unterschiedlichen Nitrat-, Methan- und Sauerstoffkon-

zentrationen durchgeführt werden. Nach dem Finden der richtigen Kombination der Bakterienmischung können kontinuierlich ablaufende Versuche etwa in einem Rieselfbett-Reaktor durchgeführt werden.

Astrid Rehorek

## LITERATUR

- [1] Raghoebarsing, A.A.; Pol, A.; van de Pas-Schoonen, K.T.; Smolders, A.J.P.; Ettwig, K.F.; Rijpstra, W.I.C.; Schouten, S.; Jaap S.; Sinninghe Damsté; Huub J. M. Op den Camp, Jetten, M.S.M.; Strous, M.: A microbial consortium couples anaerobic methane oxidation to denitrification (2006) // Nature. V. 440, pp. 918-921
- [2] Choi, D.W.; Kunz, R.C.; Boyd, E.S.; Semrau, J.D.; Antholine, W.E.; Han, J.I.; Zahn, J.A.; Boyd, J.M.; de la Mora, A.M. und DiSpirito, A.A. (2003): The membrane-associated methane monooxygenase (pMMO) and pMMO-NADH: quinone oxidoreductase complex from *Methylococcus capsulatus* bath. *Journal of Bacteriology* 185, pp. 5755-64
- [3] Chan, S.I.; Chen, K.H.; Yu, S.S.; Chen, C.L. und Kuo, S.S. (2004): Toward delineating the structure and function of the particulate methane monooxygenase from methanotrophic bacteria. *Biochemistry* 43, pp. 4421-30
- [4] Lieberman, R.; Rosenzweig, A. C. (2004): Biological Methane Oxidation: Regulation, Biochemistry, and Active Site Structure of Particulate Methane Monooxygenase. *Critical Reviews in Biochemistry and Molecular Biology*, 39:147–164
- [5] Werner, M. (2008): Deponiegas zur Denitrifikation von Sickerwasser aus Mülldeponien, Institut für Siedlungswasserwirtschaft, Technische Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig, Heft 53 (<http://www.tu-braunschweig.de/iswww/publikationen/schriftenreihe/heft53>)
- [6] Pascik, I. (1987). Stickstoff-Elimination aus Abwässern durch Nitrifikation und Denitrifikation. *GIT Supplement*, 1:8

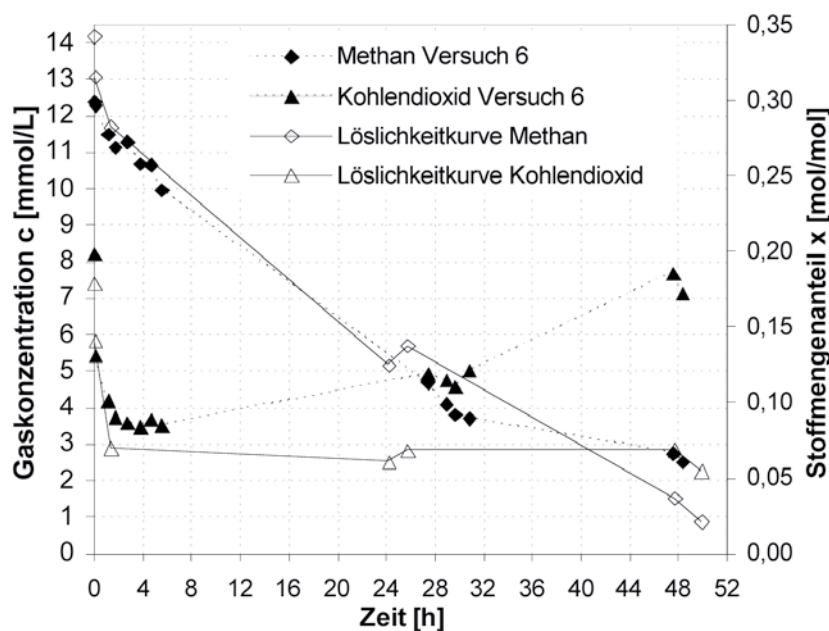


Abb. 8: Verlauf der Methan- und CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Gasphase beim Versuch mit methylo-troph angezüchtetem Bioschlamm. Die Methankonzentration verläuft fast genauso wie die Löslichkeitskurve von Methan in bakterienfreier Nährlösung.

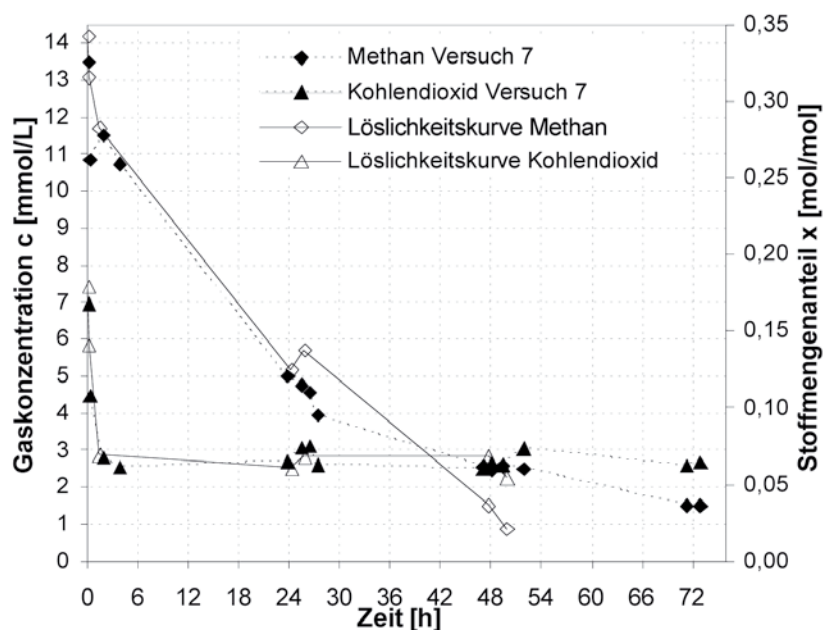


Abb. 9: Verlauf der Methan- und CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Gasphase bei dem Versuch mit der Mischkultur bestehend aus dem methylo-trophen Bioschlamm und der methanotrophen Reinkultur *Methylocystis rosea*. Die Methan- und CO<sub>2</sub>-Konzentration verläuft fast genauso wie die Löslichkeitskurve von Methan in bakterienfreier Nährlösung.

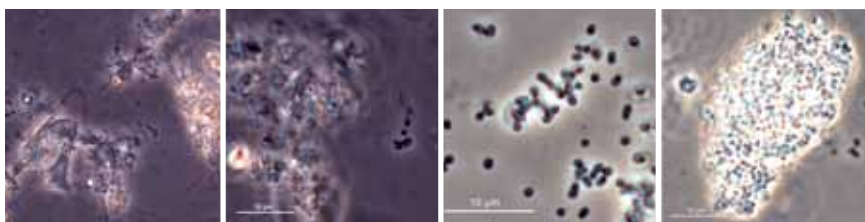


Abb. 10: Mikroskopische Aufnahmen; oben links: angezüchteter Bioschlamm bei 400-facher Vergrößerung; oben rechts: angezüchteter Bioschlamm gemischt mit der Reinkultur *Methylocystis rosea* bei 1000-fachen Vergrößerung; unten links und rechts: Reinkulturlösung der *Methylocystis rosea* bei 1000-facher Vergrößerung

# Future of Photovoltaic Systems in Germany

Renewable energy technologies for producing electricity have received greater attention in recent years due to increase in fossil fuel prices and concerns over greenhouse gases and global climate change. There are urgent needs to develop and implement renewable energy technologies that can make a substantial contribution to the increasing energy demand and solar photovoltaic (PV) is one of such technologies. PV technology for electricity generation has already proven its multi fold applications and it is accepted worldwide. PV offers possibilities to match between electricity supply and demand by generating electricity during day time, when demand of electricity and its price is also high. PV technologies have some other technical advantages compared to other electricity generating technologies i.e. they require low maintenance and can operate for long periods unattended. Moreover, if necessary, additional generating capacity can be readily added, which make them a good choice for electricity generation in remote applications. Many countries have already included different PV promotion programmes (subsidies, feed in tariff) in their national electrification plans. The PV industries are focusing their efforts in the promotion of more PV systems worldwide. Focuses are also concentrated in increasing the technical and economic performances of PV modules and systems, developing new technologies, and enacting effective government regulations and policies. Germany is the world market leader for solar PV systems installation with an estimated cumulative installed capacity of 3.8 GW by the end of 2007 (IEA-PVPS, 2008). BMU (2008a) states about 14% of German electricity was generated from renewable sources by the end of 2007. However, solar PV has still a very small share of about 4% of total electricity generated from renewable sources. Other technologies come on top of it with their share from wind around 45 %, bioenergy around 27 %, and hydropower around 24 % (BMU, 2008b). Out of all solar PV systems installed in Germany so far, about 99 % are connected to the grids and only 1 % are of off grid types (IEA-PVPS, 2008). Solar PV sector is booming worldwide and in Germany also since the be-

ginning of this century. However, high cost associated with solar PV systems is still hindering its market competitiveness and it can not survive yet in the market without subsidies and supports. Nonetheless, costs are decreasing rapidly since its commercial application started in 1980s<sup>1</sup>. It is believed that, because of rapid increase in prices of the electricity from conventional fuels on the one hand and improvements and further experiences in PV technology leading to mass production on the other hand, a day will come in future when the price of grid electricity generated from conventional fuels will be same or even higher than the price of electricity generated from solar PV. There are many market factors that may determine sooner or later occurrence of this time point. The first objective of this study is to find out the "Grid Parity Year" that is the time point in future when the electricity from grid connected PV will be able to compete with the grid electricity generated from conventional fuels, and to assess the relevant market parameters necessary for occurrence of grid parity. For this purpose, experience curves for solar PV systems available in the literatures have been analysed and these curves are extrapolated for the future with certain assumption on annual growth rates of PV installations. Using the future price of PV modules obtained from those extrapolated curves, an economic analysis has been carried out and thereby the grid parity year has been calculated.

## PV System Price in the Future

Experience curves describe how cost declines with cumulative production, where cumulative production is used as an approximation for the accumulated experience in producing and employing a technology. In general, PV modules experience curve learning rate has been projected to be 20 % by many authors (Beneking, 2007, Schaeffer et. al., 2004). If the progress ratios (PR) for PV modules are calculated for a single country, the results vary very much. Countries that have installed more PV capacity than average will show less favourable PR, such as in Germany, because the price will decline with same pace in other countries, but the number of doublings will be high-

## Abstract:

The study starts with experience curve analysis in order to find out the future prices of solar photovoltaic (PV) modules. Experience curves for 75-90 percent progress ratio are extrapolated with the help of estimated future growth rate for PV installation worldwide and current module price data until year 2060. Grid connected solar PV systems are analysed and the real grid parity year – which lies somewhere between grid parity years calculated for wholesale electricity price and end user electricity price – has been calculated. Further analysis for stand alone PV systems has been made and breakeven years for those systems have been calculated.

## PROJECT LEADER

M.Sc. Ramchandra Bhandari  
Prof. Dr.-Ing. habil. Ingo Stadler  
Fakultät für Informations-,  
Medien- und Elektrotechnik  
Institut für Elektrische Energietechnik  
bhandariramchandra@yahoo.com  
ingo.stadler@fh-koeln.de

## PROJECT PARTNERS

University of Kassel  
Federal Ministry for Education  
and Research (BMBF)

er than in average. The learning at PV module level makes no distinction between global and local learning, since most of the module manufacturing is done by internationally operating companies and there is extensive exchange of scientific and technological information on module technology. This is why an experience curve for world module price has been extrapolated and the values are used in calculations for Germany in this paper. In figure 1, experience curves are plotted for different progress ratios (75 %, 80 %, 85 % and 90 %) and different annual growth rates for PV installations worldwide. Different possibilities of future PV module price decrease with increase in cumulative installations can be clearly seen in figure 1. For the calculations of economic analysis, a module price decrease for 80 % PR has been used in this study.

### Grid Parity

Grid parity explains the time point when a kWh electricity generation cost using solar PV becomes equal to a kWh electricity price from grid. PV electricity generation cost per kWh has been calculated by dividing the total system cost by cumulative electricity yield from PV system throughout its life time. Grid electricity has two different prices, one at wholesale market and one at household consumer market or end user price. If a household installs a

solar PV system and intends to use 100 % of the generated electricity at house, it will save the money that would have otherwise paid as retail price for the utility. In this case, grid parity will be the meeting point of generation price and end user price, i.e. in 2012-2013 in figure 2. However, in practice, household may decide to install the system and partly use the electricity generated at home and to sell the surplus to the grid. This will result grid parity year in between of these two cases. Based on hourly values of consumption and generation pattern (considering average annual household electricity demand in Germany to be 3500 kWh and a PV system size of 3.874 kWp), possible portion of household consumption at the time of PV electricity generation has been calculated and it was found that about 42 % of the electricity from PV can be consumed at the time of generation, and rest 58 % has to be supplied to the grids, for the reference site of Cologne. This share will be different to other locations with different climate data or different electricity consumption patterns. This proportion can be transferred to estimate the electricity price that a household will virtually get from the each kWh electricity generated from PV. This price has been represented in figure 2 by solid line, in between of wholesale and end use electricity prices. It can be concluded that the grid

parity in practice will occur between the years 2017 and 2013 for PV systems with different life time (N) ranging from 25 to 40 years. If the household intends to sell the electricity solely to grid, it will receive the wholesale electricity price as revenue and in this case grid parity will be meeting point of generation price curve and wholesale electricity price curve, i.e. in 2021-2022 in figure 2 for the systems with a life time of 25 years.

### Off Grid Solar PV

Electricity price for German household customer in January 2008 was 21.43 €ct/kWh (RWE, 2008). Figure 3 shows the household electricity bill breakdown. It can be seen that the major part of bill does not fall under electricity production or wholesale price, but it falls under transmission, distribution and different taxes on electricity. If stand alone generation is opted, these major expenses of bill can be avoided. These avoided expenses can be used to invest in stand alone PV systems securing reliable and environment friendly electricity. An off grid PV system, however, is not without any demerits. The first problem with having no grid is a need for electricity storage system because there is no coincidence in time of household electricity demand and time of solar PV electricity generation. The avoided expenses by avoiding grids have to be transferred to an electricity storage device, generally a big battery bank, to ensure the household supply in no sunshine hours. The second problem is a need for an oversized PV system due to seasonal variation in available global radiation in the countries like Germany, which lie at high latitude. As PV generator is the most expensive component of PV systems, it will increase overall system cost significantly, making a kWh electricity generation cost very expensive. The question becomes, is it economically feasible to eliminate the grids – and hence to avoid grid associated costs – while allowing the need of storage system as a consequence of using stand alone solar PV systems? The analysis of this question is the second objective of this study. In the analysis of off grid PV systems, system sizing is the most important step because it is a reference that determines the guaranteed supply of electricity to household throughout the year and overall costs of the PV system. For the given climate data and electricity demand data, the system size for Cologne, Germany has been calculated as module size of 22.105 kWp and battery capacity of 71.783 kWh. Battery is supposed to supply the household electricity demand up to four consecutive no sun days.

<sup>1</sup> In year 2060, an estimated module price will be 0.28, 0.51, 0.89, and 1.52 €/kWp for PRs of 75, 80, 85, and 90 %, respectively.

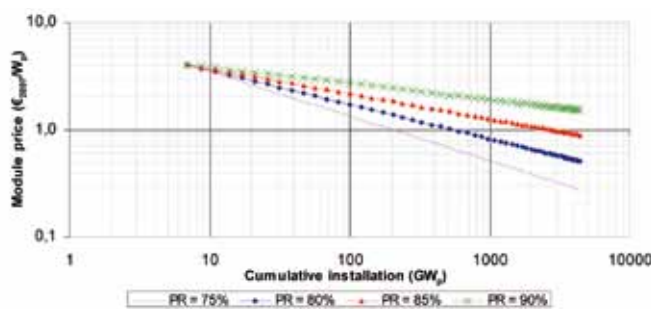


Figure 1: PV experience curve based on world module price (2006-2060)

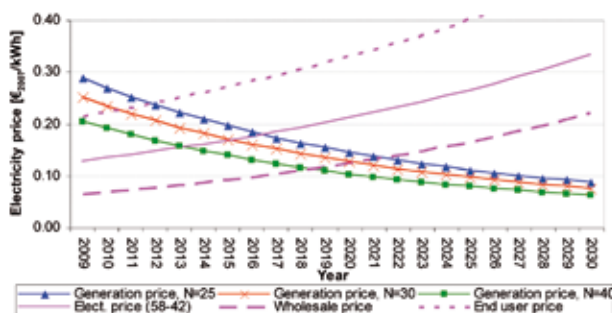


Figure 2: Grid parity year

## Breakeven Year

Under the module price decrease in accordance with the values given in figure 1, and end user electricity price increase at the yearly growth rate of 4 % from base year price (21.43 €/kWh), stand alone PV system in German household will not be economically at breakeven within next decades as shown in figure 4. If the conditions of the assumption of this study come true, stand alone solar PV systems in Germany will be economically at breakeven point in the year 2034, 2030 and 2026 for systems with life time of 25, 30 and 40 years, respectively. However, the results are very positive for the hypothetical case of no seasonal variations (NSV). In this case, as shown in figure 4, the breakeven years will be between year 2016 and year 2023 for the systems with different life times. The biggest problem for stand alone systems in the countries like Germany is seasonal variations that cause major fluctuations in monthly average solar radiation. This will ultimately result an enormous PV system size in order to ensure continuous electricity supply to households in all months of the year. However, if the system is designed to cover the full electricity demand of only 11 or 10 months and the partial demand of one or two months, the system size will decrease significantly and thereby a kWh PV electricity generation cost could also be very less. This is not impossible to do so by compromising certain welfare for the period of one or two months and by applying different household energy management measures.

## Conclusions

With scarcity of fossil fuels and their negative environmental impacts, there is no convincing solution to generate electricity other than exploiting renewable energies. Solar PV is one of the major proven options for electricity generation in the future. The economic analysis shows that grid connected PV systems are still not economically feasible in Germany under the boundary conditions used in this study. But they would make profit if systems with longer life time of up to 40 years are available. If the electricity consumption at the time of generation can be increased, the PV systems will be economically more feasible. This can be done, for example, by applying demand side management approaches at household level or by using plug in electrical vehicles that are expected to enter market in near future. PV systems should be promoted vigorously in the countries with higher annual average solar radiation, where those systems are already at breakeven. Installations

in those sites will help doubling the cumulative installation worldwide and it will ultimately help to reduce module prices worldwide being PV module a global product. The study shows that stand alone solar PV systems are not economically feasible to German households at present. Household customers will benefit by buying the electricity from grids instead of installing a solar PV system for the next more than two decades. This is mainly because of high investment costs needed for a big system size that is required to ensure electricity supply in all seasons of the year. Once a kWh PV electricity cost is decreased, it will bring breakeven and grid parity years sooner. If low latitude locations of the world are considered, there is less or no seasonal variation in monthly average solar radiation, which leads to a smaller module size and the costs for a kWh electricity generation are less. At present, interruption in electricity supply is not a question in Germany, but it can not be ruled out in coming decades and in that case stand alone PV systems might be the only reliable and popular sources of electricity supply. Moreover, stand alone PV systems might be the right choices as of today in the locations without any existing grids, for example in black forests of south Germany.

Ramchandra Bhandari/Ingo Stadler

## REFERENCES

- Beneking, C. (2007): Perspective for industrial development. In Proceedings of the Second Photovoltaic Mediterranean Conference. Athens, Greece, 19-20 April
- BMU, (2008a): Electricity from renewable energy sources - What does it cost us? Berlin, Germany
- BMU, (2008b): Development of renewable energy sources in Germany in 2007 - graphics and tables. Berlin, Germany
- IEA-PVPS (International Energy Agency - Photovoltaic Power System Programme), 2008 Trends in photovoltaic applications - survey report of selected IEA countries between 1992 and 2007. IEA-PVPS T1-17:2008. IEA, Paris, France
- RWE, 2008. Facts and figures 2008. RWE, Germany. [http://rwe.com.online-report.eu/factbook/en/servicepages/downloads/files/entire\\_rwe.com\\_fact08.pdf](http://rwe.com.online-report.eu/factbook/en/servicepages/downloads/files/entire_rwe.com_fact08.pdf)
- Schaeffer, G. J., Alsema, E., Seebregts, A., Beurskens, L., de Moor, H., van Sark, W., Durstewitz, M., Perrin, M., Boulanger, P., Laukamp, H. and Zuccaro, C., (2004): Learning from the sun - analysis of the use of experience curves for energy policy purposes: the case of photovoltaic power. Final report of the Photex project. ECN-C-04-035. Energy Research Centre of the Netherlands, Petten, Netherlands

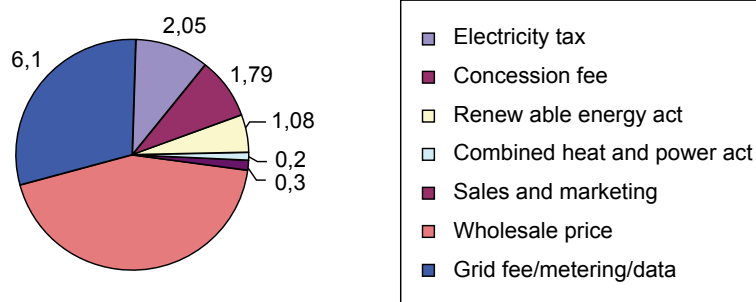


Figure 3: Composition of German electricity bill

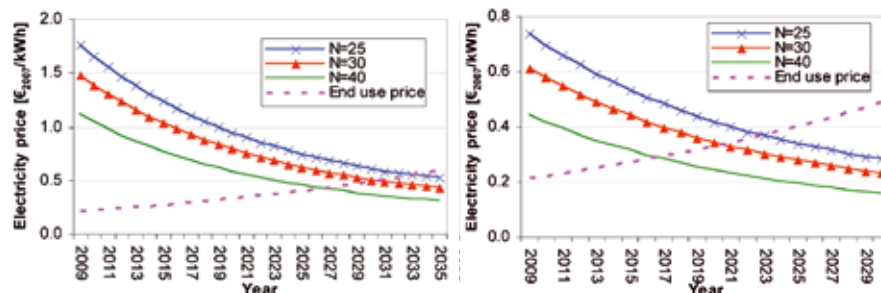


Figure 4: Breakeven year – actual case (left) and NSV case (right)





# Inhalt

**Franken, Rolf**

High Resolution Management  
durch das Zusammenspiel von RFID und  
Multiagentensystemen 148

**Fühles-Ubach, Simone**

Fraunhofer – Die Forschungsbibliothek der Zukunft 152

**Georgy, Ursula**

Innovationsstrukturen in der Informationswissenschaft –  
eine qualitative Erhebung 154

**Kiy, Manfred/Gogoll, Frank/Veit, Wolfgang**

Das ZAW-Simulationsmodell in der  
volkswirtschaftlichen Lehre 158

**Klein-Blenkers, Friedrich**

Rechtsformen der Unternehmen 161

**Kowalski, Susann**

Verhalten von Studierenden in derselben  
Vorlesung in China, Deutschland und Russland 163

**Materne, Stefan**

Rückversicherung: Aktuelle Entwicklungen 167

**Reinhardt, Winfried**

Verbundforschungsprojekt VerSiert 169

**Sander, Harald**

Die Rolle ökonomischer, kultureller  
und politischer Rahmenbedingungen für  
globale Bankaktivitäten 171

DIENSTLEISTUNGEN IM GESELL-  
SCHAFTLICHEN, WIRTSCHAFTLICHEN  
UND TECHNOLOGISCHEN WANDEL

CLUSTER 8

# High Resolution Management durch das Zusammenspiel von RFID und Multiagentensystemen

In der Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) sind seit einigen Jahren viele neue Entwicklungen zu beobachten, deren Auswirkungen auf das Management von Unternehmen – vor allem in deren Zusammenspiel – bisher nur in Schemen absehbar sind. RFID, Multiagentensysteme, UMTS, GPS, P2P-Netze sind nur einige dieser neuen Entwicklungen<sup>1</sup>.

