



# Forschungsbericht 2008/2009



## Think global – **act local.**

Schenker ist weltweit an über 1.000 Standorten für Sie präsent. Das bedeutet: lückenlose Beschaffungs- und Distributionssysteme, direkte tägliche Verbindungen zu Ihren Kunden und Lieferanten, individuelle Logistikkonzepte, Spezialverkehre. Wir machen Ihre Anforderung zu unserer Aufgabe. Damit Sie sich auf Ihren Markt und Ihre Kunden konzentrieren können.

**Alles eine Frage der Logistik.**

**Schenker Deutschland AG**

Geschäftsstelle Heilbronn  
Hafenstraße 39 und 77/6  
74076 Heilbronn  
Telefon +49 7131 9559-0  
Telefax +49 7131 9559-119

**Luft-/Seefracht/Logistik**

[schenker.heilbronn@schenker.com](mailto:schenker.heilbronn@schenker.com)

**Landverkehr/Logistik**

[geschaeftsstelle.heilbronn@schenker.com](mailto:geschaeftsstelle.heilbronn@schenker.com)

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



**Forschungsbericht  
der  
Hochschule  
Heilbronn  
Technik • Wirtschaft • Informatik  
2008/2009**



## **Institut für angewandte Forschung**

Hochschule Heilbronn  
Technik • Wirtschaft • Informatik  
Heilbronn University  
Max-Planck-Straße 39

D-74081 Heilbronn  
Tel.: 07131 504-228  
Fax: 07131 504-142281

E-Mail: [iaf@hs-heilbronn.de](mailto:iaf@hs-heilbronn.de)  
URL: <http://iaf.hs-heilbronn.de/>

## **IMPRESSUM**

Herausgeber:	Der Rektor der Hochschule Heilbronn
Redaktion und Layout:	Prof. Dr. Wolfgang Wehl (verantwortl.), Dipl.-Ing. (FH) Ursula Kleinteich Kordinierungsstelle
Produktion:	WEKA info verlag gmbh
Erscheinungstermin:	November 2008



## Grußwort aus dem Rektorat

Der Forschungsbericht der Hochschule Heilbronn 2008 zeigt einmal mehr die Vielfalt, die Kreativität und die Innovationskraft der Mitarbeiterinnen, Mitarbeiter, Professorinnen und Professoren, die sich aktiv an Forschung innerhalb der Hochschule beteiligen. Dass dies nicht nur im Kleinen und Privaten, sondern in Zusammenarbeit innerhalb und zwischen den Fakultäten und in Netzwerken geschieht, ist ein weiterer Beweis für die Lebendigkeit der Forschung in Heilbronn.

### Neues Forschungsparadigma

Seit dem letzten Forschungsbericht im Jahr 2006 steht unsere Forschungsaktivität vor einer entscheidenden Wende. Mit der Novelle des Landeshochschulgesetzes ist sie nun Teil der Aufgabe der Hochschule. Bis heute sind das persönliche Engagement, die Lust am Neuen und die Freude an ihrem Fachgebiet die hauptsächliche Motivation für die Kolleginnen und Kollegen, die einen Teil ihrer Freizeit in Forschung investieren. In Zukunft wird die Hochschule weitere Impulse setzen und Rahmenbedingungen schaffen müssen, um Forschung noch attraktiver zu machen. Die neue W-Besoldung ermöglicht zum Beispiel die Auszahlung von Zulagen für die Arbeit in Kooperationsprojekten. Für ein neues Paradigma in der Forschung der Hochschule Heilbronn gibt es deshalb vielerlei Gründe:

- Nachdem im Wintersemester 2006/2007 auch die technischen Studiengänge auf das Bologna-System umgestellt haben und mit Erfolg akkreditiert wurden, wurde damit begonnen, auch die Masterstudiengänge zu starten. Die Hochschule Heilbronn bietet jetzt schon 11 Masterstudiengänge in Technik, Wirtschaft und Informatik an, weitere, insbesondere in der Technik werden hinzukommen. Diese leben von Forschungsaktivitäten, denn sie beanspruchen für sich die wissenschaftliche Qualität, die zu einer anschließenden Promotion befähigt.
- Im Rahmen der Initiative 2012 für die Lehre wird die Hochschule Heilbronn überproportional stark wachsen. Allein im akademischen Jahr 2008/2009 werden über 300 neue Studienplätze geschaffen. Leider reicht die vom Land zugesagte Finanzierung speziell in den ausstattungsintensiven Technikstudiengängen nicht aus, um die Ausgaben zu decken, die eine qualitativ anspruchsvolle Lehre erfordert. Hier kann in Projekten mit der Industrie eine dreifache Win-Situation (Kooperationspartner – Fakultäten/Professoren – Studenten) entstehen
- Auch die öffentlichen Fördermittelgeber, insbesondere das Land, machen Zuwendungen von der Forschungsleistung abhängig. Hier ist insbesondere eine Stärkung der privaten Kooperationsprojekte notwendig.



**Prof. Dr. Jürgen Schröder** ist seit März 2008 Rektor der Hochschule Heilbronn



**Prof. Dr. Ansgar Meroth** ist seit April 2008 Prorektor für Vernetzung, Vertrieb, Forschung der Hochschule Heilbronn

### Partner der Wirtschaft

In der Industrie-Region Heilbronn-Franken sind über 46 Tausend Unternehmen angesiedelt. Schwerpunkte bilden dabei Fahrzeug- und Anlagenbau, Automatisierungstechnik/Mechatronik und Handel. Zweifellos ist das Know-How in unserer Hochschule für diese potenziellen Partner, insbesondere im Mittelstand, hochinteressant. Die Hochschule bietet für industrielle Kooperationen attraktive Konditionen an.