Die betriebswirtschaftlichen Änderungen laufen unter Schlagworten wie „Internet der Dinge“, „High Resolution Management“, „real time enterprise“, „mobiles Business“ und viele mehr<sup>2</sup>. Dieser Aufsatz zeigt, was die Kombination dieser Technologien für das Management von Unternehmen leisten kann. Dabei stellen wir kurz die Konstruktionsprinzipien und Denkweisen für ein neues Paradigma zur Entwicklung von Management-Unterstützungssystemen dar. Die dargestellten Elemente wurden oder werden in verschiedenen Forschungsprojekten entwickelt. Es existieren Prototypen, die ihre Funktionalität demonstrieren.

## Basismodell für die Beschreibung von Handlungseinheiten

Besonders die Diskussion des „Internet der Dinge“ basiert auf der Annahme einer Trennung zwischen der Welt des Wissens und der realen Welt. Diese Modellannahme eignet sich für jede Beschreibung einer Handlungseinheit, Menschen ebenso wie Unternehmen. Eine Handlungseinheit ist ein Objekt der realen Welt, welches über eine eigene Vorstellung von der realen Welt verfügt und aufgrund dieser Vorstellung die reale Welt gemäß seinen Zielen und Werten zu beeinflussen sucht. Das Handeln ist die Beeinflussung der realen Welt. Die Vorstellungen sind Teil der Welt des Wissens. Die Verbindungen zwischen realer Welt und Welt des Wissens sind die Wahrnehmung und die Handlung. Handlungseinheiten sind also sowohl Objekte der realen Welt als auch Wissensträger für die virtuelle Welt des Wissens. Ihre Fähigkeiten bestimmen sich aus ihren kognitiven Fähigkeiten zur Veränderung der Wissenswelt und ihren physischen Fähigkeiten zur Veränderung der realen Welt.

## ABSTRACT

RFID, UMTS, Multiagentensysteme ... verändern die Wissenswelt von Unternehmen. Die Nutzung ihres Potenzials erfordert ein neues Paradigma für die Gestaltung und Nutzung von Managementsystemen. Basierend auf den Erfahrungen dieses Forschungsprojekts werden wir aufzeigen, wie die RFID-Informationen aufgenommen, verarbeitet und in ein neues Managementkonzept für ein flexibles, dynamisches Unternehmen umgesetzt werden können.

## PROJEKTLEITUNG

Prof. Dr. Rolf Franken  
Fakultät für  
Wirtschaftswissenschaften  
Institut für Betriebswirtschaftslehre  
rolf.franken@fh-koeln.de

## PROJEKT BETEILIGTE

Udo Inden  
Zentrum für die Anwendung  
intelligenter Systeme an der FH Köln  
udo.inden@fh-koeln.de  
Prof. Dr. Petr Skobelev  
Knowledge Genesis, Samara (RUS)  
petr.skobelev@gmail.ru

## FÖRDERNDE INSTITUTION

Bundesministerium für  
Wirtschaft und Technologie

<sup>1</sup> Für einen weiteren Überblick vgl. [WAR08].

<sup>2</sup> Aus der Fülle der Literatur sei hier nur auf [BTH07], [FMF05], [FMS08] und [REI02] verwiesen.



Abb. 1: Die Welt des Wissens und die reale Welt

## Die neuen Technologien und ihre Potenziale

Aus der Fülle der neuen Technologien konzentrieren wir uns zunächst auf RFID und Multiagentensysteme. Weitere werden im Kontext umrissen.

### RFID<sup>3</sup>

RFID – Radiofrequenz Identifikation – ist eine Identifikationstechnik, die das automatische, eindeutige Erkennen und die Übermittlung wesentlicher Informationen eines physischen Objektes ermöglicht<sup>4</sup>. Die Vorteile von RFID gegenüber anderen Identifikationstechniken liegen vor allem in der automatisierten Pulkerfassung und der Möglichkeit zur Verknüpfung mit Sensoren. Daher hat die RFID-Technologie das Potenzial, permanent an beliebigen, mit den nötigen Einrichtungen ausgestatteten Orten sehr umfangreiche Detailinformationen über den Zustand der realen Welt zu erfassen. Die Menge der Informationen hängt von der Wertigkeit der mit RFID auszustattenden Objekte oder der Kritizität der Prozesse ab. Die Herausforderung für das Management eines Unternehmens liegt darin, diese Informationen zu verarbeiten, auf ihre Handlungsrelevanz hin zu analysieren und in der gleichen Geschwindigkeit darauf zu reagieren. Granularität und Aktualität von Informationen bringen nur dann Vorteile, wenn sie auch in dieser Form genutzt werden können. Ein Ansatz dies zu tun, ist der Einsatz von Multiagentensystemen.

### Multiagentensysteme<sup>5</sup>

Agenten sind autonome, intelligente, interagierende Programmeinheiten, die

- ihr eigenes Verhalten ohne Intervention von außen bestimmen können (autonom),
- ihr Verhalten an der Verfolgung ihrer gegebenen Ziele orientieren (intelligent),
- bei ihrem Verhalten von anderen Agenten oder Menschen beeinflusst werden und deren Verhalten beeinflussen können (interagierend).

Die konzeptionelle und programmiertechnische Ausgestaltung von Multiagentensystemen (MAS) ist sehr unterschiedlich. In unseren Projekten haben wir ein Multiagentensystem unseres russischen Partners Knowledge Genesis aus Samara eingesetzt, welches folgende wesentliche Charakteristika aufweist:

- Die Entwicklung des Systems basiert auf einer objektorientierten Ontologie. Die Ontologie beschreibt die Beziehungen, Verhaltensmöglichkeiten und Entscheidungsparameter der in der realen Welt als relevant erachteten Objekte.
- Die Koordination der Agenten beruht auf Verhandlungen zwischen Nachfragern und Anbietern von Diensten, die auf einem virtuellen Markt mit vollkommener Information stattfinden.

Wenn also das MAS alle mit einem RFID-Tag versehenen Objekte repräsentiert, so kön-

nen die zugehörigen Agenten – als virtuelle Repräsentation der realen Objekte – ihren Status feststellen und bei Abweichungen von ihrer Sollvorstellung reagieren. Auf diese Art und Weise ergibt sich eine Kopplungsmöglichkeit von realer Welt und Wissenswelt, die in ihren Geschwindigkeiten und ihrer Granularität aufeinander angepasst sind. Auf der Basis dieser Idee haben wir erste Konzepte von Management-Unterstützungs-Systemen entwickelt, die im Folgenden kurz skizziert werden sollen.

### Konstruktionsprinzipien neuer Managementunterstützungssysteme

Grundidee dieser neuen Systeme ist die Isomorphie von relevanter realer Welt und Wissenswelt. Durch die objektorientierte Ontologie werden alle relevanten Objekte der realen Welt durch einen Agenten in der Wissenswelt repräsentiert. Der Abgleich zwischen beiden Welten erfolgt über verschiedene Wege, die von den IK-Technologien immer besser unterstützt werden. Sensoren, RFID, jede Art von Funktechnik sind Instrumente dieses Abgleichs. Die Verknüpfung in der Welt des Wissens erfolgt über Kommunikation innerhalb eines Rechners oder zwischen unabhängigen MAS über Netz- und Funkverbindungen. Menschen, Unternehmen, Netzwerke von Unternehmen oder allgemeiner Handlungseinheiten werden als Einheiten der realen Welt betrachtet, die unter Einsatz ihrer verfügbaren Ressourcen Leistungen (Produkte) für den Markt erbringen. Handlungseinheiten und Ressourcen werden beschrieben über ihre Eigenschaften, ihre Kompetenzen – Fähigkeiten und Berechtigungen Aufgaben zu erfüllen – und ihre Kapazitäten – sowohl zeitlich als auch

<sup>3</sup> Für einen Überblick vgl. z.B. [FDA06]

<sup>4</sup> Die RFID-Technologie ist bei weitem noch nicht voll entwickelt. Die Entwicklung hat jedoch einen Stand erreicht, der eine Vielzahl von Anwendungen möglich macht und weitere aufzeigt.

<sup>5</sup> Für einen Überblick vgl. z.B. [WEI00] oder [WOO02]

<sup>6</sup> Vgl. z.B. [THN09]

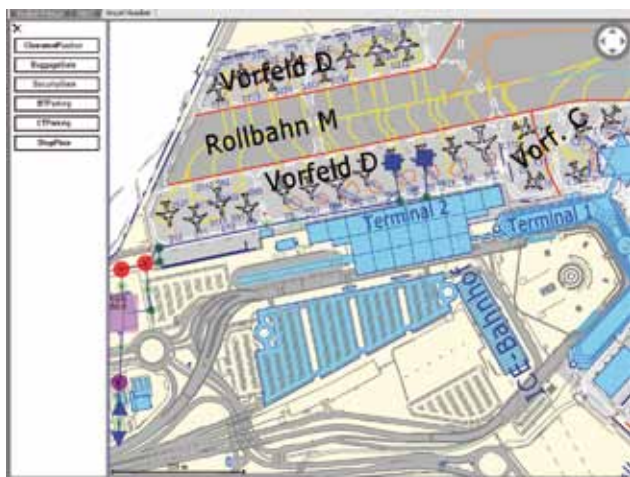


Abb. 2: Konfiguration eines Flughafens (Bsp. CGN)

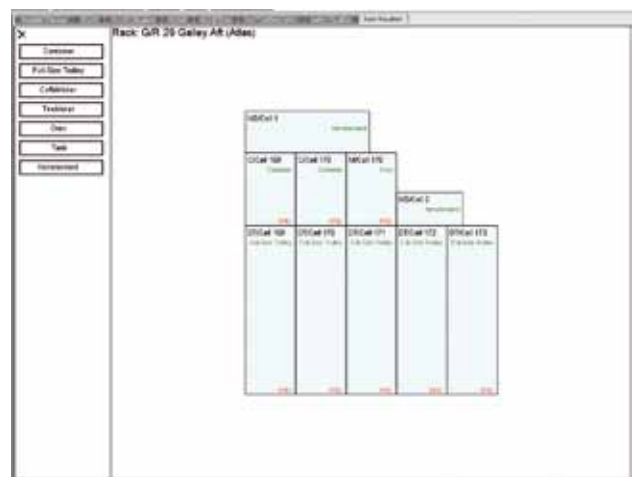


Abb. 3: Konfiguration eines Galley Rack



mengenmäßig. Ihnen ist ein Einsatzplan für ihre Aktivitäten der Leistungserstellung zugeordnet, der etwa durch ein Gantt-Diagramm dargestellt werden kann. Produkte sind hybride Systeme aus Dienstleistungen und physischen Produkten. Ihre Erstellung ist beschreibbar durch ihren Produktionsprozess: eine zeitlich strukturierte Menge von Aufgaben, die zur Erbringung der Produktleistung erforderlich sind. Jede Aufgabe erfordert Kompetenzen und Kapazitäten von Handlungseinheiten und Ressourcen.

Die zeitlichen Strukturen der Aufgabenerfüllung für Produkte können variabel durch notwendige Bedingungen (States) für die Durchführung der Aufgaben ersetzt werden. Modelle auf der Grundlage dieser Beschreibungselemente sind sowohl kompatibel zur klassischen aufgabenorientierten Organisationslehre, wie sie von Fritz Nordsieck geprägt wurde, als auch zu prozessorientierten Ansätzen, wie sie ARIS oder BONAPART zugrunde liegen. Die Aufgabe des Managements von Unternehmen besteht in der Gestaltung der Welt des Unternehmens zur Erstellung seiner Produkte. Diese erfolgt auf der Grundlage der Planung des Unternehmens. Die Planung erfolgt kontinuierlich auf drei parallelen Ebenen: strategische Planung, operative Planung und Durchführungsplanung.

Die strategische Planung legt fest, welche Produkte wie produziert und abgesetzt werden sollen. Bezogen auf das Unternehmen (resource based view) bestimmt sie also, welche Handlungseinheiten und Ressourcen mit welchen Fähigkeiten das Unternehmen einsetzen will, wie die Prozesse der Produktion gestaltet werden sollen und wie die Zuordnung der geplanten Aktivitäten zu den Handlungseinheiten und Ressourcen geregelt werden soll (Organisationsplanung). Diese Unternehmensgestaltung muss mit den Potenzialen des Markts und den externen Handlungsbedingungen in Einklang gebracht werden (market based view). Konkret für das Airline Catering bedeutet dies, zunächst einmal die Welt des Catering zu beschreiben – von der Konfiguration des Flughafens über die Ausstattung des Flugzeugs bis zur Ladeliste für die Cateringobjekte. Der Cateringprozess kann in der klassischen Notation von Prozessen wie etwa ARIS oder BONAPART beschrieben werden. Die operative Planung bestimmt die quantitative Ebene der Leistungserstellung auf der Grundlage des durch die Stra-

tegie gegebenen Handlungssystems (Instanzierung der strategischen Strukturen). Sie legt fest, welche Leistungen in welchen Mengen und zu welcher Zeit von den Einheiten erbracht werden sollen. Ihr Grundproblem ist das „Scheduling“ – die Erstellung von Einsatzplänen für Handlungseinheiten und ihre Ressourcen. Für alle Cateringobjekte, Handlungseinheiten und Ressourcen werden zeitliche Einsatzpläne erstellt und mit den „Lieferzeiten“ der Produkte abgestimmt. Die lässt sich in Form von Gantt-Diagrammen visualisieren.

Die Durchführungsplanung dient der Umsetzung der operativen Leistungspläne trotz sich ständig ergebender Veränderungen in der Welt des Unternehmens. Sie plant spezifische Reaktionen auf diese Veränderungen, die für die Plansicherung eingesetzt werden können und sie passt die bestehenden Pläne permanent an die bekannte Situation der Welt an. Bei der Realisierung eines Cateringplans können sich vielfältige Störungen ergeben: Ein Flugzeug hat Verspätung oder bei der RFID-basierten Kontrolle am Eingang des Flugzeuges wird eine Abweichung vom Sollbestand des Cateringbedarfs festgestellt. Auf diese Ereignisse kann wiederum mit unterschiedlichen Maßnahmen reagiert werden: Der Fahrer kann Überstunden machen oder auf ein virtuelles Lager von Cateringartikeln zurückgreifen – das sind vorbereitete Artikel für andere Flüge, deren Ersatz bis zur erforderlichen Auslieferung möglich ist. Trotzdem sind eventuell auch Korrekturen am ursprünglichen Plan erforderlich. All dieses führt zu einem ständigen Planungsprozess.

Geht man von dieser Grobstruktur der formalen Managementaufgaben aus, können alle Aufgaben auf der virtuellen Ebene durch Multiagentensysteme unterstützt oder übernommen werden. In unseren Modellen erfolgt dies durch einen permanenten Prozess der Planung auf allen drei Ebenen. Grundlage der Planung im Multiagentensystem sind Verhandlungen über den Einsatz der Objekte nach dem Prinzip von Angebot und Nachfrage. Die Verhandlungen führen, wenn möglich, zu zulässigen, an den vorgegebenen Zielen orientierten Lösungen. Der Begriff des Optimums wird unter der Voraussetzung eines zeitlich offenen Prozesses bedeutungslos. Die Modelle reagieren in Echtzeit auf alle aktuell von außen kommenden Informationen (Abweichungsmeldungen von RFID-Stationen, Störmeldungen) und können kontinuierlich durch die Einführung neuer oder Veränderung bestehender Objekte wie neue Aufträge oder neue Ressourcen weiterentwickelt werden. Wenn wir davon ausgehen, dass die „realtime“ gültigen Pläne in der realen Welt umgesetzt werden, entspricht dies dem Verhalten eines intelligenten Systems, das ständig seine Handlungen in Abhängigkeit von seinen Zielen und seiner Situation in der realen Welt neu plant und umsetzt. Für den Einsatz von Computermodellen dieser Art ist die Rollenverteilung von Mensch und Computer noch zu bestimmen. Diese kann vollständige Automatisierung oder eine Entscheidungsunterstützung bedeuten. Die Grenzen des Einsatzes sind durch die verfügbaren Computerkapazitäten bestimmt. Sie wird jedoch durch die mögliche Modularisierung und Verteilung auf mehrere, vernetzte Rechner stark erweiterbar.

onen, Störmeldungen) und können kontinuierlich durch die Einführung neuer oder Veränderung bestehender Objekte wie neue Aufträge oder neue Ressourcen weiterentwickelt werden. Wenn wir davon ausgehen, dass die „realtime“ gültigen Pläne in der realen Welt umgesetzt werden, entspricht dies dem Verhalten eines intelligenten Systems, das ständig seine Handlungen in Abhängigkeit von seinen Zielen und seiner Situation in der realen Welt neu plant und umsetzt. Für den Einsatz von Computermodellen dieser Art ist die Rollenverteilung von Mensch und Computer noch zu bestimmen. Diese kann vollständige Automatisierung oder eine Entscheidungsunterstützung bedeuten. Die Grenzen des Einsatzes sind durch die verfügbaren Computerkapazitäten bestimmt. Sie wird jedoch durch die mögliche Modularisierung und Verteilung auf mehrere, vernetzte Rechner stark erweiterbar.

### Stand und Entwicklungstendenzen

Ein „realtime“-Management auf Basis hoch auflösender Informationen, wie es durch die neuen Technologien möglich wird, schafft gänzlich neue Bedingungen für die Unternehmen. Sie werden flexibler und können ebenso präzise auf die Möglichkeiten ihrer Umwelt reagieren. Das entwickelte Modell eines Planungs- und Steuerungssystems für das Airline Catering demonstriert die Machbarkeit flexibler und präziser Reaktionen. Es soll in weiteren Projekten verallgemeinert und auf andere Situationen übertragen werden. Als strukturelle Erweiterung wird angestrebt, die bisher als Einheit konzipierten Planungs- und Steuerungsmodelle zu modularisieren. In sich geschlossene Multiagentensysteme sollen untereinander kommunizieren und ihre Planungen aufeinander abstimmen können. Dadurch ergibt sich die Möglichkeit ebenso präzise und flexibel operierende Produktionsnetzwerke zu gestalten oder in ihrer Arbeit zu unterstützen.

Das neue Potenzial an Handlungsflexibilität der Unternehmen ermöglicht auch vielfältige neue Geschäftsmodelle, deren zusätzliche Grundlage die Kommunikation ist. Einerseits kann die Produktdefinition des Kunden bei seiner Nachfrage flexibilisiert werden, in dem neue Kommunikationsmöglichkeiten, wie etwa über das Handy, aufgebaut werden. Andererseits ermöglichen die Handlungsflexibilität und die verbesserte Kommunikationsfähigkeit zwischen Unternehmen den Aufbau von Unternehmensnetzwerken mit neuem Leis-

tungspotenzial. Zeitlich und inhaltlich koordinierte Teilleistungen können zu neuen hybriden Leistungsbündeln zusammengefasst und mobil angeboten werden. Wie erste Überlegungen der Forschungsgruppe gezeigt haben, ist die Fülle derartiger neuer Modelle enorm. Untersuchte Geschäftsmodelle sind etwa Mobilitätsplanung, medizinische Versorgung von Patienten, Koordination von Bauprojekten oder Angebotspakete für soziale Versorgung. Das Zentrum für die Anwendung intelligenter Systeme will diese Möglichkeiten sowohl auf der softwaretechnischen Seite wie auch auf der ökonomischen Seite durch Gestaltung von Geschäftsmodellen weiter verfolgen. Dazu soll insbesondere der Einsatz der Multiagentensysteme durch die Entwicklung eines Multiagentensystem-Designers erleichtert werden. Softwareentwickler und Betriebswirte sollen bei der Gestaltung von Anwendungen besser zusammenarbeiten und ihre Kompetenzen interdisziplinär nutzen.

Rolf Franken

## LITERATUR

- [BTH07] Bullinger, H.-J.; ten Hompel, M. (Hrsg.) (2007): Internet der Dinge. www.internet-der-dinge.de. Berlin, Heidelberg, Springer
- [FMF05] Fleisch, E.; Mattern, F. (Hrsg.) (2005): Das Internet der Dinge. Ubiquitous Computing und RFID in der Praxis: Visionen, Technologien, Anwendungen, Handlungsanleitungen. Berlin, Heidelberg, New York, Springer
- [FMS08] Fleisch, E., Müller-Stewens, G. (2008): High-Resolution-Management: Konsequenzen des »Internet der Dinge« auf die Unternehmensführung. zfo 77, 5, S. 272–281
- [FDA06] Franke, W.; Dangelmaier, W. (Hrsg.) (2006): RFID – Leitfaden für die Logistik. Anwendungsgebiete, Einsatzmöglichkeiten, Integration, Praxisbeispiele. Wiesbaden, Gabler
- [REI02] Reichwald, R. (Hrsg.) (2002): Mobile Kommunikation. Wertschöpfung, Technologien, neue Dienste, Wiesbaden, Gabler
- [THN09] Thomas, O.; Nüttgens, M. (2009): Dienstleistungsmodellierung. Methoden, Werkzeuge und Brachenlösungen, Berlin, Heidelberg, Physica
- [WAR08] Wahlster, W.; Raffler, H. (Hrsg.) (2008): Forschen für die Internet-Gesellschaft: Trends, Technologien, Anwendungen. Trends und Handlungsempfehlungen 2008 des Feldafinger Kreises. Verfügbar unter: <http://www.feldafingerkreis.de>.
- [WEI00] Weis, G. (Hrsg.) (2000): Multiagent Systems. A Modern Approach to Distributed Artificial Intelligence. Cambridge (Mass.), London, MIT Press
- [WOO02] Wooldridge, M. (2002): An Introduction to Multiagent Systems. Chichester, John Wiley & Sons

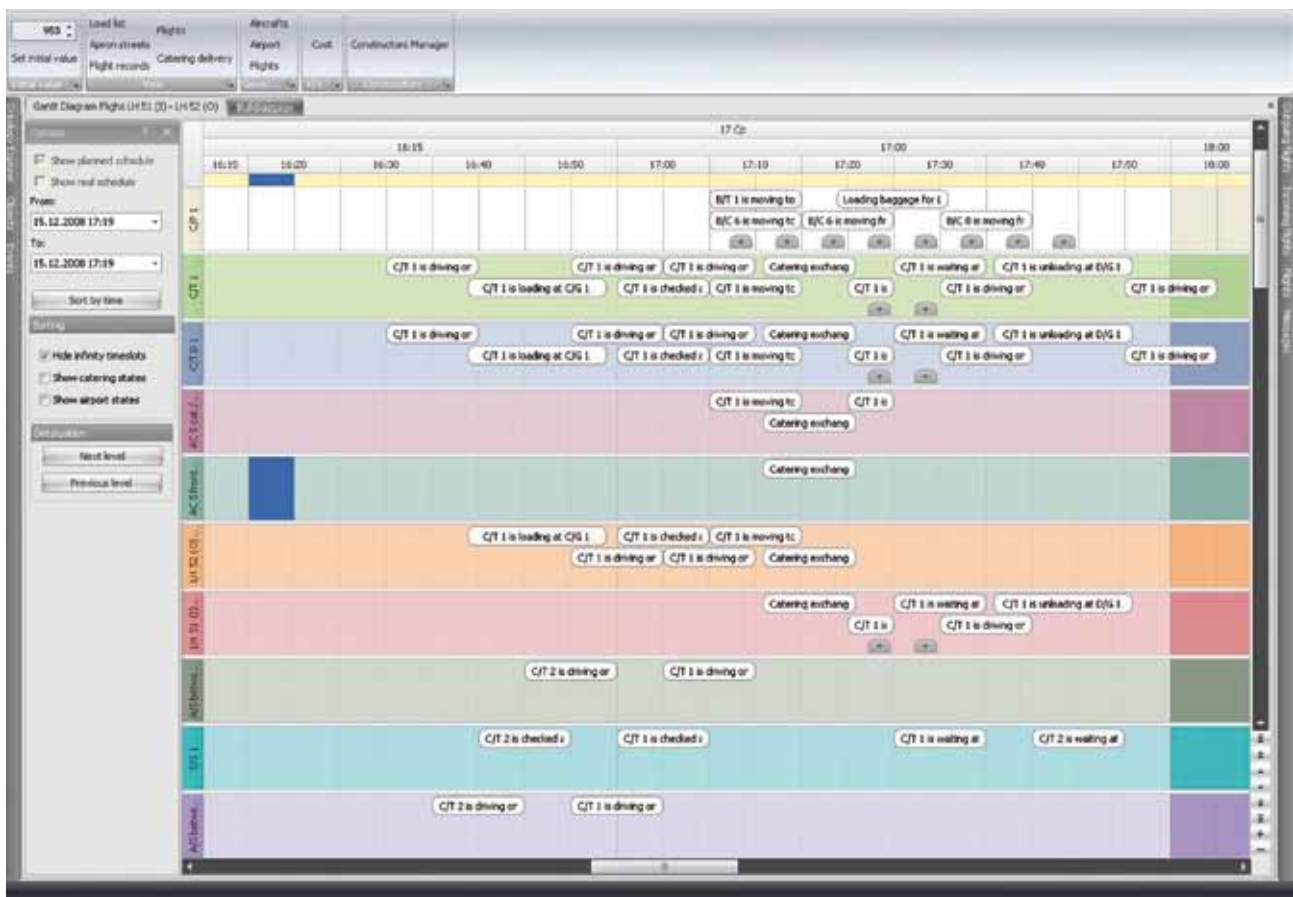


Abb. 4: Gantt-Diagramm für die an einem Flug beteiligten Objekte (Ausschnitt)



# Fraunhofer – Die Forschungsbibliothek der Zukunft

## ABSTRACT

Der zukünftige Erfolg einer Bibliothek liegt in der Fähigkeit, Chancen wie auch Risiken zu antizipieren. Im Rahmen des Strategieprozesses der Fachinformationseinrichtungen der Fraunhofer-Gesellschaft wurde in Kooperation mit der Fachhochschule Köln das Bild der „Forschungsbibliothek der Zukunft“ auf dem theoretischen Konzept der Gestaltung eines Strategieprozesses nach Ulf Pillkahn, entworfen. Dabei geht es um den Versuch, über eine möglichst vollständige Beobachtung des nationalen und internationalen bibliothekarischen Gesamtkontexts eine realistische Antizipation der zukünftigen Entwicklungen zusammenzutragen.

Projektbericht online:  
Fühles-Ubach, Simone,  
Lorenz, Miriam (2009):  
Die Forschungsbibliothek der  
Zukunft: Bericht zum Kooperations-  
projekt im WS 2008/2009. – 131 S.  
URL: [http://publica.fraunhofer.de/  
eprints/urn:nbn:de:0011-n-948372.pdf](http://publica.fraunhofer.de/eprints/urn:nbn:de:0011-n-948372.pdf)

## PROJEKTLEITUNG

Prof. Dr. Simone Fühles-Ubach  
Fakultät für Informations- und  
Kommunikationswissenschaften  
Institut für Informationswissenschaft  
[simone.fuehles-ubach@fh-koeln.de](mailto:simone.fuehles-ubach@fh-koeln.de)

## PROJEKTBETEILIGTE

Miriam Lorenz, Fraunhofer  
Competence Center Information

Elektronische Zeitschriften, Nationallizenzen, Google, E-Science, Web 2.0 – die steigende Komplexität von Produkten und Technologien sorgt dafür, dass sich die Welt der Bibliotheken und ihrer Nutzer schneller dreht. Sie zwingen nicht nur im Tagesgeschäft dazu, flexibel und angepasst an die Nutzerwünsche zu agieren, sondern auch vorausschauend zu denken und zu planen. Der zukünftige Erfolg einer Bibliothek liegt in der Fähigkeit, Chancen wie auch Risiken zu antizipieren. Im Rahmen des Strategieprozesses der Fachinformationseinrichtungen der Fraunhofer-Gesellschaft e.V. wurde in Kooperation mit der Fachhochschule Köln, das Bild der „Forschungsbibliothek der Zukunft“ auf dem theoretischen Konzept der Gestaltung eines Strategieprozesses nach Ulf Pillkahn, entworfen. Dabei geht es um den Versuch, über eine möglichst vollständige Beobachtung des nationalen und internationalen bibliothekarischen Gesamtkontexts eine realistische Antizipation der zukünftigen Entwicklungen zusammenzutragen. Das proaktive Verfahren nach Pillkahn<sup>1</sup> basiert auf einem Portfolio, dessen Felder durch eine möglichst umfassende Sammlung von Erfahrung und eine Anhäufung von Wissen die Planung der Zukunft zu erleichtern. Neue Themen werden identifiziert, bereits bekannte Aspekte vertieft und damit eine realistischere Prognose und aktive Gestaltung einzelner Zukunftsperspektiven möglich. Abhängig von ihrer Ausrichtung und dem Grad der Neuheit werden folgende Felder und deren Informationstechniken unterschieden<sup>2</sup>.

## Felder der Umfeldanalyse

### Überblick –

#### bekannte Themen, breiter Fokus

In der Überblicksbetrachtung geht es darum, eine Vielzahl von Themengebieten in größerem Zusammenhang zu betrachten und so zu einem Gesamtverständnis für einen größeren Themenkomplex zu ge-

langen. Für Fraunhofer wurden zu diesem Zweck die Themen von bibliothekarischen und informationswissenschaftlichen Fachkonferenzen aus der jüngeren Vergangenheit, der Gegenwart sowie deren Ankündigungen für kommende Veranstaltungen analysiert. So wurde eine Sammlung der aktuell relevanten Fachthemen erzeugt, die sich einerseits auf den deutschsprachigen Bereich (Deutschland, Österreich, Schweiz) und andererseits auf den angloamerikanischen Bereich bezogen. Dabei zeigte sich, dass der angloamerikanische Bereich gegenüber den deutschsprachigen Ländern eine deutliche Vorreiterrolle einnimmt.

### Recherche –

#### bekannte Themen, begrenzter Fokus

Im Bereich der Recherche wird eine spezielle Fragestellung auf einen begrenzten Fokus übertragen. Im vorliegenden Projekt wurden einzelne Firmenbibliotheken verschiedener Branchen wie Bank, Pharma, Chemie oder Stahl nach Ihrer Einschätzung für die Zukunft gefragt. Dabei ging es konkret um die Frage der Zukunftsfähigkeit in Bezug auf Kunden, Mitarbeiter, Bestand sowie auch um sich ändernde Dienstleistungen und Produkte. Abschließend wurde auch eine Einschätzung zum sich wandelnden Berufsbild abgefragt.

### Monitoring –

#### neue Themen, begrenzter Fokus

Das Monitoring dient der Beobachtung und Verfolgung von einzelnen neuen Themen, die bereits als interessant und relevant identifiziert wurden. Für Fraunhofer ging es in diesem Umfeld insbesondere um Themen wie E-Science, Entwicklung von Suchmaschinentechnologien – insbesondere Google – und den Themenbereich der Nationallizenzen. In diesem Rahmen wurde beispielsweise ein Interview mit dem Gasco-Vorsitzenden Herr Reinhard zur Zukunft der Nationallizenzen geführt.

<sup>1</sup> Pillkahn, Ulf: Trends und Szenarien als Werkzeuge zur Strategieentwicklung: wie Sie die unternehmerische und gesellschaftliche Zukunft planen und gestalten. Erlangen: Publicis Corporate Publishing, 2007

<sup>2</sup> ebd., S. 97ff

### Scanning – neue Themen, breiter Fokus

Beim Scannen geht es in erster Linie um die breite Wahrnehmung neuer Aspekte aus dem Unternehmensumfeld. Dieses Verfahren eignet sich besonders für stark dynamische Felder. Im Projekt wurden daher die deutschen und amerikanischen bibliothekarischen Fachblogs auf neue Themen hin analysiert, da in diesem Medium Veränderungen und neue Fragestellungen in kürzester Zeit aufgegriffen werden.

### Gartner Hype Cycle als Referenzmodell

Nach der Durchführung der Umfeldanalyse blieb es nicht bei einer reinen Sammlung der neuen Themen und Erkenntnisse. Es wurde auch eine Einordnung in den Gartner Hype Cycle, ein Technologielebenszyklusmodell, vorgenommen. Auf diese Weise wurde eine Verdichtung und Abstufung der Themen mit Hilfe eines standardisierten Modells nach Aktualität und Reifegrad erreicht.

### Einschätzung der Gesamtsituation und Handlungsempfehlungen

Die Handlungsempfehlungen beziehen sich in erster Linie auf die konkrete Situation der Fraunhofer-Forschungsbibliotheken, da deren

spezifische Umfeld- und Kundenanalyse den Aussagen zugrunde liegt. Die Situation von Fraunhofer wird hier als eine besondere Situation aufgefasst, die keinem der klassischen Bibliothekstypen direkt zuzuordnen ist. Als wichtigste Themenfelder der Zukunftsorientierung gelten:

- Dezentralisierung der Bibliothek als Rahmenbedingung
- Stärkere Vernetzung mit den Kunden – „embedded librarian“
- Kooperation mit fachlich verwandten internen Organisationseinheiten
- Internationale fachliche Ausrichtung und Vernetzung
- Ausbau der betriebswirtschaftlichen Orientierung
- Veränderte Dienstleistungen mit sich wandelnden Bestand
- Aufgeschlossenheit gegenüber Google & Co (Suchmaschinen)

Die umfassende Umfeld- und Kundenanalyse konnte für die Bibliotheken der Fraunhofer-Gesellschaft deutliche Tendenzen in Richtung zukünftiger Entwicklungen aufzeigen. Die individuelle Zukunft jeder einzelnen Bibliothek wird jedoch von Ihrem spezifischen Umfeld und Ihren Kunden und Stakeholdern entscheidend geprägt und

beeinflusst. Die Aussagen zur Zukunft der Fraunhofer-Bibliotheken können daher nur bei vergleichbaren Bedingungen für andere Bibliothekstypen gelten. Dies trifft für wissenschaftliche Bibliotheken sicherlich in stärkerem Maße zu als beispielsweise für öffentliche Bibliotheken, deren Wandel sich aufgrund der deutlich heterogeneren Zielgruppen und Aufgabenstellungen und nicht zuletzt wegen der kommunalen Finanzierung in andere Richtungen vollziehen wird.

*Simone Fühles-Ubach*

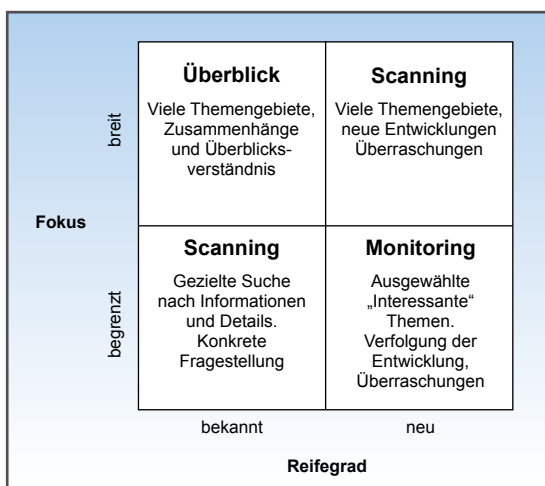


Abb. 1: Strategie-Portfolio nach Pillkahn

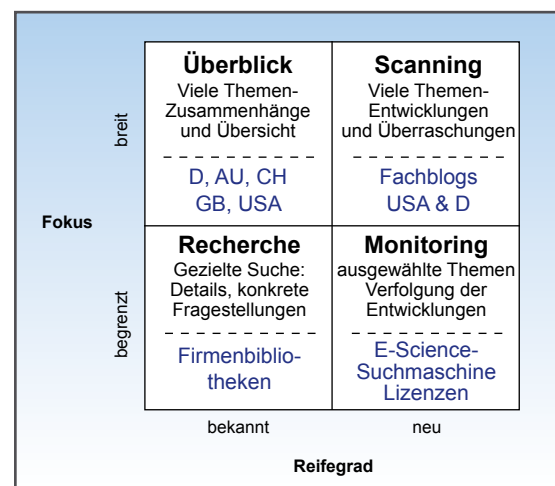


Abb. 2: Portfolio Fraunhofer-Themen



# Innovationsstrukturen in der Informationswissenschaft – eine qualitative Erhebung

In vielen Branchen gehört systematisches Innovationsmanagement zu den zentralen Unternehmensstrategien. Produzierende Unternehmen sind in diesem Bereich führend, da am Ende dieses Innovationsprozesses idealerweise Patentanmeldungen stehen, die zu attraktiven neuen Produkten führen oder bestehende Produkte verbessern. Im Bereich der Dienstleistungen ist das systematische Innovationsmanagement weniger ausgeprägt. Doch man gewinnt den Eindruck, dass Einrichtungen der Informationswissenschaft bisher wenig strategisch vorgehen, und die Innovationen teilweise zufällig entstehen oder eine Orientierung am Wettbewerb erfolgt, ohne dass die Passgenauigkeit oder der Bedarf für den eigenen Markt untersucht worden sind. Aus diesem Grund wurden zum Thema Innovationsmanagement bei öffentlichen Einrichtungen Experteninterviews geführt, um einen Überblick über die Bedeutung, Ziele, Zuständigkeiten, Kommunikation und Innovationskraft im Rahmen der Innovationsprozesse zu erhalten.

## Fragestellung

Die Befragung zielte darauf ab, auch folgende zentrale Fragen qualitativ zu beantworten.

1. Werden Entwicklung und Implementierung innovativer Produkte und Dienstleistungen durch eine systematische Strategie verfolgt?  
Dabei soll sich die Innovationsstrategie auf die Ebene der gesamten Einrichtung beziehen und somit alle Leistungsbereiche sowie bearbeiteten Märkte umfassen. Dabei wurden Innovationsprozesse wie folgt definiert: „Innovationsprozesse sind dadurch charakterisiert, dass durch systematische, zielgerichtete Prozesse neue Ideen in neuartige, zukunftsweisende Dienstleistungen umgesetzt werden und diese erfolgreich im Markt platziert werden“.
2. Werden Innovationen systematisch durch Kommunikation nach außen begleitet sowie wie und wann werden Kunden über Innovationen informiert?  
Dabei wurde Innovationskommunikation gegenüber den Interviewpartnern nach Zerfaß, Ernst [2008] wie folgt definiert:

„Innovationskommunikation als wesentlicher Teil der Unternehmens- oder Organisationskommunikation ist die systematisch geplante, durchgeführte und evaluierte Kommunikation von Neuerungen mit dem Ziel, Verständnis für und Vertrauen in die Innovation zu entwickeln sowie die dahinter stehende Organisation als Innovator zu positionieren.“

3. Ist der Begriff Open Innovation bekannt und besteht die Bereitschaft, (neue) Formen der Kundenintegration in den Innovationsprozess künftig auszuprobieren oder zu intensivieren?

Dabei wurde Open Innovation gegenüber den Interviewpartnern nach Chesbrough [2003] wie folgt definiert: „Open Innovation ist die Öffnung des Innovationsprozesses von Unternehmen und damit die aktive strategische Nutzung der Außenwelt zur Vergrößerung des eigenen Innovationspotentials.“

## Vorgehensweise

Befragt wurden mehr als 30 Einrichtungen: Bibliotheken und Informationseinrichtungen unterschiedlicher Größe. Das Spektrum erstreckt sich von Staatsbibliotheken, Hochschulbibliotheken unterschiedlicher Größe, Öffentlichen Bibliotheken sowie Spezialbibliotheken bis hin zu Fachinformationszentren und Informations- und Dokumentationsabteilungen in öffentlicher Trägerschaft. Die Befragung wurde an die Leiter der Einrichtungen gerichtet und auch in fast allen Fällen direkt von diesen beantwortet. Alle Institutionen wurden telefonisch oder im persönlichen Gespräch befragt. Dazu wurde ein umfangreicher Fragebogen zu drei Teilbereichen

- Systematisches Innovationsmanagement
- Innovationskommunikation und
- Open Innovation

erstellt. Diese Fragebögen wurden den Einrichtungen im Vorfeld zugesandt, sodass sie sich auf das Experteninterview vorbereiten konnten. Ziel der direkten Befragung war es, den offenen Charakter der Befragung zu unterstreichen und die in der Vergangenheit praktizierten Prozesse analysieren zu können.

## ABSTRACT

Um einen Überblick über die Bedeutung, Ziele, Zuständigkeiten, Kommunikation und Innovationskraft im Rahmen von Innovationsprozessen bei öffentlichen Einrichtungen zu erhalten, wurden Experteninterviews geführt. Ziel des Projekts ist es, aus den Ergebnissen der Befragung auch Schlüsse für die Aus- und Weiterbildung in diesem Sektor zu ziehen sowie mögliche Angebote zu generieren, um das Innovationsmanagement weiter zu fördern.

## PROJEKTLEITUNG

Prof. Dr. Ursula Georgy  
Fakultät Informations- und Kommunikationswissenschaften  
Institut für Informationswissenschaft  
ursula.georgy@fh-koeln.de

### Typisierung der Fragen

Die Fragen können nach folgenden Aspekten gegliedert werden:

- Fragen nach Erfahrungen, die sich etwa auf das bisherige Handeln der Interviewpartner beziehen,
- Wissensfragen, die sich auf den aktuellen Wissensstand, etwa in diesem Kontext zum Thema „Open Innovation“ beziehen,
- Meinungsfragen, die sich auf Handlungsziele, Motive und Bewertungen beziehen,
- Hintergrundfragen zur Person oder der Einrichtung.

Darüber hinaus wurden „Erzählanregungen“ eingebaut, um Hintergrundinformationen zu Strategien und Handeln zu erhalten. Durch die Detailliertheit des Fragebogens wurde den Interviewpartnern die Gelegenheit gegeben, bisherige Vorgehensweisen und Strategien zu reflektieren und bereits aus den Fragebögen Anregungen für zukünftiges Handeln zu nehmen.

### Auswertung

Da die Experteninterviews auf Basis eines stark strukturierten Fragebogens geführt wurden, konnte das Datenmaterial zumindest in Teilen quantitativ ausgewertet werden, auch wenn diese Auswertung mit Unschärfen behaftet sind, da keine repräsentative Erhebung durchgeführt wurde. Da im Rahmen der qualitativen Auswertung absolute Zahlen in vielen Fällen nicht von Bedeutung sind, wurden einige Ergebnisse in Form von Word Clouds über Wordle [2009] erstellt, die über die Größe der einzelnen Begriffe die Häufigkeit widerspiegeln. Zahlreiche Rohdaten, die somit nicht einfach klassifizierbar sind, wurden narrativ erhoben. Hier wird sich eine qualitative Inhaltsanalyse anschließen, um thematische und zeitliche Verknüpfungen der in den Antworten enthaltenen Aussagen zu analysieren [Gläser, J.; Laudel G. 2009]. Da die Auswertung zum Zeitpunkt des Redaktionsschlusses noch nicht abgeschlossen war, können im Rahmen dieses Beitrags noch keine endgültigen Ergebnisse präsentiert werden. Es erfolgt im Rahmen dieses Beitrags eine Fokussierung auf den Bereich Open Innovation. In die Auswertung gingen 27 Fragebögen ein.