Der dritte Campus der Hochschule wird im Jahr 2009 in Schwäbisch Hall an den Start gehen. Einem nie dagewesenen Engagement von Firmen, Verbänden und der Stadt ist es zu verdanken, dass hier attraktive Studienplätze zunächst für 105 Studienanfänger betriebswirtschaftlicher Disziplinen geschaffen werden. Das Standortkonzept zeigt, dass es der Hochschule mit ihrem Anspruch, Partner der Wirtschaft und der Region zu sein, ernst ist.

### Netzwerke und Kooperationen

Unsere Welt wird zunehmend komplexer. Für die Forschung bedeutet das, dass immer weniger Fragestellungen von einer Person oder einer Fachrichtung beantwortet werden können. Die Zukunft gehört den Netzwerken und Clustern. Auch hier sind wir gut aufgestellt. Mit derzeit über 170 Professoren der unterschiedlichsten Disziplinen besteht ein fantastisches Potenzial für interdisziplinäre Forschung. Nur drei unter vielen Beispielen sollen besonders erwähnt sein, in denen unterschiedliche Professoren an einem gemeinsamen Ziel miteinander forschen.

- Das Automotive Competence Center (ACC) wurde vor fünf Jahren ins Leben gerufen. Hier forschen acht Professoren verschiedener Fakultäten an den Themen Fahrerassistenzsysteme, Strukturmechanik, Mensch-Maschine-Schnittstellen

und Strategie. Speziell im Thema Mensch-Maschine-Schnittstellen wurden insbesondere die Bereiche Haptik, Optik und Akustik sowie der Bereich der Simulation von Fahraufgaben und Bedienvorgängen interdisziplinär erforscht. Wenn 2009 die Projekte der Landesstiftung Baden-Württemberg zu Ende geführt sind, soll das ACC mit neuen Kooperationen fortgeführt werden.

■ Das GECKO-Institut für Gesundheitsökonomie und Medizinische Informatik steht für die zentralen Themen des deutschen Gesundheitswesens in den kommenden Jahrzehnten Gesundheit, Computing, Kosten und Outcomes. In einer alternden Bevölkerung muss "Gesundheit produziert" werden, damit die Kosten nicht übermäßig steigen. Ohne den Einsatz von EDV wird dieses Ziel nicht erreicht werden (Computing). Trotz knapper Ressourcen sollten die medizinischen Ergebnisse - die Outcomes stimmen. Auch hier haben sich acht Professorinnen und Professoren mit unterschiedlichen Profilen an den Schnittstellen zwischen Medizin, Ökonomie und Informatik zusammengeschlossen.

■ Das Institut für Nachhaltigkeit in Verkehr und Logistik (INVL) ist der jüngste Zusammenschluss von Professoren. Im INVL sollen die dem modernen Verständnis der Nachhaltigkeit zugeordneten Themenbereiche „Ökologie, Ökonomie, Soziales“ gleichberechtigt im Kontext der Logistik im weiteren Sinne, d.h. der „räumlich-zeitlichen Transformation“ von Gütern und Informationen erforscht werden.

Die Forschungsleistung der Hochschule lebt in inneren wie in äußeren Netzwerken. Hier seien insbesondere die guten Beziehungen zum Verein der Freunde und Förderer der Hochschule, die Zusammenarbeit mit der Industrie- und Handelskammer und der partnerschaftliche Dialog mit den Firmen und Stiftungen erwähnt, die die Hochschule finanziell und ideell begleiten und fördern. Arbeiten wir gemeinsam daran, dass diese Netzwerke in Zukunft noch enger, noch effektiver und zum Wohl aller Beteiligten geknüpft werden!

*Prof. Dr.-Ing. Jürgen Schröder, Rektor*  
*Prof. Dr.-Ing. Ansgar Meroth, Prorektor für Vernetzung,*  
*Vertrieb, Forschung*

# Inhalt

- 3 Grußwort des Rektors
- 5 Inhalt
- 7 Präambel
- 8 Institut für Gesundheitsökonomie und Medizinische Informatik (GECKO)
- 9 Institut für Sozialmanagement (IFS)
- 9 Institut für Electronic Business (IEB)
- 10 Institut für Nachhaltigkeit in Verkehr und Logistik (INVL)

## Projekte im Bereich Technik

- 12 **Optik-Design von Head-up Displays mit CAD-kompatiblen Freiformflächen**, Prof. Dr. Peter Ott
- 23 **Advanced Piston Cooling Efficiency: A Comparison of Different New Gallery Cooling Concepts**, Norman Thiel, Hans-Joachim Werner, Hartmut Kamp, Prof. Herbert Windisch
- 37 **Ein einstufiger Mehrkomponentenprozess für die Herstellung mechanisch beständiger mikro- und nanostrukturierter Kunststoffbauteile**, Prof. Dr.-Ing. August Burr, Dipl.-Ing. (FH) Michael Kübler, Dipl.-Ing. (FH) Matthias Deckert, Dipl.-Ing. (FH) Sascha Kuhn, Dipl.-Ing. (FH) Christoph Bleesen
- 41 **„Werfen oder Schießen?“ – Eine neue Technologie für Logistikfunktionen innerhalb von Produktionssystemen**, Prof. Dr.-Ing. Heinz Frank, Dipl.-Inf. Dennis Barteit
- 44 **Ein akustisches Antriebssystem für einen Drop-on-Demand-Druckkopf**, Dipl.-Ing. (FH) Michael Kübler, Dr. Björn Lemmermeyer, Prof. Dr. Wolfgang Wehl, Prof. Dr. Jörg Wild
- 49 **Energiegewinnung aus Reisstroh mit dem Flugstrom/ Zyklon-Verfahren**, Prof. Dr.-Ing. Ewald Pruckner, Dipl.-Ing. (FH) Steffen Gorzawski, Dipl.-Ing. (FH) Thomas Slabsche, Dipl.-Ing. (FH) Jan Clabunde, Dipl.-Ing. (FH) Eugen Müller