### Theoretischer Hintergrund

Der Produkt- und Dienstleistungsbereich ist so auf die Kundenbedürfnisse abzustellen, dass der einzelne Kunde zufrieden ist, gleichzeitig aber die unternehmerischen Ziele erreicht werden. Im Rahmen der Dienst-

leistungsinnovation bedeutet dies, dass die neuen Angebote passgenau auf den Kunden zugeschnitten sein müssen. Jedoch werden eigene (scheinbar) gute Ideen zu oft umgesetzt ohne zu hinterfragen, ob der Kunde die Dienstleistung benötigt oder ob der Markt dazu reif ist. Idealerweise werden bei der Dienstleistungsinnovation Kundenwünsche in möglichst umfangreicher Weise berücksichtigt, wobei die Herausforderung darin liegt, die Kundenwünsche in entsprechende tatsächliche Kundenanforderungen umzusetzen. Eine Umsetzung der Kundenwünsche mag trivial erscheinen, ist sie aber nur selten, da der Kunde zwar Wünsche formulieren kann, die Lösungen jedoch nur selten. Zudem bleibt vielfach ungeklärt, in welchem Maße der Kunde die neuen Angebote tatsächlich nutzen würde. Ein typisches Beispiel ist die Frage nach Öffnungszeiten von Supermärkten oder auch Bibliotheken. Steigende Wettbewerbsintensität und eine hohe Dynamik informationswissenschaftlicher Dienstleistungen zwingen auch Bibliotheken und Informationseinrichtungen jedoch dazu, ständig neue Lösungen und Angebote für den Kunden zu entwickeln.

### Closed Innovation

Im Fall wirklich innovativer Bedürfnisse, Ideen und Konzepte greifen die Methoden der herkömmlichen Marktforschung oder Kundenbefragungen in der Regel nicht oder nur unzureichend. Der Kundenbeitrag beschränkt sich vielfach nur auf die allgemeine Bedürfnisartikulation. Der Transfer konkreter Innovationsideen und ausgereifter Produkt-konzepte wird dagegen nicht oder nur unzureichend erfasst. Die „Closed“-Innovationsprozesse sind meistens auf den

kreativen Input und das Wissen einer relativ kleinen Gruppe von Fachleuten innerhalb der Einrichtung beschränkt, im Bereich der informationswissenschaftlichen Einrichtungen ist es oft die Leitung. Eine Informationsgenerierung mit dem Kunden für die frühen Phasen des Innovationsprozesses, vor allem für die Ideengenerierung, findet daher kaum statt.

### Benötigte Informationen im Innovationsprozess

Im Innovationsprozess benötigt jeder Anbieter von Dienstleistungen und/oder Produkten zwei Formen von Informationen:

- Bedürfnisinformation (need information) Informationen über Markt- und Kundenbedürfnisse.
- Lösungsinformation (solution information) Informationen darüber, wie Kundenbedürfnisse präzise und effizient umgesetzt werden können.

Die Bedürfnisinformation wird vielfach durch Kunden- oder Nicht-Kunden-Befragungen ermittelt. Die Lösungsinformationen lassen sich jedoch darüber nur äußerst selten abfragen. Im Dienstleistungssektor ist der Kunde oft passiv oder aktiv am Dienstleistungsprozess beteiligt und nimmt so Einfluss auf die Güte der Dienstleistung. Der Kunde erhält somit Einblick in die Potential- und Prozessebene. Daher ist es naheliegend, den Kunden aktiv in den Innovationsprozess einer Dienstleistung mit einzubinden. Kundeninnovation gibt es schon lange, sie verläuft aber häufig ohne die Kenntnisse des Produzenten: Anlagen oder Messinstrumente werden häufig vom Kunden auf seine genauen Bedürfnisse

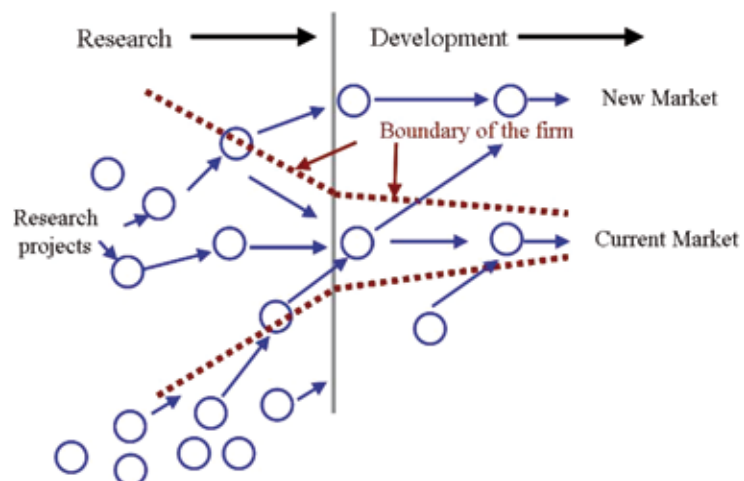
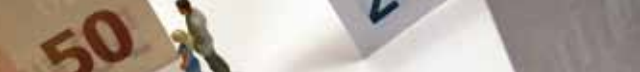


Abb. 1: Closed und Open Innovation [Chesbrough, H. 2003]



| Rolle des Kunden                                                  | mögliche Methoden    | Integrationsgrad |
|-------------------------------------------------------------------|----------------------|------------------|
| Kunde als passives Beobachtungsobjekt                             | Beobachtung          |                  |
| Kunde als fremdbestimmter Dialogpartner                           | Befragung            |                  |
| Kunde als selbstbestimmter Dialogpartner                          | Beschwerdemanagement |                  |
| Kunde als gleichberechtigter Interaktionspartner anderer Kunden   | Communities          |                  |
| Kunde als gleichberechtigter Interaktionspartner des Unternehmens | Workshops            |                  |
| Kunde als gleichberechtigter Mitarbeiter des Unternehmens         | Innovationszirkel    |                  |
| Kunde als selbständiger Innovator                                 | Toolkits             | hoch             |

Abb. 2: Mögliche Rollen des Kunden im Innovationsprozess [Kunz, W. Mangold, M. 2003]

angepasst, ohne dass das Unternehmen davon erfährt. Kundeninnovation ist dann häufig die Folge nicht erfüllter Bedürfnisse durch den Hersteller oder Anbieter. Man geht davon aus, dass je nach Branche 10–40 Prozent aller Kunden bereit sind, sich aktiv an Innovationsprozessen zu beteiligen. Im Ergebnis bedeutet dies aber, dass zahlreiche Branchen dieses Potenzial nicht annähernd ausnutzen. Denkbar sind sehr unterschiedliche Rollen, die ein Kunde im Innovationsprozess einnehmen kann. Dabei steigt seine Selbstständigkeit von der Befragung bis zur selbstständigen Innovation kontinuierlich an.

### Erste Ergebnisse zu Open Innovation

Aus dem Fragebogen wurden einige besonders relevante Ergebnisse exzerpiert, die deutlich machen, dass das Thema Open Innovation im informationswissenschaftlichen Umfeld noch wenig bekannt ist, die Bereitschaft jedoch groß ist, sich mit dem Thema auseinander zu setzen und konkrete Formen der Kundenintegration auszuprobieren.

### Ist Ihnen der Begriff

#### Open Innovation bekannt?

|                         |    |
|-------------------------|----|
| Ja                      | 4  |
| Keine klare Vorstellung | 1  |
| Nur vage Vorstellung    | 10 |
| Nein                    | 12 |

Das Ergebnis bestätigt den Eindruck, dass dieser Begriff bislang offensichtlich nur einen geringen Bekanntheitsgrad hat. Durch Vorgabe einer Definition nach Chesbrough und weitere mündliche Erläuterungen wurde das Thema aber zumindest in Ansätzen bekannt gemacht. Obwohl der Begriff Open Innovation nicht als solcher bekannt ist, integrieren fast alle Einrichtungen in unterschiedlichem Maße ihre Kunden in die Innovationsprozesse.

### Integrieren Sie schon heute Ihre Kunden in Ihre Innovationsprozesse?

|      |    |
|------|----|
| Ja   | 25 |
| Nein | 2  |

Ganz oben in der Rangliste stehen hierbei die Befragungen, gefolgt vom Beschwerde-/ Feedbackmanagement, dem Kundenbeirat sowie Beobachtungen oder Experimenten. Unter die Antwort Kundenbeirat wurden auch die Bibliothekskommissionen oder fest institutionalisierte Treffen mit Vertretern des AStA subsumiert.

### Wären Sie konkret bereit, neben den bisherigen Formen Ihrer Kundenintegration weitere auszuprobieren und einzusetzen?

|            |    |
|------------|----|
| Ja         | 23 |
| Nein       | 2  |
| Weiß nicht | 2  |

Grundsätzlich besteht eine hohe Bereitschaft, neben den bisherigen Formen der Kundenintegration weitere auszuprobieren. Es wurde vielfach ausgeführt, dass die Kundenintegration auch immer abhängig vom Projekt oder der Innovation sei und dass man Furcht vor zusätzlichen Belastungen habe, die sich mit der vorhandenen Zahl an Mitarbeitern kaum bewältigen ließen.

### Haben Kunden aus Ihrer Sicht die Motivation, an Innovationen mitzuwirken?

|            |    |
|------------|----|
| Ja         | 21 |
| Nein       | 0  |
| Weiß nicht | 6  |

Der Anteil derer, die der Meinung sind, dass Kunden die Motivation haben, an Innovationen mitzuwirken, ist insgesamt sehr hoch,

auch wenn hier durchaus öfters Skepsis geäußert wurde und dies durchaus auch bei Personen, die sich letztendlich für ein Ja als Antwort entschieden haben.

### Welche Motive haben Kunden, an Innovationen mitzuwirken?

|                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Eigene Unzufriedenheit mit dem bisherigen Angebot                                | 15 |
| Intrinsische (etwa Freude an der Tätigkeit, Stolz)                               | 15 |
| Erlangung individueller Vorteile durch die Einführung und Nutzung der Innovation | 9  |
| Soziale (etwa Zugehörigkeit zu einer Gruppe)                                     | 9  |

Interessant an diesem Ergebnis ist, dass zum einen die Unzufriedenheit der Kunden mit dem bisherigen Angebot, zum anderen die intrinsische Motivation als wichtige Motivation gesehen werden.

### Wenn Sie sich das Szenario des Innovationsprozesses vorstellen, in welche Stadien der Innovation könnte der Kunde vor allem eingebunden werden? Nennen Sie aus Ihrer Sicht die beiden wichtigsten Aspekte?

Im Rahmen dieser Frage wurden die verschiedenen Phasen eines Innovationsprozesses abgebildet. Die Antwort mit der häufigsten Nennung, dass der Kunde zur Ideengenerierung eingesetzt werden könnte, verwundert nicht. Jedoch überrascht die hohe Zahl der Antworten zu der Phase der Markt- oder beta-Tests. Aber auch Konzeptentwicklung sowie Prototypentwicklung haben bei den Befragten noch eine gewisse Bedeutung. Letztendlich lässt dies den Schluss zu, dass man dem Kunden ein hohes Maß an Kompetenz zuschreibt und ihn sehr ernst nimmt.

### Ergeben sich Ihrer Meinung nach aus Open Innovation eher Chancen oder Risiken?

|             |    |
|-------------|----|
| Nur Chancen | 10 |
| Nur Risiken | 0  |
| Beides      | 14 |
| Weiß nicht  | 3  |

Auch wenn die häufigste Nennung zum Thema Risiken/Chancen durch Open Innovation „beides“ ist, überwiegt doch deutlich der Aspekt der Chancen. Die Chancen und Risiken wurden im Rahmen der nächsten beiden Fragen noch einmal konkret abge-

fragt. Allein aus der Häufigkeit der Antworten zu den verschiedenen Chancen und Risiken wird das Ergebnis dieser Frage noch einmal nachdrücklich untermauert.

**Wenn Chancen, welchen potenziellen Chancen räumen Sie persönlich die größte Erfolgswahrscheinlichkeit ein? (Mehrfachnennungen möglich)**

|                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------|----|
| Nutzung der Erfahrung und des Wissens von Kunden             | 22 |
| Erhöhe Marktakzeptanz der neuen Produkte / Dienstleistungen  | 18 |
| Verbesserung des Images                                      | 15 |
| Mehr personalisierte Angebote                                | 12 |
| Frühes Erkennen neuer (Markt-)trends                         | 11 |
| Erhöhte Inanspruchnahme des gesamten Dienstleistungsangebots | 10 |
| Höhere Kundenloyalität                                       | 8  |
| Reduktion des eigenen personellen Aufwands                   | 0  |
| Reduktion der Entwicklungskosten                             | 0  |
| Reduktion der Akquisekosten                                  | 0  |

Bemerkenswert an der Auflistung ist, dass die „Nutzung der Erfahrung und des Wissens von Kunden“ an erster Stelle rangiert. Damit wird aber nochmals unterstrichen, dass man den Kunden nicht nur als „passives Objekt“ bei der Nutzung von Dienstleistungen sieht, sondern ihm eine hohe Wertschätzung entgegenbringt. Dass alle drei Antworten, die sich auf eine mögliche Reduktion des eigenen Aufwands oder der eigenen Kosten beziehen, keinerlei Bedeutung haben, untermauert, dass der Prozess Open Innovation nicht als Entlastung der eigenen Innovationstätigkeit angesehen wird sondern als eine ergänzende oder alternative Form des Innovationsmanagements.

**Wenn Risiken, welche potenziellen Risiken stufen Sie persönlich für Open Innovation als relevant ein?**

|                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| Hoher Koordinationsaufwand durch Ihre Einrichtung / Firma                 | 10 |
| Nichtwissen (Fachwissen) der externen Innovatoren                         | 9  |
| Innovationen werden von den Innovatoren nur am eigenen Vorteil orientiert | 7  |

|                                                                 |   |
|-----------------------------------------------------------------|---|
| Mangelnde Beteiligung der externen Innovatoren (quantitativ)    | 5 |
| Mangelndes Engagement der externen Innovatoren                  | 2 |
| Mangelndes Projekt- und Zeitmanagement der externen Innovatoren | 2 |
| Verlust von Know-How etwa an den Wettbewerb                     | 0 |

Damit decken sich die Antworten mit den Nichtnennungen bei den Chancen, insbesondere was den eigenen Aufwand betrifft. In Bezug auf die Frage nach der eigenen Bereitschaft, Open Innovation in der eigenen Einrichtung auszuprobieren, wurde mehrfach die Sorge nach einem hohen Koordinationsaufwand angesprochen, der mit der vorhandenen Personaldecke möglicherweise nicht zu bewältigen sei.

**Wenn Sie Open Innovation einsetzen würden, welche Gruppen würden Sie einbinden?**

|                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| Selbst ausgewählte „Lead User“ (anspruchsvolle, fortschrittliche Kunden) | 21 |
| Kunden mit Fachkenntnissen                                               | 11 |
| Gewinner eines von Ihnen initiierten Ideenwettbewerbs                    | 5  |
| Eigene Kunden ohne Beschränkung                                          | 2  |
| Zusätzlich auch Nicht-Kunden, aber mit Branchenkenntnissen               | 9  |
| Mitglieder anderer Innovation Communities, auch ohne Branchenkenntnisse  | 5  |
| Keine Beschränkung                                                       | 3  |

Es fällt auf, dass die sogenannten „Lead User“ mit Abstand am häufigsten integriert werden sollten. Lead User sind anspruchsvolle, fortschrittliche Kunden, die als tendenziell kritisch oder sogar oft unzufrieden einzustufen sind, sich jedoch bereit erklären, an Verbesserungen mitzuwirken. Sie sehen sich selbst oft als die Elite der Kunden an und beherrschen bereits häufig die entsprechende Fachsprache, und sie kommunizieren auch mit anderen Kunden. Lead User sind sich ihrer Position meistens sehr bewusst und wollen vom Unternehmen gebeten werden, am Innovationsprozess teilzunehmen. Die Gruppe ist sehr klein und muss aufwändig identifiziert und gepflegt werden. Genau nach der Identifizierung der Lead User wurde häufig gefragt. Die Befragten wünschen sich durchaus weitere konkrete Unterstützung. Überraschend gering ist die Nennung der Ideenwettbewerbe, da diese in ande-

ren Branchen zum Teil sehr erfolgreich sind, etwa bei Adidas, Apple, oder Swarovski.

**Fazit**

Steigende Wettbewerbsintensität und eine hohe Dynamik informationswissenschaftlicher Dienstleistungen zwingen Anbieter dazu, Lösungen und Angebote für den Kunden zu entwickeln, um ein positives Image aufzubauen. Die Erhebung qualitativer Daten soll einen fundierten Einblick in die Praxis des Innovationsmanagements in informationswissenschaftlichen Einrichtungen geben. Bislang waren es vor allem Unternehmen, die im Fokus derartiger Untersuchungen standen. Bibliotheken und (öffentliche) Informationsdienstleister waren bislang nicht Gegenstand derartiger Erhebungen. Ziel ist es, aus den Ergebnissen auch Schlüsse für die Aus- und Weiterbildung in diesem Sektor zu ziehen sowie mögliche Angebote zu generieren, um das Innovationsmanagement weiter zu befördern. Für das Thema Open Innovation bieten sich konkrete Ansatzpunkte an, die es gilt, systematisch zu erarbeiten und in Form von Prototyp-Anwendungen konkret zu testen.

*Ursula Georgy*

**LITERATUR**

- Chesbrough, H. (2003). Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology, Columbus: McGraw-Hill Professional
- Gläser, J., Laudel, G. (2009): Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse. VS Verlag für Sozialwissenschaften; GWV Fachverlage, Wiesbaden
- Georgy, U. (2010) Erfolg durch Innovation – Strategisches Innovationsmanagement in Bibliotheken und öffentlichen Informations-einrichtungen. B.I.T. online – Innovativ, Dingel & Frick, Wiesbaden.
- Kunz, W., Mangold, M. (2003): Segmentierungsmodell für die Kundenintegration in Dienstleistungsinnovationsprozesse – Eine [4]Anreiz-Beitrags-theoretische Analyse. Arbeitspapierreihe WINServ „Kundenintegration in Innovationsprozesse“, München
- Wordle (2009). <http://www.wordle.net>
- Zerfaß, A., Ernst, N. (2008): Kommunikation als Erfolgsfaktor im Innovationsmanagement. Ergebnisse einer Studie in deutschen Zukunftstechnologie-Branchen. Leipzig: Universität Leipzig [im Internet: [www.communicationmanagement.de](http://www.communicationmanagement.de)]



Abb. 3: Formen der Kundenintegration in die einzelnen Stufen des Innovationsprozesses



# Das ZAW-Simulationsmodell in der volkswirtschaftlichen Lehre

Die Diskussionen um die Angemessenheit wirtschaftspolitischer Entscheidungen haben im heutigen Medienzeitalter zumindest quantitativ erheblich zugenommen. Streitpunkte sind nicht nur die unterschiedlichen Auffassungen über die „wahren“ wirtschaftlichen Zusammenhänge. Darüber hinaus existieren in der Gesellschaft häufig stark differierende Meinungen über die richtigen wirtschaftspolitischen Ziele und Instrumente.

Da Effekte wirtschaftspolitischer Maßnahmen selten in ihrer gesamten Komplexität analysiert werden, sondern häufig nur Einzelindikatoren herangezogen werden, sind viele Diskussionen wenig fachlich fundiert. Ein Instrument zur Analyse und Prognose wirtschaftlicher Entwicklungen unter Berücksichtigung der wichtigsten Interdependenzen wirtschaftlicher Größen sind ökonometrische Prognose- und Simulationssysteme.

Mit der Entwicklung ökonometrischer Modelle zur Beschreibung volkswirtschaftlicher Phänomene vor etwa 60 Jahren begann die quantitative Analyse in den Wirtschaftswissenschaften. Zu den Anfängen gehörten die Arbeiten der späteren Nobelpreisträger Jan Tinbergen, Lawrence Robert Klein und A.S. Goldberger, die erste Modelle für die US-amerikanische Volkswirtschaft entwickelten. Beispielsweise schaffte es Tinbergen, den Konjunkturverlauf der USA in 48 Gleichungen nachzubilden. Somit konnten erstmalig volkswirtschaftliche Prozesse unter Verwendung beobachteter Daten mit Hilfe statistischer Methoden auf der Basis wirtschaftstheoretischer Hypothesen analysiert und prognostiziert werden.

In der Bundesrepublik Deutschland waren es zunächst die Hochschulen, die sich mit dem Aufbau ökonometrischer Modelle beschäftigten – vor allem die Arbeiten an den Universitäten Bonn, Freiburg und Hamburg sind zu nennen. Einzug in die Praxis der Wirtschaftspolitik hierzulande hielten makroökonometrische Modelle erst Anfang der siebziger Jahre, als sowohl das

Deutsche Institut für Wirtschaftsforschung (DIW), das Rheinisch-Westfälische Institut für Wirtschaftsforschung (RWI) als auch die Deutsche Bundesbank begannen, eigene Modelle zu entwickeln. Dabei sollten die vierteljährlichen Konjunkturmodelle des DIW und des RWI die Gemeinschaftsdiagnose der (damals) fünf führenden deutschen Wirtschaftsforschungsinstitute DIW in Berlin, IfW in Kiel, ifo in München, HWWA in Hamburg, RWI in Essen<sup>1</sup> unterstützen. In der Gemeinschaftsdiagnose wird zweimal pro Jahr eine Analyse und Prognose der wirtschaftlichen Entwicklung in der Bundesrepublik Deutschland, die sogenannten Frühjahrs- und Herbstgutachten, erstellt.

Die Möglichkeit, wirtschaftspolitische Simulationen in einem konsistenten Rahmen durchführen zu können, macht ökonometrische Modelle naturgemäß auch zu einem sinnvollen Instrument praxisbezogener wirtschaftspolitischer Forschung und Ausbildung. Insbesondere die Tatsache, dass die Basis ökonometrischer Modelle stets die Zahlen der aktuellen wirtschaftlichen Entwicklung sind, ermöglicht ein realitätsnahes Arbeiten. Viele aktuelle wirtschaftspolitische Fragestellungen können simuliert, Maßnahmen der Politik anhand konkreter Berechnungen diskutiert und theoretische Konzepte auf das tatsächliche wirtschaftliche Geschehen übertragen werden. Ein erfolgreiches Beispiel für den Einsatz solcher Systeme in der volkswirtschaftlichen Lehre und Forschung ist das ZAW-Simulationsmodell.