## Projekte im Bereich Wirtschaft

- 61 **Möglichkeiten und Grenzen interkommunaler Zusammenarbeit im Incomingtourismus aus ökonomischer Sicht**, Prof. Dr. Ralf Bochert
- 66 **Nachhaltiger Weinbau im internationalen Überblick – neues Modewort oder ein Leitbild in der Globalisierung?** Prof. Dr. Armin Gemrich, Dipl.-Betr. (FH) René C.G. Arnold
- 70 **E-Learning im Rechnungswesen- Umsetzung der IHK Ausbildung zum Bilanzbuchhalter international (IHK)**, Prof. Dr. Siegfried Kling

- 78 **Debates are for Losers**, Prof. Dr. Peter R. Schrott, David J. Lanoue
- 84 **Gainsharing: An Experiment In Sustainable Organisational Change**, Prof. Dr. Margarete Seidenspinner
- 91 **Skandale im Non-Profit-Organisationen (NPO)- Management und Instrumente der Gegensteuerung**, Prof. Dr. Christoph Tiebel

## Projekte im Bereich Informatik

- 93 **Evaluation der Einführung der elektronischen Gesundheitskarte in der Testregion Heilbronn**, Prof. Dr. Nicola Marsden, Dipl.-Psych. Franziska Drescher, Prof. Dr. Oliver Kalthoff, Shara Kalthoff
- 98 **Eine Datenbank für den Rebschutz**, Prof. Dr. Ulrike Jaeger
- 100 **System integration of a surgical planning platform and a commercial neuronavigation application**, Urs Eisenmann, Andreas Gamber, Roland Metzner, C.R. Wirtz, Hartmut Dickhaus
- 102 **Is a phase-reversal phenomenon observed in inter-lead relation of beat-to-beat QRS-area series characteristic for episodes of obstructed breathing in sleep apnea patients?** C. Maier, V. Rödler, H. Wenz, Hartmut Dickhaus
- 106 **Towards Modeling Language Interoperability – Getting Meta-Level Architectures right**, Prof. Dr. Dominikus Herzberg, Dipl.-Inf. Tim Reichert, Nick Rossiter
- 112 **Wie viele Customer Empowerment / Energy verträgt Ihr Marketing?** Prof. Dr. Sonja Salmen, Dr. Schober Schmutz, Robert Huber

## Weitere Projekte

- 119 **Hefen auf der Spur – Molekularbiologische Methoden zur Diagnose von Weinhefen**, Prof. Dr. Armin Gemrich, Dipl.-Betriebsw. Martin Seidel
- 123 **Zur Didaktik von Software-Engineering-Praktika aus Sicht der Studierenden**, Prof. Dr. Nicola Marsden, Prof. Dr. Dominikus Herzberg, Dipl.-Psych. Franziska Drescher
- 127 **Erstellung und Nutzung von Fallstudien (case-studies) in den technischen Studiengängen der Hochschule Heilbronn**, Prof. Dr. Susanne Wilpers
- 129 **Vertrauen im interkulturellen Kontext – Fokus: deutsch-arabische Wirtschaftsbeziehungen**, Prof. Dr. Elias Jammal





Wie lässt sich die Produktion so steuern, dass individuelle Kundenwünsche bezahlbar werden?

Unsere Antwort: „Die intelligente Fabrik.“

Mit innovativen Lösungen verknüpfen wir virtuelle Produktplanung mit moderner Automatisierungstechnologie für mehr Flexibilität in der Produktion. So lassen sich auch individuelle Kundenwünsche kosteneffizient verwirklichen. [www.siemens.com/answers](http://www.siemens.com/answers)

Answers for industry.

**SIEMENS**



## Präambel

Forschung an Fachhochschulen – Muss das sein? Bringt das was? Das können Universitäten und Forschungsinstitute doch viel besser! Einmal mehr soll Sie der Ihnen hier vorliegende Forschungsbericht der Hochschule Heilbronn eines Besseren belehren.

Kreativität und gute Ideen für Innovationen, die unsere Wirtschaft vorwärts bringen, sind nicht an Titel, Gehaltsstufen und Institutionen gebunden! Groß ist der Unterschied zwischen den Institutionen indes, wenn es gilt, diese Ideen in die Tat umzusetzen. Die ungleichen Randbedingungen lassen gar nichts anderes erwarten. Insbesondere durch die Umstellung vom Diplom zum schlankeren Bachelor ist es für die Fachhochschulen noch schwieriger geworden zu forschen: Die Kurse sind größer geworden; die Bachelor-Abschlussarbeit ist für wissenschaftliches Arbeiten viel zu kurz.

Dass dennoch so viele Kollegen, Mitarbeiter und Studenten über alle Maßen in der Forschung engagiert sind ist nur durch die Freude und Befriedigung zu erklären, die einem schöpferisches Arbeiten gibt. Rund vierzig Prozent der z. Z. gut 160 Professoren der Hochschule mit Ihren Standorten in Heilbronn, Künzelsau und demnächst Schwäbisch Hall haben sich im iaf zusammengefunden, um überwiegend in kleinen Teams zu forschen. Um mögliche Synergien besser nutzen zu können und um nach außen besser wahrgenommen zu werden, haben diese Teams unter dem Dach des iaf inzwischen elf In-Institute gegründet.

Besonders hervorzuheben ist dabei das 2001 mit 2,54 Millionen Euro Fördermitteln der Landesstiftung gegründete Automotive Competence Center – kurz ACC. Interdisziplinär gelang acht Professoren der technischen Studiengänge Automotive Systems Engineering, Maschinenbau, Mechatronik und Mikrosystemtechnik, Verfahrens- und Umwelttechnik und dem kaufmännischen Studiengang Tourismusbetriebswirtschaft der Beweis, dass es auch an einer Fachhochschule möglich ist, für die Kfz-Industrie und deren Zulieferer erfolgreich Produkte, Verfahren und Technologien zu entwickeln.

Trotz großem Ingenieurmangel in der Industrie und nicht konkurrenzfähiger Gehälter im Öffentlichen Dienst gelang es den Akteuren mit den Fördermitteln, einige hervorragende Absolventen für einige Jahre an der Hochschule zu halten. Die spannenden Forschungsthemen und das anregende Arbeitsklima, die Möglichkeit über das Studium hinaus noch viel zu lernen und in Kooperation mit Universitäten zu promovieren, war doch oft Motivation genug, besser bezahlte Stellenangebote aus der Wirtschaft auszuschlagen.

Auf verschiedenen Forschungsgebieten, wie z. B. der Haptik hat sich das Automotive Competence Center inzwischen einen bundesweit exzellenten Ruf erworben, so dass in Zukunft die Aussicht besteht, direkt aus der Industrie Drittmittel einzuwerben, um diesen „Leuchtturm der Hochschule Heilbronn“ auf Dauer zu erhalten. Unsere jüngsten Forschungsergebnisse, über die Sie dieser Forschungsbericht informiert, lassen uns auch ein bisschen stolz sein.



**Prof. Dr. Wolfgang Wehl**  
Geschäftsführer des iaf

In Nachfolge von Prof. Herbert Windisch hat Prof. Wehl 2007 die Geschäftsführung des Instituts für angewandte Forschung übernommen. Er lehrt und forscht seit 1996 an der Hochschule Heilbronn auf dem Gebiet der Mikrosystemtechnik.

Viele Professoren haben sich mit ihrem Wissen und ihrer Erfahrung überregionale, teilweise sogar internationale Alleinstellungsmerkmale und Anerkennung auf aktuellen, gefragten und anwendungsnahen Forschungsgebieten erarbeitet. Lohn der Mühen sind viele erteilte Patente, „Reviewed Papers“, „Best Paper Awards“ und eine Reihe abgeschlossener Promotionen von Projektmitarbeitern.

Um sich im Wettbewerb der Hochschulen zu behaupten, ist es das gemeinsame Ziel von Rektorat und iaf-Leitung, die Forschung an der Hochschule Heilbronn zu stärken. Jeder von uns weiß, dass Lehre ohne Forschung auf Dauer blutleer ist. Auf vielen Fachgebieten veraltet Wissen in ganz wenigen Jahren. Forschung ist für Professoren geradezu ein Muss, um in der Lehre auf dem Stand der Technik zu bleiben.

Eine Chance Ideen umzusetzen, kreativ zu sein und zu forschen, die kein Student und kein Professor, der etwas auf sich hält, auslassen sollte, stellen unsere konsekutiven Masterstudiengänge dar. In dem meist dreisemestrigen Masterstudium ist für alle genügend Platz, an Forschungsprojekten aktiv mitzuwirken. Nur so kann es uns zugleich gelingen, zu Universitäten aufzuschließen und uns von anderen Hochschularten positiv abzugrenzen.

Ein Vorwurf, den man uns an der Hochschule Heilbronn früher teilweise zu recht machen konnte, wir würden unsere Kompetenzen der innovationssuchenden Wirtschaft nicht angemessen präsentieren, gilt – was die Forschung betrifft – ab sofort nicht mehr. Obwohl es noch manche Lücke zu schließen gibt, finden Sie unsere Forschungsaktivitäten und Fachkompetenzen, unsere Veranstaltungen und Publikationen – selbstverständlich auch diesen Forschungsbericht – sowie die Kommunikationsdaten aller iaf-Mitglieder und -Mitarbeiter ähnlich bequem wie bei Wikipedia auf z. Z. schon rund 500 Seiten im Wiki des iaf unter <http://iaf.hs-heilbronn.de>.

Ich lade Sie ein, sich in diesem Forschungsbericht 2008 einen kleinen Einblick über die vielfältigen Forschungsprojekte, die zuletzt an der Hochschule Heilbronn bearbeitet wurden, zu verschaffen. Haben auch Sie Ideen für neue Projekte? Berührungspunkte zu Professoren und Mitarbeitern sind nicht angebracht. Hier sitzt keiner im Elfenbeinturm und mit ein bisschen Selbstbewusstsein und meist weniger Ressourcen als Sie denken, können wir mit Ihnen gemeinsam daran arbeiten, dass aus Ihren Ideen Innovationen werden.

*Wolfgang Wehl, Geschäftsführer des iaf*

## Gründung des neuen GECKO Instituts für Gesundheitsökonomie und Medizinische Informatik



Das neue Institut „GECKO“ bietet maßgeschneiderte Forschung, Entwicklung und Fortbildung zu den Themen Gesundheitsökonomie und Informatik. GECKO steht für die zentralen Themen, die das deutsche Gesundheitswesen in den nächsten Jahren bewegen werden: Gesundheit, Computing, Kosten, Outcomes. Das vom Studiengang Medizinische Informatik, der in Kooperation mit der Universität Heidelberg angeboten wird, neu ins Leben gerufene Institut hat sich so bestens für die kommenden Probleme und Anforderungen des Gesundheitswesens gerüstet. GECKO vertritt aufs Neue den Anspruch, den der Studiengang Medizinische Informatik seit seiner Gründung 1972, hat: Die Verzahnung und Integration von Medizin und Informatik.