Das Zentrum für angewandte Wirtschaftsforschung (ZAW) ist ein wirtschaftswissenschaftliches Forum von Professorinnen und Professoren der Fachhochschule (FH) Köln und der Hochschule Bonn-Rhein-Sieg, das im Jahr 2000 gegründet wurde. Ein wesentlicher Arbeitsschwerpunkt dieses Instituts ist der Aufbau und die Weiterentwicklung

## ABSTRACT

Die Qualität wirtschaftspolitischer Ansätze und Entscheidungen ist an deren Konsistenz und Wirkung zu messen. Beides kann a priori durch ein ökonometrisches Schätzmodell für Deutschland geleistet werden, das seinen Einsatz sowohl in Wirtschaftsforschung und -beratung als auch in der Lehre findet. Das seit zehn Jahren bestehende ZAW-Modell wird kontinuierlich fortentwickelt. Im laufenden Jahr steht die Erforschung internationaler Wirkungsbezüge und die Simulation von wirtschaftspolitischen Strategien im Vordergrund der Aktivitäten.

## PROJEKTLEITUNG

Prof. Dr. Manfred Kiy  
manfred.kiy@fh-koeln.de

Prof. Dr. Frank Gogoll  
frank.gogoll@fh-koeln.de

Prof. Dr. Wolfgang Veit  
wolfgang.veil@fh-koeln.de

Fakultät für  
Wirtschaftswissenschaften  
Institut für Betriebswirtschaftslehre

## PROJEKTPARTNER

Zentrum für angewandte Wirtschaftsforschung (ZAW) Bonn  
Hochschule Bonn Rhein Sieg

<sup>1</sup> DIW-Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, IfW-Institut für Weltwirtschaft, ifo-Institut für Wirtschaftsforschung, HWWA-Hamburger Weltwirtschaftliches Archiv, RWI-Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung.

eines makroökonomischen Modells der deutschen Wirtschaft. Dieses makroökonomische Modell wird zum einen für die Konjunkturanalyse und -prognose eingesetzt und zum anderen sowohl an den wirtschaftswissenschaftlichen Fakultäten der beiden Hochschulen in Köln und Bonn als auch an anderen Hochschulen wie etwa der European Business School ebs (Oestrich-Winkel), der FH Heilbronn und der PFH Göttingen in der Form eines wirtschaftspolitischen Simulationsspiels in den Studienprogrammen verwendet. Das ZAW-Simulationsmodell besteht im Wesentlichen aus vernetzten Teilsystemen, die folgende wirtschaftliche Bereiche erklären sollen:

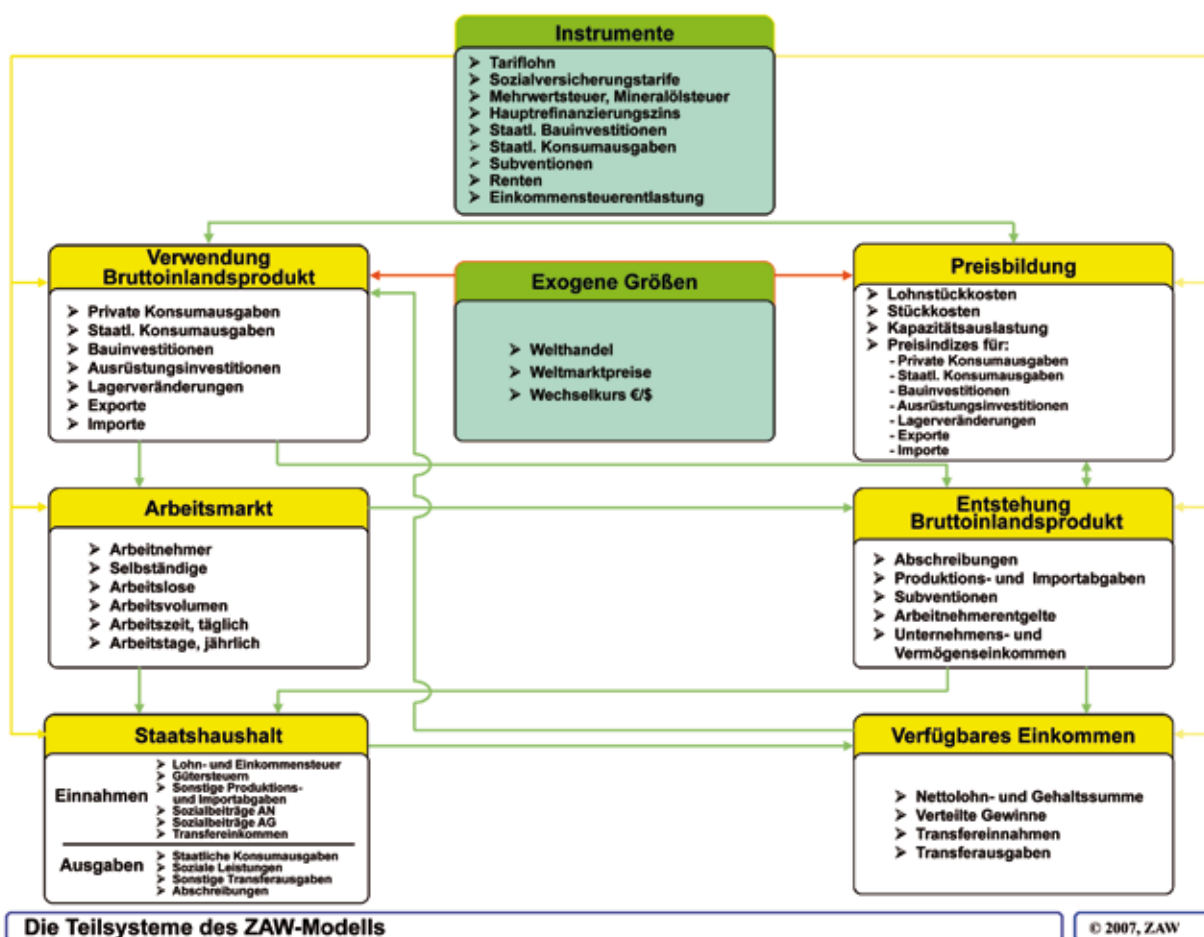
- Verwendung und Entstehung des Bruttoinlandsprodukts,
- gesamtwirtschaftliche Preisbildung,
- Arbeitsmarkt,
- Staatshaushalt,
- Einkommensverteilung und -umverteilung.

Dieses Basismodell besteht in der derzeitigen Fassung aus etwa 250 Gleichungen. Ein Teil dieses Gleichungssystems bildet definitorisch das System der volkswirtschaft-

lichen Gesamtrechnung für die Bundesrepublik Deutschland ab. Diese Definitionsgleichungen bilden das Grundgerüst des Modells und gewährleisten, dass die ökonomischen Entwicklungen widerspruchsfrei erklärt und prognostiziert werden. Der andere Teil des Gesamtsystems besteht aus Verhaltensgleichungen, in denen ökonomische Zusammenhänge auf der Grundlage wirtschaftstheoretischer und wirtschaftspolitischer Überlegungen sowie ökonomischer Schätzungen erklärt werden. Ein typisches Beispiel für eine solche Verhaltensgleichung ist die Konsumfunktion, die den Konsum der privaten Haushalte in Abhängigkeit vom verfügbaren Einkommen, von Zinssätzen und eventuell anderen wirtschaftlichen Größen erklärt. Die ökonomischen Schätzungen der Verhaltensgleichungen, der Aufbau des Gesamtsystems sowie die Simulations- und Prognoseläufe wurden sämtlich mit der speziell für ökonomische Modelle entwickelten Software „IAS-System Bonn“ durchgeführt. Als Schätzverfahren wurde die Kleinst-Quadrat-Methode (KQ-Methode) verwendet. Auf eine Verwendung von mehrstufigen

Schätzverfahren und Systemschätzmethoden wurde verzichtet, da diese sich trotz der theoretisch besseren Schätzeigenschaften in der Praxis als zu aufwendig erwiesen haben und häufig zu instabilen Ergebnissen führten. Das Basismodell aus Definitionsgleichungen und Verhaltensgleichungen wird gesteuert durch die direkte Vorgabe von wirtschaftlichen Größen, die aus unterschiedlichen Gründen nicht ökonomisch erklärt werden können oder sollen. Diese exogenen Variablen können in drei Gruppen eingeteilt werden. Zum einen handelt es sich um Instrumentvariablen, die im Rahmen des wirtschaftspolitischen Simulationsspiels von den Akteuren vorgegeben werden können. Diese sind im Einzelnen:

- der Mehrwertsteuersatz,
- der Mineralölsteuersatz,
- der Sozialversicherungstarif,
- die staatlichen Konsumausgaben,
- die staatlichen Bauinvestitionen,
- die Subventionen,
- die monetären Sozialleistungen,
- der Tariflohnsatz,
- der Hauptrefinanzierungszins.





Zusätzlich ist es in der vorliegenden Modellvariante möglich, eine Entlastung der Lohn- und Einkommensteuer der Arbeitnehmer zu simulieren. Einige dieser Variablen werden in anderen ökonometrischen Modellen nicht vorgegeben, sondern durch Verhaltensgleichungen erklärt, etwa der Tariflohnsatz. Allerdings erscheint dies unter der Zielsetzung eines Simulationsinstrumentes, mit dem Teilnehmer des Simulationsspiels als wirtschaftspolitische Entscheidungsträger wie etwa Arbeitgeber- und Arbeitnehmervertreter agieren sollen, nicht sinnvoll. Wird das Modell für andere Zwecke wie etwa detaillierte Konjunkturanalysen und -prognosen, eingesetzt, könnten hier problemlos entsprechende Modifikationen vorgenommen werden. Die zweite Gruppe von exogenen Variablen erfasst Größen, die sich in einem nationalen Modellrahmen weitgehend einer ökonometrischen Erklärung entziehen und von außen bestimmt werden. Diese sind:

- die Entwicklung des realen Welthandels,
- die Weltmarktpreisentwicklung und der Rohölpreis,
- der Wechselkurs des EURO zum US-Dollar.

Zurzeit wird eine Revision und Weiterentwicklung der außenwirtschaftlichen Einflusskanäle vorgenommen, um vor allem

- die durch die globale Finanzkrise und ihre realwirtschaftlichen Folgen eingetretenen Effekte,
- die Auswirkungen der EU-Osterweiterung,
- die unterschiedliche Wachstumsdynamik verschiedener Wirtschaftsregionen der Weltwirtschaft

in den empirischen Schätzgleichungen und der makroökonometrischen Modellstruktur angemessen abbilden und modellieren zu können. Mit Hilfe der aktuellen Schätzgleichungen werden im Jahr 2009 alternative Entwürfe deutscher Wirtschaftspolitik simuliert. Vergleichbare Simulationen haben die Autoren für die 90er Jahre erstellt; angesichts der seither erfolgten Weiterentwicklung des Modells und der jüngeren wirtschaftspolitischen Entwicklungen ist eine Aktualisierung geboten. Ziel dieser neuerlichen Simulationen ist es, die Wirkungen der alternativen Politikentwürfe auf die wirtschaftlichen Kenngrößen Wirt-

schaftswachstum, Preisstabilität, Beschäftigung, Staatshaushalt und Zahlungsbilanz abzuschätzen. Die Modellstruktur erlaubt dabei, über einen Zeitraum von fünf Jahren Entwicklungspfade für die genannten Kennzahlen zu beschreiben, sodass zwischen kurz- und langfristigen Wirkungen der Wirtschaftspolitik unterschieden werden kann. Dies ist insofern von erheblicher Bedeutung, als Maßnahmen gegebenenfalls erst nach Ablauf einer Wahlperiode positive oder negative Wirkungen entfalten, was in der zeitlichen Nähe zu Wahlterminen zu einer wenig aufgeklärten Diskussion führen kann. Daher soll das Forschungsprojekt nicht nur eine solide Basis für wirtschaftspolitische Entscheidungsträger liefern, sondern gerade angesichts der jüngeren Entwicklungen wie etwa der Polarisierung der politischen Lager in Europa und den USA oder der Interpretation der Finanzkrise im Lichte der Globalisierung einen rationalen Umgang der breiten Öffentlichkeit mit diesen Themen unterstützen.

*Frank Gogoll/Manfred Kiy/Wolfgang Veit*

 Fachhochschule Köln  
Cologne University of Applied Sciences

## FÖRDERN SIE JUNGE TALENTE

Mit dem NRW-Stipendienprogramm unterstützt das Land gemeinsam mit privaten Stiftern kluge Köpfe – unabhängig vom Einkommen der Eltern.

Die Fachhochschule Köln beteiligt sich am NRW-Stipendienprogramm, weil

- > dadurch der Lebensunterhalt von begabten Studierenden gesichert werden kann,
- > die besten Studentinnen und Studenten sich auf hervorragende Studienergebnisse konzentrieren können,
- > Engagement im Studium gefördert werden muss.

Sprechen Sie uns an:

Fachhochschule Köln  
Cemil Uraz  
Claudiusstr. 1, 50678 Köln  
Tel.: 0221/82 75 - 39 56  
E-Mail: cemil.uraz@fh-koeln.de

[www.fh-koeln.de](http://www.fh-koeln.de)

# Rechtsformen der Unternehmen

Für den Unternehmer ist die Wahl der passenden Rechtsform neben der Wahl des richtigen Standorts von zentraler Bedeutung. Existenzgründer müssen entscheiden, ob sie ihr Unternehmen als Einzelunternehmen, in der Rechtsform einer juristischen Person oder als Personengesellschaft betreiben wollen. Handelt es sich um ein bereits bestehendes Unternehmen, kann sich ein Bedürfnis zum Wechsel der Rechtsform ergeben. Erbt man ein Unternehmen, steht man vor der Frage, ob man dieses fortführen und, wenn ja, in welcher Rechtsform dies geschehen soll.

Trotz der Aktualität und Praxisnähe dieser Fragen existieren nur wenige Bücher, die die verschiedenen Rechtsformen der Unternehmen aktuell darstellen und miteinander vergleichen. Teils ist die Literatur durch die Veränderungen, die Gesellschaftsrecht, Steuerrecht und Europarecht in letzter Zeit erfahren haben, veraltet. So war es Ziel dieses Forschungsprojekts, praktisch hochrelevante spannende, aber auch schwierige Fragen der Rechtsformwahl darzustellen und zugleich aktuelle Entscheidungshilfen für den konkreten Fall geben.

## Die Rechtsformen und Auswahlkriterien

Rechtsformen sind die rechtlichen Basen, die das Rechtssystem für Unternehmen zur Verfügung stellt. Vorliegend unterscheidet man insoweit Einzelunternehmen, juristische Personen und Personengesellschaften. Beim Einzelunternehmen ist Träger des Unternehmens die natürliche Person. Juristische Personen sind vom Gesetz vorgesehene Organisationsformen, die wie natürliche Personen Rechtssubjekte sind. Juristische Personen sind primär GmbH, AG, KGaA, Genossenschaft, rechtsfähiger Verein und Stiftung, Limited, Versicherungsverein auf Gegenseitigkeit (VVaG), Europäische Aktiengesellschaft (SE) und Europäische Genossenschaft (SCE).

Personengesellschaften, auch als Gesamthandsgemeinschaften bezeichnet, können ebenfalls Träger von Unternehmen sein.

Sie sind von mindestens zwei natürlichen und/oder juristischen Personen zu gründen, erreichen jedoch nicht den Status einer juristischen Person. Die Gesellschafter haften hier persönlich. Grundtypus ist die BGB-Gesellschaft. OHG, KG oder Partnerschaft sind Personengesellschaften für Zwecke der Kaufleute oder Freiberufler. Daneben stehen die EWIV und selten die Partenreederei. Die stille Gesellschaft ist auch Personengesellschaft; sie ist jedoch nur eine Innengesellschaft und tritt nicht nach außen auf.

Bei seiner Entscheidung für eine Rechtsform hat der Unternehmer zunächst die Frage zu entscheiden, ob er das Unternehmen allein oder zu mehreren betreiben will. Daneben können zahlreiche weitere Motive der Wahlentscheidung zugrunde liegen. So kann der Unternehmer seine Haftung möglichst begrenzen wollen oder bestimmte steuerliche Ziele verfolgen. Die Aspekte, wie frei der Unternehmer beim Betrieb des Unternehmens ist, wie hoch die Anforderungen an die Buchführung oder die Mitbestimmung sind, können hinzukommen. Auch kann eine Rolle spielen, wie weit die Rechtsform publizitätspflichtig ist.

Relevanz kann erlangen, welche Kosten die Gründung des Unternehmens oder der Wechsel eines bereits bestehenden Unternehmens in eine andere Rechtsform verursachen würde. Kriterium kann sein, ob die Rechtsform einfach zu leiten und zu überwachen ist, ob sie ohne besondere juristische Kenntnisse betrieben werden kann, ob sie Beteiligungen oder die Aufbringung von neuem Kapital ermöglicht oder ob sie spätere Unternehmensnachfolgen erleichtert. All diese Fragen werden sich regelmäßig nicht nur zu Beginn der unternehmerischen Tätigkeit, sondern auch in deren Verlauf immer wieder stellen.

## Gesellschaftsrecht, Steuer- und Europarecht

Ergebnis des Forschungsprojekts ist das nun vorgelegte Buch, welches schrittweise an die Fragen und Probleme der Rechtsformwahl heranführt. Es baut auf langjährigen

## ABSTRACT

Für den Unternehmer ist die Wahl der passenden Rechtsform neben der Wahl des richtigen Standorts für sein Unternehmen von zentraler Bedeutung. Bei dem Forschungsprojekt ging es darum, die hochrelevanten spannenden, aber auch schwierigen Fragen der Rechtsformwahl systematisch darzustellen und die in der Praxis möglichen Wege miteinander zu vergleichen. Ergebnis des Projekts ist ein Buch zur Rechtsformwahl. Neben dem Gesellschaftsrecht geht es dabei insbesondere um das Steuerrecht und das Europarecht. Entscheidungshilfen für den konkreten Fall, ein Glossar sowie zahlreiche Übungsfälle und Wiederholungsfragen kommen hinzu.

## PROJEKTLEITUNG

Prof. Dr. jur. Friedrich Klein-Blenkers  
Fakultät für  
Wirtschaftswissenschaften  
Institut für Betriebswirtschaftslehre  
friedrich.klein-blenkers@fh-koeln.de



Beratungen zur Rechtsformwahl sowie auf zahlreichen meiner Arbeiten zum Gesellschafts- und Steuerrecht auf. Seit dem Sommersemester 2004 biete ich regelmäßig Vorlesungen zur Rechtsformwahl an. Der jetzige Zeitpunkt, die Inhalte zu strukturieren, bot sich an, nachdem das Gesetz zur Modernisierung des GmbH-Rechts sowie Änderungen des Einkommen- und des Erbschaftsteuerrechts die Thematik in jüngster Zeit in zentralen Punkten neu gegründet haben. Nach einer Einführung, einer Klärung der wichtigsten Begriffe sowie einer Übersicht über die Häufigkeit der einzelnen Rechtsformen in Teil A des Buchs werden in Teil B die existierenden Wege und Auswahlkriterien vorgestellt. Es werden in Form eines Überblicks Einzelunternehmen, juristische Person und Personengesellschaft ins Auge gefasst, Kriterien der Auswahl präsentiert sowie das Einzelunternehmen vorgestellt. Dies wird durch einen Blick auf die Wege der Unternehmensnachfolge ebenso ergänzt wie, angesichts der immer weiter voranschreitenden Globalisierung, durch einen Blick auf europäische und ausländische Rechtsformen.

In Teil C geht es um die juristischen Personen. Gründung und Betrieb von GmbH und AG einschließlich KGaA und britischer Limited sowie deren Beendigung werden ebenso erläutert wie diesbezügliche Fragen des Steuerrechts. Die juristischen Personen werden vor den Personengesellschaften und zudem die GmbH's vor den AG's behandelt, um zum einen der Nähe zwischen natürlichen und juristischen Personen gerecht zu werden. Zum anderen soll so der zentralen Bedeutung der GmbH Rechnung getragen werden. Diese macht in der Praxis, gemeinsam mit Einzelunternehmen und GmbH & Co. KG, das Gros der Rechtsformen aus. In Teil D werden die Personengesellschaften vorgestellt: OHG, KG, Partnerschaft und BGB-Gesellschaft. Auch hier geht es mit Gründung, Betrieb und Beendigung um Fragen des Gesellschaftsrechts sowie daneben um Fragen des Steuerrechts. Die Frage der Haftung spielt hier eine zentrale Rolle. Ebenso wird die GmbH & Co. KG ins Auge gefasst. In Teil C beziehungsweise Teil D werden zudem kurz die Genossenschaft, die Europäische Aktiengesellschaft (SE), der rechtsfähige Verein, die Stiftung, die Partenreederei und die Europäische wirtschaftliche Interessenvereinigung (EWIV) als mögliche Rechtsformen vorgestellt. Teil E behandelt die Unternehmensnachfolgen. Neben der Gründung eines Unternehmens

ist die Übernahme eines bereits bestehenden Unternehmens in der Praxis von hoher Bedeutung. Hier geht es um die einzelnen Formen des Unternehmenskaufs, die Unternehmenspacht und um Erwerbe im Zusammenhang mit Todesfällen. Diese haben in den vergangenen Jahren eine kaum zu überschätzende Relevanz erlangt. Daneben bietet sich der Unternehmensnießbrauch und in gewisser Weise auch die Beteiligung an einer Gesellschaft an. Überlegungen zum Europarecht treten stets hinzu, wenn sie in der Praxis von Relevanz sind.

### Rechtsformwahl im Einzelfall

Teil F bündelt all diese Überlegungen. Hier werden die einzelnen Rechtsformen mit ihren Vor- und Nachteilen miteinander verglichen. Nacheinander werden für Einzelunternehmen, juristische Personen sowie Personengesellschaften und sodann speziell für die ausländischen Rechtsformen, für die Freien Berufe sowie für die Wahl zwischen Unternehmensneugründung und -nachfolge die Auswahlkriterien dargestellt und insbesondere gesellschafts- und steuerrechtlich einander gegenübergestellt. Teil G mit Zusammenfassung, Glossar und Stichwortverzeichnis zur schnelleren Orientierung bildet den Abschluss. So werden die Wege der Rechtsformwahl aufgezeigt und Entscheidungshilfen gegeben. Bei der konkreten Entscheidung wird dabei stets darauf zu achten sein, einzelnen Kriterien nicht zu großes Gewicht zukommen zu lassen. Es wird gezeigt, dass etwa die Wahl einer GmbH allein aus Gründen der Haftungsbeschränkung steuerliche und organisatorische Nachteile mit sich bringen kann. Die Limited kann zu Schwierigkeiten bei der Anwendung britischen Gesellschaftsrechts führen. Die Übertragung eines Unternehmens bereits zu Lebzeiten, um Erbschaftsteuer zu sparen, kann zur Folge haben, dass der Übertragende später nicht mehr genug Geld im Alter hat. Gute Entscheidungen bei Rechtsformwahl wie Unternehmensnachfolge zu treffen, ist daher nicht einfach. Eine gute Entscheidung setzt genaue und vielfältige Überlegungen rechtlicher Art voraus. Organisatorische und praktische Überlegungen kommen ebenso hinzu wie Überlegungen zur Finanzierung, zum Zusammenpassen von Wahl und Unternehmensgegenstand oder zu möglichen Entwicklungen in ferner Zukunft. Andererseits wird eine gelungene Wahl entscheidend zum Unternehmenserfolg beitragen können, und damit zum Erfolg des Unternehmers ebenso wie zu einem gesamtwirtschaftlichen Gewinn.

### Interdisziplinarität, Praxis- und Lehrbezug

Die vorherigen Überlegungen zeigen bereits, dass die Fragen der Rechtsformwahl immer nur mit Blick auf alle relevanten Bereiche zu beantworten sind. Zwar ist dabei primärer Ausgangspunkt das Gesellschaftsrecht. Immer wieder müssen jedoch Überlegungen zum Steuerrecht, zum Europarecht oder auch zum Zivilrecht, zum Mitbestimmungsrecht, zum Konzernrecht oder zum Umwandlungsrecht einfließen. Ebenso sind betriebswirtschaftliche und psychologische Aspekte zu berücksichtigen. Erst die Zusammenschau dieser Aspekte führt zu zutreffenden Empfehlungen für die Rechtsformwahl im konkreten Fall.

Was die Lehre anbelangt, sind die Fragen der Rechtsformwahl bereits in zwei Seminare mit studentischer Beteiligung sowie in meine Vorlesung zur Rechtsformwahl eingeflossen. Zukünftig kann das Buch Vorlesungen zur Rechtsformwahl, zum Wirtschaftsrecht, speziell zum Unternehmensrecht sowie diesbezügliche Seminare unterstützen. Was die Praxis anbelangt, werden Fragen der Rechtsformwahl in Zukunft von zentraler Bedeutung sein. Dies gilt für Existenzgründungen ebenso wie für die zahlreichen Fälle von Unternehmensnachfolgen, welche in den kommenden Jahren auch in Nordrhein-Westfalen zu erwarten sind.

*Friedrich Klein-Blenkers*

### LITERATUR

Klein-Blenkers, F.: Rechtsformen der Unternehmen (2009). C. F. Müller Verlag (Heidelberg), XVIII, 251 Seiten. ISBN 978-3-8114-3263-5

# Verhalten von Studierenden in derselben Vorlesung in China, Deutschland und Russland

Eine Umfrage unter 3653 Studierenden aus Albanien, Belgien, China, Dänemark, Deutschland, Finnland, Mexiko, Polen, Rumänien, Russland, Schweden, Spanien, Südafrika, Türkei, Ukraine und den USA hat ergeben, dass diese Studierenden unterschiedliche Anforderungen an die Gestaltung ihrer Lernumgebung stellen (Kowalski, 2008). Sie wählen andere Lernorte, sie lernen zu unterschiedlichen Zeiten, sie halten unterschiedliche Aufgabentypen für sinnvoll, sie nutzen unterschiedliche Medien für die Kommunikation mit ihren Tutoren und untereinander, sie wünschen sich unterschiedliche Arten der Unterstützung von ihren Tutoren. Allerdings ergeben sich diese Resultate aus der Selbsteinschätzung der Studierenden bei der Beantwortung der Fragen. Ob Studierende wirklich besser lernen, wenn die Lernumgebung genau nach den angegebenen Wünschen gestaltet ist, kann nicht sicher vorhergesagt werden. Es kann sein, dass die Studierenden teilweise so antworteten, wie sie es für allgemein gewünschtes Verhalten ansahen. Außerdem blieben viele Fragen offen. So konnten die Studierenden nur auf einen geschlossenen Satz an Fragen antworten und die Perspektive der Lehrenden wurde nicht betrachtet. Zudem basierten die Antworten der Studierenden auf einer Selbsteinschätzung.

## Design der Studie

Deshalb wurde eine weiterführende Studie durchgeführt, die stärker auf der Beobachtung der Studierenden in ihrem Lernprozess aufbaut. Ziel ist es festzustellen, wie Studierende unterschiedlicher Länder auf dieselbe Dozentin, auf dieselben Inhalte, auf dieselben Anforderungen vonseiten der Dozentin reagieren. Es wurde darauf geachtet, wie Aufgaben ausgeführt wurden. Dabei wurde besonderer Wert auf die inhaltliche Erfüllung, aber auch auf die Art und Weise sowie die eingesetzten Fähigkeiten gelegt. Die Art, die Dauer und auch die Häufigkeit der Kommunikation mit der Dozentin wurden beobachtet, aber auch das Verhalten der Studierenden in der Gruppe, in den Arbeitsgruppen, während der Vorlesung und während der Klausur.

Dazu wurde ein Kurs konzipiert und von derselben Dozentin in China, Deutschland und Russland auf die gleiche Art und Weise gehalten. Basierend auf den Protokollen der Dozentin, Fragebögen zum Lebenslauf und zur Evaluation des Kurses sowie den abgegebenen Arbeiten der Studierenden wurde untersucht, ob es Unterschiede im Verhalten der Studierenden gibt.

Ziel ist es, Unterschiede deutlich zu machen, um besser auf die Bedürfnisse der Studierenden eingehen oder die Studierenden besser auf die Anforderungen in anderen Ländern vorbereiten zu können. Es ist damit keine Wertung im Sinne von „besser“ oder „schlechter“ beabsichtigt. Auch sollen keine Stereotypen verfestigt werden. Alle Studierenden sind letztlich in ihrer einzigartigen Persönlichkeit zu betrachten.

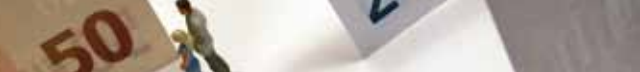
Es handelt sich um einen Kurs zur Einführung in das E-Business. Er wurde in China, Deutschland und Russland gehalten. Es stand jeweils eine ganze Woche zur Verfügung. Dabei gab es am Vormittag Präsenzveranstaltungen. Die Nachmittage standen den Studierenden zum eigenständigen Arbeiten zur Verfügung. Der Kurs setzte sich aus kurzen Referaten der Dozentin zur Einführung von theoretischem Hintergrundwissen, Arbeitsphasen der Studierenden in Kleingruppen, in denen sie die theoretischen Erkenntnisse anhand eines selbst gewählten Praxisbeispiels erkennen und darstellen sollten sowie Präsentationen der Studierendengruppen über ihre Praxisbeispiele zusammen. Die Präsentationen wurden mit Punkten bewertet. Für die vier Präsentationen jeder Gruppe wurden jeweils bis zu zehn Punkte vergeben. Maximal konnten 40 Punkte für die Präsentationen erreicht werden. Der Kurs wurde mit einer einstündigen Klausur abgeschlossen. Der Inhalt der Klausur orientierte sich an den Arbeitsaufträgen der Studierenden während des Kurses. Jedoch sollte das theoretische Wissen auf ein vorgegebenes fiktives Beispiel angewendet werden. Es durften keine Unterlagen benutzt werden. Für die Klausur konnten maximal 30 Punkte erreicht werden.

## ABSTRACT

Eine Umfrage unter 3653 Studierenden aus 16 Ländern hat ergeben, dass diese Studierenden unterschiedliche Anforderungen an die Gestaltung ihrer Lernumgebung stellen. Allerdings blieben viele Fragen offen. So konnten die Studierenden nur auf einen geschlossenen Satz an Fragen antworten und die Perspektive der Lehrenden wurde nicht betrachtet. Ziel einer weiterführenden Studie ist es festzustellen, wie Studierende unterschiedlicher Länder auf dieselbe Dozentin, auf dieselben Inhalte, auf dieselben Anforderungen vonseiten der Dozentin reagieren.

## PROJEKTLEITUNG

Prof. Dr. Susann Kowalski  
Fakultät für Wirtschaftswissenschaften  
Institut für Betriebswirtschaftslehre  
susann.kowalski@fh-koeln.de



### Kultureller Vergleich von China, Deutschland und Russland

Zum kulturellen Vergleich werden häufig die sogenannten Index-Werte von Hofstede (Hofstede, 2009) verwendet, wie in Abb. 1 verdeutlicht. Ausgehend von diesen Indexwerten und Hofstedes allgemeinen Anmerkungen hinsichtlich der Erziehung und Ausbildung (Hofstede, 2001, S. 42, S. 83, S. 126 und S. 169), kann Folgendes geschlossen werden: Wegen der hohen Machtdistanz in Russland und China, verglichen mit Deutschland, sollten Lehrende in diesen Ländern als Autoritäten angesehen werden, die mit Respekt behandelt werden und die „Befehle“ geben. Die Unterschiede im Individualismus-Index zwischen den drei Ländern könnten sich in der Art der Diskussionen und in der Art und Weise der Gruppenarbeit widerspiegeln. Weil China und Deutschland relativ hohe Maskulinitäts-Werte haben, müssten Noten in diesen Ländern sehr wichtig sein. Die Lehrenden müssen in diesen Ländern gutes Sach-/Expertenwissen haben. Russland hat den höchsten Unsicherheitsvermeidungsindex. Es kann sein, dass russische Studierende strukturierte Lernsituationen mit einer klaren Definition dessen, was „richtig“ und was „falsch“ ist, brauchen.

### Kultureller Hintergrund der Dozentin

Jedes Forschungsprojekt wird von der Persönlichkeit des Forschers beeinflusst. Das ist insbesondere bei interkultureller Forschung ein wichtiger Aspekt. Die Forschenden betrachten ihre Wahrnehmungen, Beobachtungen und Ergebnisse immer vor dem Hintergrund ihrer eigenen kulturellen Erfahrungen und Prägungen. Deshalb soll der kulturelle Background der Forscherin im Folgenden kurz erläutert werden. Die Forscherin wuchs in der ehemaligen DDR auf, wo sie bis zu ihrem 26. Lebensjahr lebte. Danach siedelte sie in den Westteil Deutschlands um. Verglichen mit dem „Durchschnittsdeutschen“ gemäß Hofstedes Indexwerten (siehe oben), könnte sie sich auf demselben Niveau der Machtdistanz befinden, ist aber weniger individualistisch ausgeprägt und könnte einen niedrigeren Maskulinitätsindex haben. Allerdings ist ihr Unsicher-

heitsvermeidungsindex höher als der eines „Durchschnittsdeutschen“. Abb. 2 zeigt die deutschen Indexwerte verglichen mit den geschätzten Indexwerten der Forscherin.

### Die beobachteten Studierendengruppen China

Die 30 chinesischen Studierenden studierten Betriebswirtschaftslehre an der DUFE (Dalian University of Finance and Economics) und waren im 4. Studienjahr. Sie bereiteten sich auf ein Auslandssemester in Deutschland vor. Der Kurs war eine Pflichtveranstaltung. Er wurde in Deutsch

gehalten. Dies war für die Studierenden eine Fremdsprache, für die Dozentin die Muttersprache.

### Russland

Die 23 russischen Studierenden studierten Wirtschaftsinformatik an der NNGASU (Nishegoroder Staatliche Universität für Architektur und Bauwesen) und waren im dritten Studienjahr. Sie studierten an einem international ausgerichteten Institut, das viel Wert auf Sprachausbildung legt. Ein Auslandsaufenthalt ist aber nur für sehr wenige der Studierenden vorgesehen. Der Kurs war eine Pflichtveranstaltung. Er wurde in

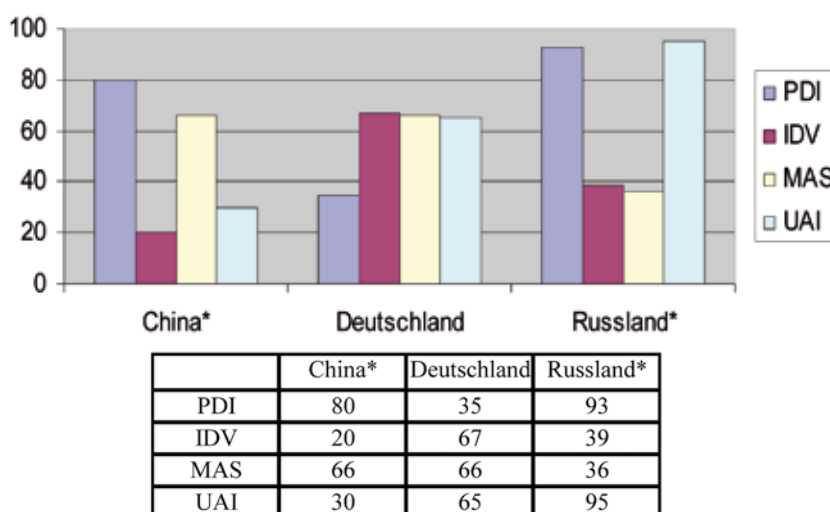


Abb. 1: Vergleich China, Deutschland und Russland (eigene Darstellung nach Hofstede 2009)

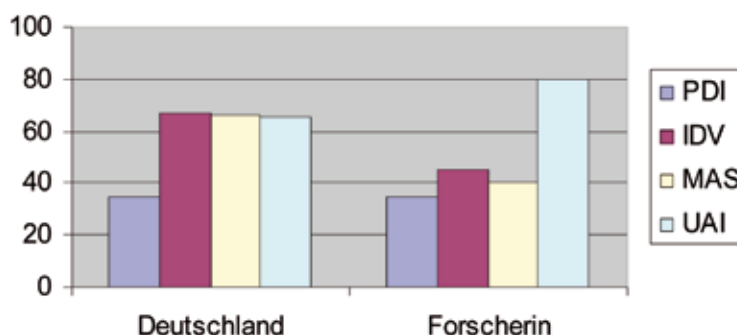


Abb. 2: Hofstedes Indexwerte für Deutschland und die Forscherin (eigene Darstellung nach Hofstede 2009 und eigenen Schätzungen)

Englisch gehalten. Dies war sowohl für die Studierenden als auch für die Dozentin eine Fremdsprache.

### Deutschland

Die 14 deutschen Studierenden studierten Betriebswirtschaftslehre an der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften an unserer Fachhochschule und waren am Beginn ihres Hauptstudiums, etwa im 4. bis 6. Semester. In der Gruppe gab es einige Studierende mit Migrationshintergrund. Der Kurs war eine Wahlpflichtveranstaltung, das bedeutet, dass ihn sich die Studierenden aus einer Menge von Kursen selbst ausgewählt hatten, aber eine bestimmte Anzahl von Kursen aus diesem Angebot ausgewählt werden mussten. Der Kurs wurde in Deutsch gehalten. Das war für die meisten der Studierenden und für die Dozentin die Muttersprache.

### Beobachtungen

Bei der Darstellung der Beobachtungen wird auf das allgemeine Auftreten, das Lernverhalten und die erzielten Ergebnisse der Studierenden sowie die subjektiven Eindrücke der Dozentin eingegangen.

### China

Die chinesischen Studierenden erschienen höflich und wissbegierig. Die einmal ausgewählten Sitzplätze wurden jeden Tag wieder eingenommen. Alle saßen weit vorn. Hintere Plätze blieben frei, auch wenn es vorn relativ eng zum Sitzen war. Den Vorträgen der Dozentin wurde konzentriert gefolgt. Es wurde weder miteinander geredet noch sich mit anderen Dingen beschäftigt. Hin

und wieder fielen bei einigen Studierenden die Augen zu. Die Disziplin während der Vorträge der Kommilitonen war nicht ganz so gut. Die chinesischen Studierenden stellten viele Fragen zum Verständnis von Begriffen. Sie versuchten, Zusammenhänge zwischen den einzelnen Wissensselementen herzustellen. Allerdings wurden die Fragen selten im Unterricht gestellt, sondern mehr in der Pause. Die Dozentin war in den Pausen noch nie so stark von Studierenden umgeben wie bei diesen Studierenden. Viele Fragen drehten sich um die Klausur, was gefragt würde, was zu lernen wäre. Die Angst vor der Klausur schien greifbar im Raum zu stehen. Die Studierenden hatten Interesse an der Praxis, jedoch schien eine Umsetzung der theoretischen Sachverhalte auf praktische Anwendungen schwer zu fallen. In den Präsentationen wurden überwiegend die Stichworte aus den Kursusfolien wiedergegeben. In der Klausur herrschte absolute Stille. Die Aufsicht über die 40 Studierenden in der Klausur war von der Dozentin einfach zu bewältigen.

### Russland

Die russischen Studierenden erschienen aufgeweckt. Sie hörten interessiert zu, beschäftigten sich allerdings hin und wieder mit anderen Dingen oder redeten miteinander. Besonders bei den Vorträgen der Kommilitonen musste manchmal vonseiten der Dozentin eingegriffen werden, um einen störungsfreien Vortrag für die Studierenden zu ermöglichen. Die theoretischen Informationen schienen etwas gelangweilt zu haben. Praktische Anwendungen wurden dankbar aufgenommen und hin und wieder

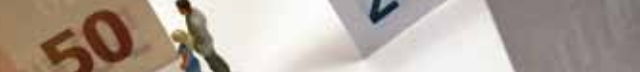
auch innerhalb des Plenums diskutiert. Die erste und die letzten Sitzreihen blieben frei. Ansonsten saßen die Studierenden verteilt im Raum und nahmen täglich dieselben Plätze ein. Die gestellten Aufgaben wurden verhältnismäßig frei interpretiert, sodass häufig einige der von der Dozentin geforderten Aspekte ausgelassen wurden. Ähnlich wie bei den chinesischen Studierenden war auch bei den russischen Studierenden in den Präsentationen zu erkennen, wer welchen Teil der Präsentation erarbeitet hatte. Allerdings waren die Folien der russischen Studierenden handwerklich wesentlich besser aufbereitet als die Folien der chinesischen Studierenden. Es gab kaum Fragen der russischen Studierenden zur Klausur. Einmal wurde von der Dozentin über die Inhalte der Klausur gesprochen. Danach wurde das Thema weder von den Studierenden noch von der Dozentin erneut aufgegriffen. Es gab wenig Kontakt zur beziehungsweise Fragen an die Dozentin, obwohl sie in einem Raum des Instituts den ganzen Tag verfügbar gewesen wäre. Fragen wurden eher an eine meist anwesende russische Kollegin gestellt. Während der Klausur waren insgesamt drei Personen zur Aufsicht anwesend. Es wurde geredet, auch wenn bereits die Bewertung der Klausur mit „ungenügend“ angedroht war. Es gab einen Täuschungsversuch.

### Deutschland

Die deutschen Studierenden erschienen aufmerksam. Die Sitzordnung variierte von Tag zu Tag nur wenig. Die Studierenden saßen locker im Raum verteilt. Die erste

|             | Durchschnittliche Punktzahl Präsentationen | Durchschnittliche Punktzahl Prüfung | Durchschnittliche Punktzahl gesamt | Durchschnittsnote |
|-------------|--------------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|-------------------|
| China       | 35,7                                       | 21,7                                | 57,4                               | 2,1               |
| Deutschland | 37,1                                       | 24,6                                | 61,8                               | 1,6               |
| Russland    | 28,0                                       | 14,7                                | 41,3                               | 3,7               |

Abb. 3: Vergleich der Punkte und Noten der chinesischen, deutschen und russischen Studierenden (eigene Darstellung entsprechend der Forschungsergebnisse)



Sitzreihe blieb frei. Der Dozentin sowie den Präsentationen der Arbeitsgruppen wurde annähernd gleich konzentriert zugehört. Fragen wurden direkt gestellt und führten teilweise zu intensiven Diskussionen, sodass hin und wieder vom geplanten Zeitraster abgewichen wurde, um den Lauf der Diskussion nicht abubrechen. Zum Teil wurden die Diskussionen in der Pause weitergeführt und wandelten sich hin und wieder auch in Gespräche über persönliche Erfahrungen mit dem Themengebiet oder auch private Angelegenheiten. Die Umsetzung der theoretischen Informationen auf die Praxisbeispiele gelang den Studierenden gut. Die handwerkliche Umsetzung in Präsentationen war angemessen. Bei den Vorträgen war nicht mehr zu erkennen, wer welchen Teil bearbeitet hatte, obwohl aus den Diskussionen und Beobachtungen ersichtlich war, dass die deutschen Studierenden wie auch ihre russischen und chinesischen Kommilitonen in erster Linie die Aufgaben aufgeteilt hatten, jedoch war die Zusammenführung der Einzelteile homogener gelungen. Neben den fachlichen Fragen gab es viele und häufig wiederholte Fragen zur Klausur und den Präsentationen. Hierbei ging es weniger um die Inhalte als vielmehr um die Punktevergabe, um Punktabzüge, um Noten und die Möglichkeit, schlechte Noten „ungeschehen“ zu machen. Beim Korrigieren der Klausur machte sich dies bei der Dozentin dadurch bemerkbar, dass sie stärker als bei den anderen Klausuren Begründungen für Punktabzüge notierte und jeden Punktabzug zusätzlich kontrollierte. Beim Schreiben der Klausur herrschte arbeitsame Ruhe. Die Aufsicht der 14 Studierenden während der Klausur war für die Dozentin ohne Probleme allein zu bewältigen.

#### **Bewertete Leistungen der Studierenden**

Grob kann festgestellt werden, dass die deutschen Studierenden die besten Noten, dicht gefolgt von den chinesischen und danach den russischen Studierenden erhalten haben. Abb. 3 zeigt die durchschnittliche Punktzahl und die Durchschnittsnote der Studierenden dieser drei Länder. Die Noten

entsprechen dem deutschen Notensystem. 1 ist die beste Note. 5 ist die schlechteste Note und bedeutet, dass die Prüfung nicht bestanden wurde. (Anmerkung: Es ist allgemein üblich, Durchschnittsnoten zu berechnen, obwohl es wissenschaftlich umstritten ist.)