GECKO unterstützt maßgeblich das bereits in der Vergangenheit vielfach ausgezeichnete CAMPUS – Projekt, eine fallbasierte Lern- und Prüfungsplattform für Ärzte – und PROSIT, eine Open-Source Community zur Entwicklung von Erkrankungsmodellen.

### PROSIT

In Zeiten knapper Gesundheitsbudgets ist der verantwortungsvolle Umgang mit den knappen Ressourcen von größter Bedeutung für die künftige Finanzierbarkeit der medizinischen Versorgung. Erkrankungsmodelle sind Simulationsprogramme, mit denen man die Wirtschaftlichkeit von medizinischen Behandlungen analysieren kann.

Das GECKO Institut der Hochschule Heilbronn hat eine weltweit einmalige OpenSource Initiative zur Entwicklung quelloffener Simulationsmodelle für die Wirtschaftlichkeitsanalyse von Therapien, Diagnostik und Technologien bei der Volkserkrankung Diabetes mellitus (Zuckerkrankheit) ins Leben gerufen – Das PROSIT Projekt.

„Die Veröffentlichung unseres Modells ist ein Meilenstein in der Gesundheitsökonomie der Volkserkrankung Diabetes. Noch nie zuvor wurde ein Modell derart transparent gemacht. Mediziner, Gesundheitspolitiker und GesundheitsökonomInnen erhalten ein Instrument an die Hand, das die Therapie von Menschen mit Zuckerkrankheit zukünftig erheblich wirtschaftlicher und erfolgreicher gestalten kann“ sagt Prof. Wendelin Schramm, Leiter des GECKO Instituts der Hochschule Heilbronn.

Im Januar 2008 wurde der Release Candidate des ersten Modells für Nephropathie veröffentlicht und stand zur Kommentierung auf der Wikipediaplattform des Projekts, für jeden Interessierten offen zugänglich.

- In naher Zukunft werden Versionen für Rumänien und der Schweiz angestrebt. Diese sollen in enger Zusammenarbeit mit den jeweiligen Partneruniversitäten entstehen. In der Tat steht PROSIT schon in engem Kontakt mit den Universitäten in Brasov und Temeszwar.
- Bis 2010 sollen für alle Folgeerkrankungen der Diabetes frei verfügbare Modelle erstellt werden.



Prof. Dr. med.  
Wendelin Schramm

Im Februar erhielt die PROSIT Disease Modelling Community des GECKO Instituts vom Nationalen Aktionsforum Diabetes mellitus (NAFDM) die Auszeichnung des NAFDM-Qualitätssiegels. Diese Qualitätsauszeichnung wird nach einer wissenschaftlichen Begutachtung, einem so genannten Peer-review Verfahren, erteilt und ist bisher erst einmal nach Baden-Württemberg vergeben worden. Ausgezeichnet werden Projekte, die erwarten lassen, zukünftig die Versorgung von Menschen mit Diabetes zu verbessern.

### Verzahnung von Forschung und Lehre im PROSIT-Projekt

PROSIT bietet den Studenten die einmalige Möglichkeit sich aktiv an der Entwicklung der neuen Modelle zu beteiligen, sei es in der Form von Studien-, Diplomarbeiten oder Promotionsarbeiten. Betreut werden sie dabei hauptsächlich von Prof. Wendelin Schramm.

Die Ergebnisse der studentischen Arbeiten fließen unmittelbar in das Projekt ein. Haben also einen konkreten Nutzen und sind nicht bloße akademische Lehrstücke.

Zusätzlich bietet das Projekt den Studenten die Chance parallel zu ihrem Studium bereits erste Publikationen zu veröffentlichen und sich so wertvolle Referenzen für ihre spätere Karriere zu erwerben. Einige Studenten haben bereits ihre Arbeiten auf internationalen Kongressen und Workshops präsentieren können.

### Ansprechpartner und weiterführende Informationen

#### Prof. Dr. med. Wendelin Schramm

GECKO Institut für Gesundheitsökonomie und Informatik  
Hochschule Heilbronn, Max-Planck Str. 39, 74081 Heilbronn  
Fon: +49 7131 504-493 (AB), Fax: +49 7131 504-144931  
E-Mail: [wendelin.schramm@hs-heilbronn.de](mailto:wendelin.schramm@hs-heilbronn.de)

Homepage des GECKO Instituts:

<http://www.gecko.hs-heilbronn.de>

Homepage des PROSIT-Projekts

(Internetplattform und Download):

<http://www.prosit.de>

## Institut für Sozialmanagement



Sozialmanagement findet vor allem in der Branche der Non-Profit-Unternehmen statt. Die sozialen Organisationen stellen – neben den Gesundheitsorganisationen – den größten Anteil der NPO dar. Mit über 500.000 Beschäftigten sind dies Betriebe

mit Millionen Umsätzen. Aber diese Branche wandelt sich: Der Übergang zwischen Non-Profit und For-Profit ist fließend.

Das Institut für Sozialmanagement greift betriebswirtschaftliche Fragen aus dem Management von Organisationen/ Unternehmen der Sozialwirtschaft und Non-Profit- Bereichen, z.B. Gesundheitswesen, Wohlfahrtsverbände, Verein etc. auf.

Das IFS hat 4 Arbeitsschwerpunkte:

- Grundlagenforschung im Bereich Sozialmanagement: Marketingforschung, Forschung zu volkswirtschaftlichen Tatbeständen, Managementforschung
- Theorie-Praxis-Transfer für Studierende: Kooperation mit den Einrichtungen aus dem Sozialwesen und NPO-Sektor um Studenten ein Praxisfeld zu eröffnen
- Lernfeld für Unternehmen: Trainieren von sozialer- und emotionaler Kompetenz in Kooperation mit NPO
- Durchführung von Kongressen und Workshops: z.B. Qualitätsmanagement in NPO

## Institut für Electronic Business (IfEB)



Das Institut für Electronic Business (kurz: IfEB) ist ein Institut des Studiengangs Electronic Business in der Hochschule Heilbronn. Es verfolgt das Ziel, Wissen aus dem Bereich der angewandten Forschung zu interessierten Unternehmen im Umfeld des Studiengangs zu transferieren.

Das IfEB analysiert, gestaltet, bewertet und steuert neue Geschäftsmodelle, -beziehungen, und -prozesse auf Basis internetbasierter Informationssysteme und verschafft seinen Förderern und Kunden damit einen wesentlichen Vorsprung im zunehmend dynamischer werdenden globalen Wettbewerb.

Das IfEB wurde im Frühjahr 2007 von den Professoren des Studiengangs Electronic Business gegründet, und konnte bereits im



**Prof. Dr. Christoph Tiebel**, Leiter des Instituts für Sozialmanagement lehrt auf dem Campus in Künzelsau im Bachelor- und Masterstudiengang Betriebswirtschaft und Kultur-, Freizeit-, Sportmanagement (BK/MBK)

Im Rahmen der Projekte stehen unterschiedliche Partner mit dem IFS in Verbindung: Caritas, Diakonie, DRK als exemplarische Vertreter der Wohlfahrtsverbände.

Im Rahmen von Theorie-Praxis-Projekten wird eine Vielzahl an Projekten an der Schnittstelle Ökonomie und Sozialarbeit abgewickelt. Nachfolgend sei eine kleine Auswahl genannt:

- Regionaler Qualitätssicherungsverbund nach dem EFQM-Modell
- BSC in Non-Profit-Organisationen als Wertekompass eines kirchlichen Trägers
- Akquisition von sozialem Ehrenamt
- Controlling für Altenheime
- Investitionsrechnung für Sozialimmobilien
- Kunden-/Klienten-/Mitarbeiterzufriedenheitsmessungen in NPO

Das umfassendste Projekt ist die Kooperation mit zwei kirchlichen Trägern: Die beiden Akademischen Lehrpflegeheime für Sozialmanagement in Brackenheim und Lauda-Königshofen. Dort wurde 2007 der Betrieb aufgenommen und sowohl die ersten Grundlagenforschungsprojekte als auch die Transferprojekte in die Unternehmen gestartet.



**Prof. Dr. Dieter Hertweck**  
Geschäftsführender Direktor

November dieses Jahres den KREATEK- Ideenwettbewerb des Landes Baden-Württemberg mit einem IT-Service-Management-Thema gewinnen.

Das vom IfEB erfolgreich koordinierte Firmenkonsortium von mehr als zehn namhaften Unternehmen der Software- und Automatisierungsbranche zeigt bereits im Jahr seiner Gründung die außerordentlich starke Akzeptanz des Instituts bei seinen Industriepartnern.

Ein wissenschaftlicher Höhepunkt in 2008 war die Organisation und Ausrichtung des Panels IT-Strategy auf der Asiatisch Pazifischen Konferenz für Informationssysteme PACIS in Souzhou/China unter dem Dach der AIS.

## Forschen für Ökonomie und Ökologie



### INVL: Nachhaltigkeit in Verkehr und Logistik

Das Institut für Nachhaltigkeit in Verkehr und Logistik (INVL) wurde 2007 von Prof. Dr. Frank Fichert, Prof. Dr. Dirk Lohre und Prof. Dr. Roland Pfennig gegründet. Die Leitung erfolgt in kollegialer Verantwortung.

### Situation und Motivation

Schon bevor der Einfluss des Menschen auf den Klimawandel in die öffentliche und politische Diskussion geriet, wurden Transport und Verkehr als Hauptverursacher für viele ökologische Probleme erkannt: Durch die Globalisierung zunehmende Güterströme führten zur Bedrohung sensibler Ökosysteme durch Emissionen und Flächenverbrauch, aber auch zur gesundheitlichen Gefährdung der Bevölkerung und letztlich zu externen Kosten.

Eine qualitativ und quantitativ angemessene Versorgung der produzierenden Wirtschaft und der Verbraucher setzt eine funktionierende Logistik voraus.

Mit dem Outsourcing von Logistikleistungen und dem zunehmenden Druck auf Logistikdienstleister (LDL) seitens der verladenden Wirtschaft erhöht sich der Druck auf die dort arbeitenden Menschen. Sinkende Margen durch zunehmende Konkurrenz führen zu sinkenden Löhnen und zu geringen Investitionen in ergonomisch ausgestattete Arbeitsplätze und Weiterbildung insbesondere der Fahrer, Lagerarbeiter, Servicekräfte. Damit werden auch Logistik-Unternehmen mit Herausforderungen konfrontiert, die heute unter dem Begriff „Nachhaltige Unternehmensführung“ (Ökologie, Ökonomie und Soziales) diskutiert werden.

Leider mangelt es noch immer an einem einheitlichen Verständnis für „Nachhaltigkeit“. Aus Furcht vor hohen Kosten scheuen Unternehmen die Auseinandersetzung mit dem Thema, obwohl nachhaltiges Wirtschaften auch dazu beiträgt, Kosten zu senken.