Das kann einerseits daran liegen, dass es sich um eine Vorlesung handelte, die von einer deutschen Dozentin für deutsche Studierende entworfen wurde. Außerdem konnten die deutschen Studierenden die Vorlesung in ihrer Muttersprache verfolgen. Und es war ein Wahlpflichtfach für die deutschen Studierenden, sodass von einer etwas höheren intrinsischen Motivation für das Thema ausgegangen werden kann. Wahrscheinlich waren die deutschen Studierenden schon häufig auf ihrem Lern- und Ausbildungsweg mit vergleichbaren Anforderungen konfrontiert und stärker daran gewöhnt als die anderen Studierenden. Die chinesischen Studierenden kamen gut mit der Vorlesung zurecht, reagierten aber weniger kreativ auf die Anforderungen der Dozentin. Die russischen Studierenden folgten den Aufforderungen und Aufgabenstellungen der Dozentin weniger strikt.

#### **Schlussfolgerungen und Hypothesen**

Der Kurs basierte auf den Erfahrungen einer deutschen Dozentin an deutschen Hochschulen und orientierte sich somit vorrangig am Lernen in Deutschland. Entsprechend sind die Ergebnisse der Studierenden ausgefallen. Die Noten der deutschen Studierenden sind etwas besser als die Noten der chinesischen Studierenden, wobei zu beachten ist, dass es für die deutschen Studierenden eine Wahlpflichtveranstaltung war. Ein größeres Interesse am Thema als bei den chinesischen und russischen Studierenden kann angenommen werden. Außerdem kam für die meisten deutschen Studierenden die Muttersprache zum Einsatz. Die Noten der russischen Studierenden liegen deutlich unter denen der deutschen und der chinesischen Studierenden. Die deutschen Studierenden kamen am besten mit den Anforderungen des Kurs zurecht. Es ist davon auszugehen, dass sie mit solchen Erwar-

tungen bereits in ihrer Lernlaufbahn mehrfach konfrontiert waren. Die chinesischen Studierenden konnten ebenfalls gute, wenn auch weniger kreative Ergebnisse erzielen. Sie setzten die „Vorgaben“ der Dozentin nahezu 1:1 um. Die russischen Studierenden hatten einige Schwierigkeiten. Sie waren zwar flexibel und kreativ in ihren Arbeiten, jedoch weniger auf die klaren Aufgabenstellungen der Dozentin ausgerichtet. Wird davon ausgegangen, dass die Arbeitsanforderungen in deutschen Unternehmen ähnlich sind wie die Anforderungen an deutschen Hochschulen, ist anzunehmen, dass ähnliche Ergebnisse erzielt werden. Das kann mit der vorgestellten Untersuchung aber nicht nachgewiesen werden und muss weiteren Studien vorbehalten bleiben.

*Susann Kowalski*

#### **LITERATUR**

- Hofstede, G. (2001). *Lokales Denken, globales Handeln*. 2. Auflage, Deutscher Taschenbuch Verlag, München
- Hofstede, G. (2009): [www.geert-hofstede.com](http://www.geert-hofstede.com)
- Kowalski, S. (2008). The reflection of Hofstede's Cultural Dimensions in the Learning Behavior of Students. In: *Global Economy in Search of new Ideas and Concepts*. Volume 4, Balamoune-Lutz, M., Nowak, A., Steagall, J. (ed.), Dom Wydawniczy ELIPSA, Warsaw-Jacksonville 2008, S. 30-51

# Rückversicherung: Aktuelle Entwicklungen

## Verbriefung von KFZ-Risiken

### am Beispiel des Sparc Europe der AXA

Die Verbriefung von Versicherungsrisiken bietet in erster Linie die Möglichkeit des Risikotransfers auf den Kapitalmarkt. Es lassen sich jedoch auch noch weitere positive Effekte, insbesondere im Hinblick auf die Bilanz und die Solvabilität eines Versicherungsunternehmens, erzielen. Die Bilanz der AXA Versicherung AG des Jahres 2007 zeigte in mehreren Positionen deutliche Veränderungen, nachdem ein Großteil des Kraftfahrzeug-Bestands verbrieft und am Kapitalmarkt platziert wurde. Dies nahm der Forschungsschwerpunkt Rückversicherung zum Anlass, sich genauer mit der Transaktion und deren Auswirkungen auseinander zu setzen. So führte die „Sparc Europe“-Transaktion der AXA Versicherung AG zu einer starken Verminderung der KFZ-Nettobeiträge. Dadurch konnten zum einen die Höhe der erforderlichen Kapitalhinterlegung und somit die Eigenkapitalkosten gesenkt werden. Zum anderen war so eine relativ hohe Entnahme aus der Schwankungsrückstellung möglich, die zu einem beachtlichen versicherungstechnischen Gewinn in der Kraftfahrtversicherung führte, der grundsätzlich die Eigenmittel im Hinblick auf die

Solvabilitätsvorschriften erhöhen kann. Des Weiteren stellte man sich die Frage, ob diese Effekte auch durch einen konventionellen Rückversicherungsvertrag erreicht werden könnten. Aufgrund der besonderen Struktur der Transaktion und deren Auswirkungen, wäre dies nur theoretisch möglich, in der Praxis aber nicht darstellbar. Außerdem war die Verbriefung der Risiken gegenüber einem konventionellen Rückversicherungsvertrag auch eine kostengünstigere Alternative für die AXA, da die Credit Spreads, die die Investoren als Risikomarge für ihr Kapital verlangen, im Jahr 2007 relativ niedrig waren. Zusätzlich bietet die Laufzeit des Sparc-Europe mit voraussichtlich vier Jahren eine gewisse Planungssicherheit gegenüber traditionellen Rückversicherungsverträgen, die üblicherweise für die Dauer von einem Jahr abgeschlossen werden. Das Instrument der Verbriefung ist also nicht nur ein wichtiges Element des Risk Managements eines Versicherungsunternehmens, sondern kann auch zu positiven bilanziellen Effekten und somit zu Wettbewerbsvorteilen gegenüber der Konkurrenz infolge von Kosteneinsparungen führen.

#### ABSTRACT

Der Forschungsschwerpunkt Rückversicherung hat es sich zur Aufgabe gemacht, auf dem Gebiet der Rückversicherung Marktentwicklungen zu erfassen, zu dokumentieren und Forschungsergebnisse zu publizieren. Im Jahr 2009 konnten verschiedene Projekte mit entsprechenden Publikationen in Fachzeitschriften abgeschlossen werden.

#### PROJEKTLEITUNG

Prof. Stefan Materne  
Forschungsschwerpunkt  
Rückversicherung  
stefan.materne@fh-koeln.de  
Thomas Seemayer, RA, M.A.  
Kai-Olaf Knocks, B.A.  
Ilker Camuz, B.A.

## Die Aufsicht über Mixed Insurance Companies aus Drittstaaten

Die Versicherungsaufsicht in Deutschland beziehungsweise das Versicherungsaufsichtsgesetz (VAG) sah ursprünglich die staatliche Aufsicht über Erstversicherungsunternehmen, nicht aber über Rückversicherungsunternehmen vor. Dies änderte sich im Zuge der europäischen Rechtsangleichung. Durch zahlreiche Novellen des VAG in den letzten Jahren bestehen seit dem Jahr 2004 mit den §§ 119 ff. VAG nun auch Vorgaben zur Beaufsichtigung von Rückversicherungsunternehmen. Der Forschungsschwerpunkt beschäftigt sich grundsätzlich mit aktuellen Fragen der Aufsicht über Rückversicherungsunternehmen. Insbesondere aufgrund der internationalen Ausrichtung der Rückversicherung ist die staatliche Regulierung und Überwachung

ein wichtiger Punkt für Erst- und Rückversicherer. Da deutsche Erstversicherer ihre Rückversicherungsverträge durchaus auch mit Rückversicherungsunternehmen abschließen, die ihren Sitz nicht in Deutschland oder innerhalb der EU haben, wird in § 121 i. VAG bestimmt, unter welchen Voraussetzungen dies erlaubt ist. Die BaFin hatte im Jahr 2009 – entgegen einer früher vertretenen Ansicht – eine Auffassung zur Erlaubnis von sogenannten „Mixed Insurance Companies“ vertreten, die Erstversicherer und Rückversicherungsmakler wettbewerblich benachteiligen dürfte. Diese Entwicklung hat der Forschungsschwerpunkt aufgegriffen und kritisch hinterfragt. Diese Mixed Insurance Companies stellen eine Besonderheit dar. Es sind solche Versicherungsunternehmen, die

ihren Sitz nicht in Deutschland oder in der EU oder in einem Vertragsstaat haben und in ihrem Sitzland, etwa in der Schweiz oder auf den Bermudas, sowohl die Erlaubnis zum Betrieb des Erstversicherungs- als auch des Rückversicherungsgeschäftes besitzen. Für solche Unternehmen gelten nicht allein die §§ 119 ff. VAG, sondern auch die Vorschriften für Erstversicherungsunternehmen mit Sitz im Ausland nach den §§ 105 ff. VAG. So bestimmt § 105 Abs. 2 VAG, dass Versicherer aus einem Drittstaat, die im Inland das Erst- oder Rückversicherungsgeschäft durch Mittelspersonen betreiben wollen, der Erlaubnis bedürfen. Daraus folgt wiederum, dass solche aus einem Drittstaat eine Niederlassung in Deutschland zu errichten haben, wenn sie das Geschäft nicht nur als sogenannte Kor-



respondenzversicherung betreiben. Denn nur soweit die Rückversicherung vom Ausland her und ohne Einschaltung von im Inland tätigen Mittelpersonen betrieben wird, ist der Tatbestand des § 105 Abs. 2 VAG nicht erfüllt und kein Erlaubnisvorbehalt zu beachten. Entscheidend für die Frage des Erlaubnisvorbehalts ist, ob der Rückversicherungsmakler, der beim Vertragsschluss eingeschaltet wird, als Mittelsperson nach § 105 Abs. 2 VAG anzusehen ist. Die BaFin ordnet den Makler den Mittelpersonen –

und damit den Mixed Insurance Companies – zu. Demnach müssen diese erlaubt werden und eine Niederlassung errichten, wenn sich ihre Tätigkeit darauf beschränkt, Risiken deutscher Zedenten über inländische Rückversicherungsmakler zu zeichnen. Mögliche Konsequenzen ergeben sich daraus für die Mixed Insurance Companies selbst, für im Inland ansässige Makler und Zedenten. Bei Nichtbeachten der BaFin-Einschätzung kämen Ordnungswidrigkeits- und Strafvorschriften des VAG gegebenen-

falls zur Anwendung. Eine Mixed Insurance Company aus einem Drittstaat muss folglich entweder eine Niederlassung in Deutschland errichten oder ausschließlich die Korrespondenzversicherung betreiben. Die Ansicht der BaFin dürfte aufgrund der Gesetzessystematik vertretbar sein, weshalb – zur Vermeidung von Wettbewerbsnachteilen von Maklern und Zedenten – durch den Gesetzgeber Abhilfe zu schaffen wäre.

## Die kartellrechtliche Behandlung der Praxis der Meistbegünstigung in der EU-Sektoruntersuchung

Mit der am 13.06.2005 eingeleiteten Sektoruntersuchung bezüglich der „Bereitstellung von Versicherungsprodukten und -dienstleistungen an Unternehmen in der Gemeinschaft“ überprüfte die EU-Kommission auch das Verfahren der sogenannten „Meistbegünstigung beim Zustandekommen von Rückversicherungsverträgen unter kartellrechtlichen Gesichtspunkten“. Insbesondere wurde dabei Kritik geübt an der Verwendung von Meistbegünstigungsklauseln in der Mit-Rückversicherung. Der Forschungsschwerpunkt widmete sich diesem Thema, da die Meistbegünstigung in der Praxis ein häufig verwendetes Instrument beim Vertragsschluss darstellt. In einem Aufsatz wurden die kartellrechtlichen Grundlagen, der Verfahrensablauf der Sektoruntersuchung sowie Feststellungen und Ansichten der Kommission zu etwaigen kartellrechtlichen Verstößen gegen die Art. 81 und 82 des EG-Vertrages (EGV) dargestellt. Die Ergebnisse der Untersuchungsberichte der Kommission wurden mit den Reaktionen der Marktteilnehmer verglichen. Festgestellt werden konnte, dass die Marktteilnehmer die Einschätzung der EU-Kommission nicht teilen. Die Rechtsgrundlage einer Sektoruntersuchung ergibt sich aus Art. 17 der sogenannten Kartellverfahrensverordnung VO (EG) Nr. 1/2003. Danach kann die Kommission die Untersuchung eines bestimmten Wirtschaftszweiges oder – Sektor übergreifend – einer bestimmten Art von Vereinbarung vornehmen, wenn die Entwicklungen des Handels zwischen Mitgliedsstaaten, Preisstarrheiten oder andere Umstände vermuten lassen, dass der Wettbewerb im gemeinsamen Markt möglicherweise eingeschränkt oder verfälscht ist.

Nach den durchgeführten Untersuchungen der EU-Kommission vertrat sie die Meinung, es würden durch Meistbegünstigungsklauseln die Bedingungen für die beteiligten Rückversicherer im Rahmen der Mit-Rückversicherung auf der vorteilhaftesten Stufe harmonisiert, was zu Lasten der Erstversicherer und letztendlich zu Lasten der Kunden in der Unternehmensversicherung gehe. Die Klausel führe auch zu einer erhöhten Preistransparenz und könnte unter bestimmten Marktbedingungen eine Beschränkung des Wettbewerbs im Sinne des Art. 81 Abs. 1 EGV zur Folge haben. Die EU-Kommission vertritt die Auffassung, dass die Meistbegünstigung fast immer zu einer De-facto-Anpassung der Prämien und anderen Deckungsbedingungen führt. Sie könne zu schlechteren Bedingungen für die Kunden führen, als wenn sie nicht verwendet würde. Schon während der Befragung der Marktteilnehmer durch die EU-Kommission im Rahmen der Untersuchung wurden etliche Rechtfertigungsgründe für die Verwendung von Meistbegünstigungsklauseln vorgebracht. So komme es durch die Beteiligung mehrerer Rückversicherer zu günstigen Effekten für Kapazität und Risikodiversifikation. Die Kapazität des Markts erhöhe sich, während sich das Risiko des einzelnen Rückversicherers verringere. Auch das Kreditrisiko des Zedenten gegenüber dem einzelnen Rückversicherer verringere sich. Insbesondere die großen Rückversicherer kündigten an, auf die Anwendung der Meistbegünstigung zu verzichten. Mit der Ansicht der Kommission, die Praktiken als latent wettbewerbswidrig einzustufen, sehen sie sich in den langjährigen Forderungen bestätigt. Umgekehrt befürworten die Erstversicherer

grundsätzlich die Meistbegünstigung. Zur kartellrechtlichen Einordnung beschränkte sich die Kommission nur auf eine vorläufige Einschätzung. Eine abschließende rechtliche Einordnung unter Art. 81 EGV könne nur auf Basis einer Einzelfalluntersuchung erfolgen. Insgesamt lässt die Kommission eine befriedigende rechtliche Analyse vermissen. Ob also die Praxis der Meistbegünstigung letztendlich als Verstoß gegen Art. 81 EGV einzustufen ist, bleibt (noch) unbeantwortet.

*Stefan Materne*

### LITERATUR

- Knocks, Kai-Olaf (2009): Auch im K-Markt kann sich Verbriefung von Risiken lohnen – Bilanzielle Auswirkungen am Beispiel der „Sparc Europe“, in: VW, Heft 14, S. 1124 ff.
- Materne, Stefan; Seemayer, Thomas (2009): Die Aufsicht über Mixed Insurance Companies aus Drittstaaten, in: ZfV, Heft 14, S. 466 f.
- Zur EU-Sektoruntersuchung:
- Materne, Stefan; Seemayer, Thomas (2009): Die kartellrechtliche Behandlung der Praxis der Meistbegünstigung in der EU-Sektoruntersuchung, in: VersR, Heft 28, S. 1326 ff.
- Seemayer, Thomas: Die EU-Sektoruntersuchung zu den Unternehmensversicherungen: Meistbegünstigungsklauseln in Rückversicherungsverträgen unter Berücksichtigung des Kartellrechts, Vortrag bei der Jahrestagung des Deutschen Vereins für Versicherungswissenschaft (DVfVW) am 04.03.2009 in Berlin
- Seemayer, Thomas: Die EU-Sektoruntersuchung zu den Unternehmensversicherungen: Meistbegünstigungsklauseln in Rückversicherungsverträgen unter Berücksichtigung des Kartellrechts, in: ZVersWiss (2010) 98, S. 603–612

# Verbundforschungsprojekt VeRSiert

**G**roßveranstaltungen in einer Größenordnung von mehreren 10.000 Besuchern wie Konzerte oder Fußball-Bundesliga-Spiele erfordern für einen reibungs- und gefahrlosen Ablauf in besonderem Maße die Kooperation der beteiligten Veranstalter, Genehmigungsbehörden und Verkehrsunternehmen. Die Gewährleistung von Komfort und Sicherheit für die Besucher, die betroffenen Anwohner als auch die sonstigen Beteiligten hat dabei oberste Priorität. Aus diesem Grunde wurde das Verbundforschungsprojekt VeRSiert ([www.versiert.info](http://www.versiert.info)) als Kooperation von sieben Partnern, namentlich der Nahverkehr Rheinland GmbH (NVR) in Union mit dem Verkehrsverbund Rhein-Sieg (VRS), der Kölner Stadtverwaltung, der Kölner Verkehrsbetriebe AG (KVB), der Airport Research Center GmbH (ARC) in Aachen, der Vitracom AG in Karlsruhe sowie der Universitäten Wuppertal und Stuttgart mit dem Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation ins Leben gerufen und am 1. Mai 2008 vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen des Programms „Forschung für die zivile Sicherheit.“ bewilligt. Das auf drei Jahre angelegte und insgesamt in Höhe von 2,7 Millionen Euro vom BMBF geförderte Projekt (Förderkennzeichen: 13N9703 bis 13N9709) legt seinen Fokus dabei auf die Vernetzung von Nahverkehrsgesellschaften, Einsatzkräften, Veranstaltern und Fahrgästen für Sicherheit im Öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) bei Großveranstaltungen. Ziel von VeRSiert ist die Verbesserung der organisatorischen und informationstechnischen Kooperation der Beteiligten (Verwaltung, Verkehrsunternehmen, Veranstalter und Einsatzkräfte), um bereits im Planungsstadium die richtige Abschätzung der Dimensionen und Bedürfnisse der Veranstaltung sowie die darauf basierende Ergreifung entsprechender präventiver Maßnahmen zu ermöglichen, die sichere und reibungslose Durchführung der Veranstaltung zu gewährleisten sowie im Unglücksfall die Reaktionszeit auf das Ereignis zu verkürzen und die Rettungsmaßnahmen effektiv und effizient zu organisieren und zu koordinieren. Projektträger für VeRSiert ist das VDI-

Technologiezentrum, die Konsortialführung des Forschungsvorhabens obliegt dem NVR in enger Zusammenarbeit mit dem VRS. Die Fachhochschule Köln ist als Unterauftragnehmerin des NVR an dem Projekt beteiligt und befasst sich mit dem Arbeitspaket Katastrophenmanagement im öffentlichen Personennahverkehr. Ziel des Arbeitspakets sind die Erarbeitung und die Analyse der gegenwärtigen Strukturen der Krisen- und Katastrophenbewältigung in Deutschland mit dem Schwerpunkt Verkehrswesen sowie die darauf basierende Ableitung von Optimierungspotentialen und Formulierung entsprechender Verbesserungsvorschläge oder Handlungsempfehlungen, um letztlich den Umgang von Beteiligten mit Sicherheitsaspekten bei Großveranstaltungen zu erleichtern.

## Unglücksfälle und Anschläge im In- und Ausland

Die Bestandsaufnahme hinsichtlich der deutschen Bewältigungsstrukturen bei Großschadenslagen geschah zunächst auf Basis von Recherche und Analyse derjenigen Unglücke innerhalb Deutschlands, die in der letzten Dekade das größte mediale Echo erfahren hatten. Die sieben untersuchten Unglücke waren: der Flughafenbrand in Düsseldorf vom 11.04.1996, der ICE-Unfall in Eschede vom 03.06.1998, der Schwebelbahn-Absturz in Wuppertal vom 12.04.1999, der ICE-Unfall in Brühl vom 06.02.2000, der Flugzeugabsturz in Überlingen vom 01.07.2002, der Transrapid-Unfall im Emsland vom 22.09.2006 und der Brand im Chemiepark Worringen vom 17.03.2008. Außerdem wurden im Bundesgebiet abgehaltene Katastrophenschutzübungen insbesondere hinsichtlich der Befehls- und Kommunikationsstrukturen sowie bezüglich der Verzahnung der Arbeit einzelner Beteiligter wie Rettungsdienste, THW, Feuerwehr und Polizei untersucht.

Im nächsten Schritt wurde der Fokus der Untersuchungen auf Unglücke und Anschläge im näheren europäischen Ausland sowie in den Vereinigten Staaten von Amerika erweitert. Abermals wurden die Unglücke

## ABSTRACT

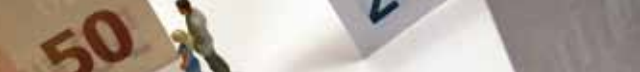
Das Verbundforschungsprojekt VeRSiert zielt darauf ab, die Sicherheit und den Komfort im öffentlichen Personennahverkehr bei Großveranstaltungen durch die Vernetzung der Nahverkehrsgesellschaften, Einsatzkräfte, Veranstalter und Fahrgäste zu erhöhen. Konkret geht es um die Verbesserung der organisatorischen und informationstechnischen Kooperation der Beteiligten in Verwaltung, Verkehrsunternehmen, bei Veranstaltern und Einsatzkräften, um bereits im Planungsstadium die richtige Abschätzung der Dimensionen und Bedürfnisse der Veranstaltung sowie die darauf basierende Ergreifung entsprechender präventiver Maßnahmen zu ermöglichen, die sichere und reibungslose Durchführung der Veranstaltung zu gewährleisten sowie im Unglücksfall die Reaktionszeit auf das Ereignis zu verkürzen und die Rettungsmaßnahmen effektiv und effizient zu organisieren und zu koordinieren.