### Aufgaben und Ziele des INVL

Im INVL kooperiert mit der Industrie, anderen Hochschulen und Instituten/Verbänden und erforscht die drei Säulen der Nachhaltigkeit im Kontext der Logistik. Die Ergebnisse werden veröffentlicht und in die Lehre des Studienganges integriert. Geplante Forschungsschwerpunkte sind beispielhaft:

- Nachhaltigkeitsmanagement für Logistikdienstleister,
- Integration von Umwelt-, Qualitäts- und Arbeitssicherheitssystemen in Speditionen,
- Effizientes Logistikcontrolling

Damit unterstützt das INVL nicht nur soziale Erfordernisse, sondern leistet auch einen Beitrag zur Sicherung der lang-



**Prof. Dr. Frank Fichert** lehrt im Studiengang Verkehrsbetriebswirtschaft und Logistik die Fächer Personenverkehr, Luftverkehr und Volkswirtschaftslehre



**Prof. Dr. Dirk Lohre** lehrt ebenfalls im Studiengang Verkehrsbetriebswirtschaft und Logistik



**Prof. Dr. Roland Pfennig** lehrt seit 2006 im Studiengang Verkehrsbetriebswirtschaft und Logistik

fristigen Existenz von Unternehmen und zum angemessenen Umgang mit der natürlichen Umwelt.

### Runder Tisch für Nachhaltigkeit

Am 17. Juni 2008 fand der erste Runde Tisch für Nachhaltigkeit bei der DEKRA Certification in Stuttgart statt. Er wurde vom INVL etabliert, um branchenspezifische Probleme zu erörtern, Erfahrungen auszutauschen und das Thema für die Branche weiter zu entwickeln. Anwesend waren Vertreterinnen und Vertreter aus Unternehmen, Speditionsverbänden und der Politik. Mit einem Impulsreferat („Begriff und Stand des Nachhaltigkeitsmanagements für Logistikunternehmen“) durch Studierende des Masterstudienganges Logistik (MTL) wurde der Themenrahmen zunächst abgesteckt. Der Runde Tisch wird künftig drei Mal im Jahr an wechselnden Orten tagen und die gemeinsam priorisierten Themenbereiche

- Umweltrelevante Kennzahlen,
- Vergleichbarkeit zwischen Logistikunternehmen mittels Kennzahlen,
- Integration von Managementsystemen bearbeiten.

### Informations- und Kommunikationstechnologie (IuK)

Das INVL ist Mitglied in der Arbeitsgruppe Logistikdienstleister in der DSAG e.V. (Deutsche SAP-Anwendergruppe). Die DSAG ist eine der größten unabhängigen Vereinigungen dieser Art und umfasst über 24.000 Mitglieder aus mehr als 2.000 Unternehmen in über 30 Branchen an. Vor dem Hintergrund der zunehmenden Bedeutung der IuK-Technologie für die Logistik-Branche und der Auswirkungen auf die Geschäftsprozesse und der sie bearbeitenden Menschen, wird das INVL seine Expertise in die Optimierung bestehender Anwendungssysteme einbringen. Dies geschieht über die aktive Teilnahme an den Arbeitsgruppentreffen und über gemeinsame Entwicklungs- und Forschungsprojekte mit Unternehmen und der SAP AG in Walldorf.



**Jeder Erfolg hat seine Geschichte.**



**BOSCH**  
Technik fürs Leben

## Für Talente – ein exzellenter Start

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

und übernehmen von Beginn an Verantwortung in einem Projekt oder in einer unserer Fachabteilungen. Auch Studenten/-innen ermöglichen wir, durch Praktika, studienbegleitende Tätigkeiten oder Diplomarbeiten die Praxis hautnah kennen zu lernen.

**Jeder Erfolg hat seinen Anfang.** Bewerben Sie sich jetzt.

Robert Bosch GmbH

Personalabteilung

Stefanie Harner

Robert-Bosch-Allee 1, 74232 Abstatt

stefanie.harner2@de.bosch.com

[www.bosch-career.de](http://www.bosch-career.de)

**Bachelor und Master:  
Herzlich willkommen!**

# Optik-Design von Head-up Displays mit CAD-kompatiblen Freiformflächen

Prof. Dr.-Ing. Peter Ott, Hochschule Heilbronn

## 1. Einführung

Mit Head-up Displays im Automobil wird erhöhte Sicherheit, Fahrkomfort, Technikbegeisterung und ein Imagegewinn verbunden. Lange Zeit waren Head-up Displays wegen der hohen Kosten zunächst der militärischen und zivilen Luftfahrt und dann dem Premiumsegment der Kraftfahrzeuge vorbehalten. Inzwischen sind aber großflächige Freiformspiegel mit Kantenlängen von über 100mm zur Abbildung mittels Spritzguss kostengünstig herstellbar, kleine TFT-Displays als Bildquelle erschwinglich und deren kompakte, gerichtete und regelbare Beleuchtung mit LED's möglich geworden. Dies zusammen erlaubt Herstellkosten, die den Einsatz von Head-up Displays in allen Fahrzeugklassen zulassen. Mehr und mehr Zulieferer werden deshalb auf diesem Gebiet aktiv. Dadurch, dass die Abbildung beim Head-up Display über eine Reflexion an der Windschutzscheibe erfolgt und diese für jeden Fahrzeug-Typ eine individuelle Form aufweist, ist für jeden Fahrzeugtyp eine Anpassung der Abbildungsoptik des Head-up Displays nötig. Dies verlangt eine effiziente Vorgehensweise beim Optik-Design, um die fahrzeugbezogenen Entwicklungskosten zu minimieren.

Die Herausforderung dabei besteht einerseits im Entwurf der Freiformflächen der Abbildungsspiegel, wofür kaum vergleichbare Methoden wie in der klassischen Abbildungsoptik, wie z.B. der Entwurf erster Ordnung oder die Aberrationstheorie, bekannt sind. Hinzu kommt, dass offen zugängliche Referenzdesigns zum Vergleich fehlen. Ein weiterer sehr wichtiger Aspekt ist die konsistente Datenverwaltung. Die Flächendaten der Abbildungsoptik werden nach dem Entwurf unweigerlich in die in der Automobilindustrie gängigen CAD-Systeme importiert. Oft werden dann aus diesen Systemen heraus NC-Fertigungsdaten generiert. Dieser Flächenimport ist deshalb heikel, weil die in CAD-Systemen übliche Flächenbeschreibung mit sogenannten NURBS (non-uniform rational B-Splines) in den gängigen Optik-Programmen zum Entwurf von Abbildungsoptiken nicht oder unzureichend implementiert ist. Bei Import-Export-Vorgängen werden deshalb in der Regel von den Tools wenig dokumentierte Umwandlungen der Darstellungsform vorgenommen. Hierbei kann es zu Problemen mit Genauigkeiten, Flächen-Stetigkeiten usw., kommen [1].