## PROJEKTLEITUNG

Prof. Dr.-Ing. Winfried Reinhardt  
Fakultät für Bauingenieurwesen  
und Umwelttechnik  
Institut für Baustoffe, Geotechnik,  
Verkehr und Wasser  
[winfried.reinhardt@fh-koeln.de](mailto:winfried.reinhardt@fh-koeln.de)  
Homepage: [www.versiert.info](http://www.versiert.info)

## PROJEKTBETEILIGTE

Nahverkehr Rheinland GmbH (NVR)/  
Verkehrsverbund Rhein-Sieg  
(VRS) Köln  
Stadtverwaltung Köln  
Kölner Verkehrsbetriebe AG (KVB)  
Airport Research Center GmbH  
(ARC), Aachen  
Vitracom AG, Karlsruhe  
Universität Wuppertal, SVPT  
Universität Stuttgart, Fraunhofer-  
Institut für Arbeitswirtschaft  
und Organisation



mit den größten medialen Auswirkungen, insbesondere auf die Fachpresse, untersucht: der Brand im Mont-Blanc-Tunnel vom 24.03.1999, der Brand in der Gletscher-Bahn in Kaprun vom 11.11.2000, die Terroranschläge auf das World Trade Center in New York vom 11.09.2001, die Terroranschläge auf die Bahn in Madrid vom 11.03.2004, die Terroranschläge auf die Londoner Tube vom 07.07.2005 sowie der U-Bahn-Unfall in Valencia vom 04.07.2006.

### Auswertung der Unglücksfälle

Ergebnis der Auswertung der verschiedenen Unglücksereignisse war die faktische Bestandsaufnahme der Abläufe und Strukturen der durchgeführten Rettungsmaßnahmen von der Alarmierungsphase über den eigentlichen Rettungseinsatz bis zur Nachbereitung. Die gewonnenen Erkenntnisse wurden anschließend bewertet und Optimierungspotentiale für die Krisenbewältigung in Deutschland abgeleitet. Unter anderem wur-

de festgestellt, dass eine bessere Verzahnung der einzelnen an Rettungseinsätzen Beteiligten wie Feuerwehren, Polizei, Rettungsdienste und THW erreicht werden muss, um diesen eine koordinierte und somit effektive sowie effiziente Arbeit zu ermöglichen.

Das Wissen um die Organisation der anderen Beteiligten muss dabei ebenso gestärkt werden wie die Absprache untereinander, zumal dies auch für eine reibungslose Logistik insbesondere des Material- und Personalschubs unabdingbar ist. Dabei darf nicht übersehen werden, dass dem deutschen Rettungssystem und vor allem den beteiligten beruflichen, ehrenamtlichen wie auch freiwilligen Helferinnen und Helfern ein überaus hoher Standard attestiert werden darf. Sowohl die hochqualitative Ausbildung als auch die moderne Ausrüstung der Einsatzkräfte von Feuerwehren, Rettungsdiensten, THW und Polizei sind maßgebliche Faktoren für den bisherigen und

den zukünftigen Erfolg des deutschen Rettungssystems, dem es bis dato stets gelang auch vorher ungeübten Szenarien zeitnah Herr zu werden.

Die festgestellten Optimierungspotentiale sollten sodann als Bedarfs-Katalog an die betreffenden Akteure wie Behörden mit Ordnungs- und Sicherheitsaufgaben, Feuerwehren, Polizei, Rettungsdienste und THW zur Kenntnisnahme, kritischer Überprüfung und freimütiger Umsetzung zugeleitet werden. Außerdem war abschließend die Erstellung eines Arbeitshandbuchs angestrebt, das den operativen Verkehrsleitzentralen den Umgang mit Großschadenslagen und Katastrophenfällen durch Darstellung der notwendigen Schritte und Vermittlung des grundlegenden Basiswissens zur Krisenbewältigung in der Bundesrepublik Deutschland erleichtern sollte. Diese letzten Schritte befinden sich derzeit noch in der Umsetzungsphase.

*Winfried Reinhardt*



# Die Rolle ökonomischer, kultureller und politischer Rahmenbedingungen für globale Bankaktivitäten

Die grenzüberschreitenden Bankaktivitäten haben in den letzten Jahren stark zugenommen. Gerade die gegenwärtige Finanzkrise zeigt, wie stark die Verflechtungen und Interdependenzen über nationale Grenzen hinweg geworden sind. Die Finanzkrise zeigt aber auch, wie wenig über diese Verflechtungen, ihre Bestimmungsgründe und ihre Dynamik bekannt ist. Dieses Projekt untersucht die grundlegenden Integrationsbarrieren und damit Bestimmungsgründe sowie Dynamiken der grenzüberschreitenden Bankaktivitäten. Dabei finden insbesondere die „weichen Faktoren“ wie kulturelle und politische Unterschiede besondere Beachtung.

## Das Projektkonzept

Neuere Forschungsergebnisse zeigen, dass geografische Distanz auch für „gewichtlosere“ Bankprodukte bedeutsam ist und eine „wirtschaftliche Geografie“ erzeugt. Distanz dient hierbei aber nur als Näherungsgröße für Informations- und Transaktionskosten sowie andere politische, regulatorische und kulturelle Integrationsbarrieren. Vereinfacht gesprochen kann man sagen, dass nicht nur Renditen und ökonomische Rationalität die Finanzströme lenken, sondern auch kulturelle und politische Affinitäten. Das Projekt ordnet sich also in eine neue, sich rasch entwickelnde Literatur ein, die gerade beginnt, die Bedeutung dieser Faktoren zu untersuchen.

Bereits in Vorläuferprojekten zur Integration der europäischen Bankenmärkte konnte die Rolle dieser „weichen Faktoren“ nachgewiesen werden. Zur „globalen“ Analyse dieser Faktoren greift unser neues „GeoBank Project“ auf exklusiv zur Verfügung gestellte Datenbanken zurück, die weltweit die bilateralen Finanzbeziehungen zwischen Länderpaaren abbilden und so einen genauen Überblick über die Geografie der globalen Bankenaktivitäten geben. Mit deren Hilfe sollen neue Erkenntnisse in dreifacher Hinsicht gewonnen werden:

1. Es sollen die treibenden und begrenzenden Faktoren der internationalen Bankenmarktintegration genauer identifiziert werden.
2. Auf dieser Basis können genauere Aussagen zu Rolle und Effektivität von Regulierungs- und Integrationspolitik und der Rolle von Währungsunionen gewonnen werden.
3. Die so gewonnenen Einsichten sollen auch wichtige Hinweise insbesondere für die Wirtschaftspolitik in Bezug auf die Aufrechterhaltung der Finanzmarktstabilität liefern.

## Forschungspartner

Das Projekt wird gemeinsam mit Prof. Dr. Sylvia Heuchemer von der Fachhochschule Köln und Associate Professor Dr. Stefanie Kleimeier von der Universität Maastricht durchgeführt. Ferner ist eine enge Zusammenarbeit mit Forschern der niederländischen Zentralbank vorgesehen. Das Projekt soll auch ein wichtiges Element des Forschungsprogramms „Culture and Economic Exchange“ des „GLOBUS Institute of Global Business and Society“ werden, dessen Aufbau von der Fachhochschule Köln anschubfinanziert wird.

*Harald Sander*

## Veröffentlichungen

Heuchemer, Sylvia; Kleimeier, Stefanie; Sander, Harald (2009): The Determinants of Cross-Border Lending in the Euro Zone, in: Comparative Economic Studies 51(4), S. 467–499.

Heuchemer, Sylvia; Kleimeier, Stefanie; Sander, Harald (2009): The Geography of European Cross-Border Banking: The Impact of Cultural and Political Factors. GLOBUS Working Paper 01/2009, Cologne University of Applied Sciences (<http://www.fh-koeln.de/globus/research/publications>)

## ABSTRACT

Die grenzüberschreitenden Bankaktivitäten haben in den letzten Jahren stark zugenommen. Allerdings sind deren Determinanten und Dynamik noch nicht hinreichend erforscht. Dieses Projekt untersucht deshalb die grundlegenden Integrationsbarrieren und Bestimmungsgründe der Dynamiken dieser Aktivitäten. Die neuere Forschung hat gezeigt, dass nicht nur ökonomische Rationalität und Renditen die internationalen Finanzströme bestimmen, sondern auch kulturelle Unterschiede und Affinitäten. Unsere Forschungsergebnisse zeigen auch, dass aufgrund dieser „weichen Faktoren“ die europapolitisch gewünschte Integration der Bankenmärkte in der Eurozone hinter den Erwartungen zurückgeblieben ist.

## ANSPRECHPARTNER:

Prof. Dr. Harald Sander  
Fakultät für Wirtschaftswissenschaften  
Institut für Betriebswirtschaftslehre  
[harald.sander@fh-koeln.de](mailto:harald.sander@fh-koeln.de)  
<http://www.wi.fh-koeln.de/home-pages/sander>



## FACTS & FIGURES

Die Fachhochschule Köln ist die größte Hochschule für angewandte Wissenschaften in Deutschland. An drei Standorten (Campus Südstadt, Campus Deutz und Campus Gummersbach) werden rund 16.000 Studierende von 400 Professorinnen und Professoren betreut. In Planung ist der Campus Leverkusen. Elf Fakultäten bieten ca. 70 Studiengänge aus den Ingenieurwissenschaften und den Geistes- bzw. Gesellschaftswissenschaften an; das Fächerspektrum umfasst die Bereiche Architektur und Bauwesen, Informatik/Informations- und Kommunikationstechnologie, Ingenieurwesen, Kultur und Gesellschaft, Information und Kommunikation, Medien und Wirtschaft. Hinzu gekommen sind im Herbst 2009 Angewandte Naturwissenschaften.

Die Fachhochschule Köln versteht sich als forschende Hochschule für angewandte Wissenschaften; dies spiegelt sich sowohl im Drittmittelvolumen als auch in ihrem Forschungsprofil. Mit Drittmittelannahmen von mehr als zehn Millionen Euro steht die Fachhochschule

Köln an der Spitze der Fachhochschulen in Nordrhein-Westfalen und in ganz Deutschland. Ihre Forschungs- und Entwicklungskompetenz ist gebündelt in 18 Forschungsschwerpunkten, zwei Forschungsbereichen und drei Kompetenzplattformen, viele davon sind inter- und transdisziplinär angelegt und ermöglichen eine fächerübergreifende Herangehensweise an komplexe Fragestellungen. Zu den Markenzeichen der Fachhochschule Köln gehört außerdem der enge Bezug zur Praxis. Rund 70 Prozent der Projekt- und Abschlussarbeiten an der Fachhochschule Köln entstehen in Zusammenarbeit mit Unternehmen.

Die Fachhochschule Köln ist auch in Forschung und Wissenstransfer eng vernetzt. Sie gehört dem Verbund forschungsstarker Hochschulen UAS7 an und ist Gründungsmitglied der InnovationsAllianz der Hochschulen und Tranfereinrichtungen in Nordrhein-Westfalen. Die Fachhochschule Köln ist zudem Vollmitglied in der Vereinigung Europäischer Universitäten (EUA).

## Forschungsprofil der Fachhochschule Köln

### Cluster 1: Angewandte Sozialwissenschaften

Elternkurse/Kindererziehung  
Ethik in der Sozialen Arbeit  
Migration, interkulturelle Bildung und Organisationsentwicklung  
Sozial + Raum + Management  
Wirkung virtueller Welten

### Cluster 2: Messen, Kommunikation, Design

Corporate Architecture  
Forschungskommunikation  
Köln International School of Design  
Terminologie und Sprachtechnologie

### Cluster 3: Baudenkmalpflege und Restaurierung

Angkor Vat - Tempelanlage  
Art Materials in Medieval Cologne  
Baugeschichte und Baudenkmalpflege  
Desalination  
Nachweisverfahren von Bioziden an historischen Buchbeständen

### Cluster 4: Interdisziplinäre Fahrzeugsystementwicklung

Antriebe (konventionell und hybrid)  
Fahrwerktechnik  
Fahrzeugsystemtechnik  
Mechatronik  
SAVE (Sound and Vibration Engineering)  
Virtuelle Produktentwicklung

### Cluster 5: Informations-, Medien- und Kommunikationstechnologie

ALICE / CERN  
DISPA (Innovative Digital Signal Processing und Applications)  
Hochfrequenztechnologie

### Fortsetzung Cluster 5: Informations-, Medien- und Kommunikationstechnologie

Live Staging of Media Events  
Medizintechnik  
Next Generation Services in Heterogeneous Networks  
Optische Technologien  
Regelungstechnik – Sensoren im Katastrophenschutz  
Voice-over-IP

### Cluster 6: Computational Services and Software Quality

BTME (Business Transactions in Mobile Environments)  
COSA (Computational Services in Automation)  
Software Quality

### Cluster 7: Wasser – Energie – Umwelt

ANABEL (Analyse, Bewertung und Behandlung von Belastungen in Kanalisationen, Kläranlagen und Gewässern)  
Energieoptimiertes Bauen  
Hydroforming von Miniaturbauteilen  
Integriertes Wasserressourcenmanagement  
Nachwachsende Rohstoffe  
Regenerative Energiesysteme  
Smart Building  
STEPS (Sustainable Technologies and Computational Services in Environmental and Production Processes)

### Cluster 8: Dienstleistungen im gesellschaftlichen,

wirtschaftlichen und technologischen Wandel  
Banking and Finance / Versicherungswesen  
Information und Wissensmanagement  
Medienrecht und Medienwirtschaft  
RFID in der Anwendung / Neue Geschäftsmodelle  
Rückversicherung



## Forschungsbereiche und -schwerpunkte

### Forschungsbereiche

Kölner Forschungsstelle für Medienrecht

Forschungsstelle für Versicherungsrecht

### Forschungsschwerpunkte

ANABEL – Analyse, Bewertung und Behandlung von Belastungen in Kanalisationen, Kläranlagen und Gewässern

Art Materials in Medieval Cologne

Baudenkmalpflege und -dokumentation

Business Transactions in Mobile Environments (BTME)

Computational Services in Automation (COSA)

Corporate Architecture

Innovative Digital Signal Processing and Applications (DiSPA)

Excellence in Automotive Systems Engineering –

Interdisziplinäre Fahrzeugsystementwicklung

Integriertes Wasserressourcenmanagement

Interkulturelle Kompetenz durch Personal- und Organisationsentwicklung

Medizintechnik/HLT (Hochfrequenz- und Lasertechnik)

### Fortsetzung Forschungsschwerpunkte

Next Generation Services in Heterogenous

Network Infrastructures

(NEGSIT)

Rückversicherung

Smart Building

Software-Qualität

Sozial • Raum • Management

(Management von Planung und sozialer Arbeit im Sozialraum)

Wirkung virtueller Welten

Wissensmanagement

### Kompetenzplattformen

Migration, Interkulturelle Bildung und

Organisationsentwicklung STEPS

(Sustainable Technologies and Computational Services for Environmental and Production Processes)

SAVE (Sound and Vibration Engineering) mit der

FH Aachen und FH Düsseldorf

## Ihre Ansprechpartner im Referat Forschung und Wissenstransfer



**Prof. Dr. Klaus Becker**

Vizepräsident

Leitung



**Alexandra Wacker**

Tel.: 02 21/82 75 – 36 79

Fax: 02 21/82 75 – 7 36 79

[alexandra.wacker@fh-koeln.de](mailto:alexandra.wacker@fh-koeln.de)

Sekretariat



**Frauke Schmidt**

Tel.: 02 21/82 75 – 31 37

[frauke.schmidt@fh-koeln.de](mailto:frauke.schmidt@fh-koeln.de)

Leitung

Ansprechpartnerin für nationale Förderprogramme, Kooperationen



**Tanja Jurcevic**

Tel.: 02 21/82 75 – 36 78

[tanja.jurcevic@fh-koeln.de](mailto:tanja.jurcevic@fh-koeln.de)

Forschungsreferentin  
Ansprechpartnerin für  
Nachwuchsförderung  
und EU-Programme



**Dr. Stephanie Grubenbecher**

Tel.: 02 21/82 75 – 30 86

[stephanie.grubenbecher@fh-koeln.de](mailto:stephanie.grubenbecher@fh-koeln.de)

Patentscout

# Register

## Professorinnen und Professoren

|                           |          |                                                                     |     |
|---------------------------|----------|---------------------------------------------------------------------|-----|
| Bartz-Beielstein, Thomas  | 98       | Auswärtiges Amt – Kulturerhalt, BRD                                 | 41  |
| Bärwolff, Hartmut         | 64       | Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften                | 42  |
| Beinlich, Horst           | 42       | Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro                         |     |
| Bergmann, Ulrike          | 40       | Medienerzeugnisse (BGETEM), Köln                                    | 90  |
| Bongards, Michael         | 104, 132 | Bildungszentren des Baugewerbes e. V. (BZB)                         | 10  |
| Bracke, Stefan            | 52       | Bioconsulting Dr. I. Pascik                                         | 136 |
| Dettmar, Uwe              | 68, 84   | Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin                  |     |
| Elders-Boll, Harald       | 68       | (BAuA), Dortmund                                                    | 90  |
| Faeskorn-Woyke, Heide     | 114      | Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)                  | 142 |
| Fischer, Gregor           | 71       | Bundesministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend          | 15  |
| Franken, Rolf             | 148      | Bundesministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend          | 13  |
| Franzkoch, Bernd          | 56       | Bundesministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend          | 26  |
| Fritz, Jürgen             | 6        | Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie                    | 148 |
| Fuchs, Robert             | 42       | Bundesministerium für Migration und Flüchtlinge                     | 18  |
| Fühles-Ubach, Simone      | 152      | Cranfield University (Großbritannien)                               | 100 |
| Georgy, Ursula            | 154      | Currenta GmbH & Co. KG                                              | 104 |
| Gogoll, Frank             | 158      | deBAKOM GmbH, Odenthal                                              | 87  |
| Grebe, Andreas            | 77       | Deutscher Fundraising Verband                                       | 27  |
| Hartung, Georg            | 80       | Deutsches Jugendinstitut (DJI), Kirsten Bruhns                      |     |
| Henrichfreise, Hermann    | 58       | und Xandra Wildung München                                          | 15  |
| Jochum, Friedbert         | 121      | DIP Dortmund Intelligence Project GmbH (Dortmund)                   | 102 |
| Kaminski, Winfried        | 8        | DIP Dortmund Intelligence Project GmbH (Dortmund)                   | 98  |
| Kiy, Manfred              | 158      | DLGI Dienstleistungsgesellschaft für Informatik mbH                 | 10  |
| Klein-Blenkers, Friedrich | 161      | Europäische Union (Europäischer Integrationsfonds)                  | 18  |
| Konen, Wolfgang           | 125      | Fachhochschule Kiel, Fachbereich Sozial Arbeit und Gesundheit       | 21  |
| Kowalski, Susann          | 163      | Fraunhofer Competence Center Information                            | 152 |
| Kronberger, Rainer        | 68, 84   | Fundraising Verband Austria                                         | 27  |
| Leenen, Rainer            | 11       | Gerda Henkel-Stiftung, Düsseldorf                                   | 42  |
| Leisen, Hans              | 41       | German APSARA Conservation Projekt                                  |     |
| Materne, Stefan           | 167      | at Angkor Cambogia (GACP)                                           | 41  |
| Ottersbach, Markus        | 13       | Hans-Böckler-Stiftung                                               | 21  |
| Pörschmann, Christoph     | 87       | Hans-Bredow-Institut für Medienforschung                            |     |
| Rehorek, Astrid           | 136      | an der Universität Hamburg                                          | 6   |
| Reidenbach, Hans-Dieter   | 90       | Heinz Fischmann, UmweltSchutz Systeme/Ing. Büro Bonn                | 136 |
| Reinhardt, Winfried       | 169      | Hochschule BonnRheinSieg                                            | 158 |
| Rieker, Christiane        | 94       | Humance AG                                                          | 10  |
| Sander, Harald            | 171      | IAI (An-Institut an der Universität des Saarlandes, Ursula Reuther) | 33  |
| Schmitz, Klaus-Dirk       | 32       | IJAB e.V.- Fachstelle für Internationale Jugendarbeit der           |     |
| Schubert, Herbert         | 20       | Bundesrepublik Deutschland e. V.                                    | 26  |
| Siegemund, Jochen         | 35       | International Network for Terminology                               |     |
| Stadler, Ingo             | 142      | (TermNet, Blanca Nájera, Anja Drame)                                | 33  |
| Stauffer, Annemarie       | 45       | JUGEND für Europa - Deutsche Agentur JUGEND IN AKTION               | 26  |
| Thimmel, Andreas          | 25       | Katholische Fachhochschule Köln, Fachbereich Sozialwesen            | 22  |
| Torrent-Lenzen, Aina      | 36       | Kent State University (Ohio, USA)                                   | 33  |
| Urselmann, Michael        | 27       | Kölner Verkehrsbetriebe AG (KVB)                                    | 169 |
| Veit, Wolfgang            | 158      | Landesamt Baden-Württemberg,                                        |     |
| Werling, Michael          | 48       | Dr. Harald von der Osten-Woldenburg, Geophysiker                    | 49  |
|                           |          | Landesamt für Ausbildung, Fortbildung und                           |     |
|                           |          | Personalangelegenheiten der Polizei NRW (LAFP)                      | 11  |
|                           |          | Landesanstalt für Medien Nordrhein-Westfalen (LFM)                  | 6   |
|                           |          | Landesjugendring Nordrhein-Westfalen e. V.                          | 25  |
|                           |          | Landespräventionsrat Niedersachsen                                  | 23  |
|                           |          | Landwirtschaftskammer NRW, Haus Düsse,                              |     |
|                           |          | ZNR, Dr. Arne Dahlhoff                                              | 94  |

## Kooperationspartner

|                                                       |     |
|-------------------------------------------------------|-----|
| 2W Technische Informations GmbH (Manfred Schönberg)   | 33  |
| acrolinx GmbH (Ines Pruseit)                          | 33  |
| Airport Research Center GmbH (ARC), Aachen            | 169 |
| Audi Akademie GmbH (Stephan Hollewell, Diana Brändle) | 33  |



## Impressum

HERAUSGEBER  
Der Präsident der Fachhochschule Köln

ANSCHRIFT  
Claudiusstr. 1, 50678 Köln  
[www.fh-koeln.de](http://www.fh-koeln.de)

KONZEPT/LAYOUT  
Referat Kommunikation und Marketing  
Sybille Fuhrmann/Monika Probst

REDAKTION  
Susanne Osadnik

KOORDINATION  
Referat Kommunikation und Marketing  
Andrea Fröhlich  
Referat Forschung und Wissenstransfer  
Frauke Schmidt

SATZ  
hazel  
Bettin, Mohr GbR  
[www.hazel-design.de](http://www.hazel-design.de)

DRUCK  
W. Peipers & Co. GmbH  
Toyota-Allee 23–25, 50858 Köln-Marsdorf