In diesem Beitrag sollen einerseits Methoden und Ergebnisse des Entwurfs eines Abbildungsspiegels für ein Head-up Display vorgestellt werden. Zum anderen wird dargestellt, dass ohne Leistungseinbußen bereits im Entwurf der Freiformfläche B-Splines verwendet werden können. Diese Flächebeschreibung lässt sich dann mittels standardisierter Formate wie IGES oder STEP ohne eine fehlerträchtige Umwandlung in CAD-Systeme übernehmen.



**Prof. Dr.-Ing. Peter Ott** (geb. 1965)

studierte theoretische Nachrichtentechnik an der Universität Stuttgart und wurde dort auf dem

Gebiet der optischen Signalverarbeitung promoviert. Nach seiner Industrietätigkeit bei Carl Zeiss Oberkochen in der zentralen Forschung wechselte er 1999 an die FH

Heilbronn und leitet dort das Labor für technische Optik.

Seine Arbeitsschwerpunkte sind das Optik-Design asphärischer Elemente und die optische Messtechnik.

## 2. Funktionsweise eines Head-up Displays

Bei einem Head-up Display werden Fahrerinformationen wie Geschwindigkeit, Navigationshinweise oder die Ausgabe einer Infrarot-Nachtsichtkamera in einem virtuellen Bild dargestellt, das sich in Blickrichtung des Fahrers in ca. zwei bis drei Meter befindet (Abb. 1). Das virtuelle Bild überlagert sich der natürlichen Umgebung. Dies wird dadurch erreicht, dass das vom Head-up Display ausgehende Licht an der Windschutzscheibe unter einem Einfallswinkel von typischerweise über  $65^\circ$  reflektiert wird. Bei einer Polarisationsrichtung senkrecht zur Einfallsebene wird dann gemäß dem Fresnelschen Reflexionsfaktor ca. 30% des Lichts an einem Luft-Glas-Übergang reflektiert, der Rest, also ca. 70%, wird transmittiert. Die passende Polarisationsrichtung wird durch eine entsprechende Anordnung des als Bildquelle verwendeten Flüssigkristalldisplays erreicht. Die Wirkung solcher Displays basiert auf Polarisation weshalb diese auf beiden Seiten des Displays Polarisatoren integriert haben und somit nicht zusätzlich eingebaut werden müssen (alternativ dazu werden Laserdiodenbasierte, scannende Systeme als Bildquelle vorangetrieben). Auch an der Außenseite der Windschutzscheibe findet eine Reflexion des Lichts mit äquivalenten Gegebenheiten statt, sodass insgesamt gut 45% des Lichts in Richtung des Fahrers gelenkt werden. Die Reflexion an Innen- und Außenseite einer parallelen Windschutzscheibe würde allerdings zu einem störenden Doppelbild führen. Durch eine Keilfolie im Verbundglas mit angepassten Keilwinkel werden diese Doppelbilder übereinander gelegt. Nur diese Keilfolie unterscheidet prinzipiell die Windschutzscheibe von Fahrzeugen mit und ohne Head-up Display. Aber nun zurück zur Überlagerung der Bilder. Das entsprechende für Reflexions- und Transmissionsfaktor gilt für das aus der Richtung des virtuellen Bildes kommende Umgebungslicht, nur dass dieses zufällig polarisiert ist. Aus der gleichen Richtung trifft also Licht aus der Umgebung und Licht aus dem Head-up Display auf das Auge des Fahrers. Die Helligkeit des Head-up Displays wird durch die Regelung der Lichtquelle an die Umgebungshelligkeit, für die bereits Sensoren in vielen Fahrzeugen

gen vorhanden sind, angepasst. Übrigens führt der obige Sachverhalt der Fresnelschen Faktoren dazu, dass auch ein virtuelles Bild unterhalb des Fahrzeugs entsteht, das prinzipiell von oben, also z.B. von einer Brücke aus, in einem zugegebenermaßen kleinen Winkelbereich beobachtet werden kann, da ja mehr als 50% des Lichts von der Windschutzscheibe transmittiert wird.

Wäre die Windschutzscheibe eine plane Fläche würde es prinzipiell genügen, die Bildquelle ohne weiteren Spiegel in entsprechender Richtung im Armaturenbrett anzuordnen. Dies hätte jedoch den Nachteil, das ein relativ großes und damit teureres Display verbaut werden müsste. Noch schwerwiegender ist jedoch der Umstand, dass die Windschutzscheibe gekrümmt ist, was zu Bildfehlern, insbesondere Verzerrungen, führt. Zudem wäre das virtuelle Bild nur gut einen Meter vom Auge entfernt. Aus all diesen Gründen wird mindestens ein zusätzlicher Abbildungsspiegel verwendet, die die Abbildungsfehler der Windschutzscheibe möglichst gut kompensieren sollen, die Bildquelle vergrößert und das virtuelle Bild in eine angenehme Distanz von zwei bis drei Meter bei einem vollen Feldwinkel von ca.  $5^\circ \times 2^\circ$  projiziert. Der oder die Abbildungsspiegel sind einer klassischen Lupe äquivalent, durch die hindurch die Bildquelle betrachtet wird.

Das virtuelle Bild ist von der Fahrposition aus bei heutigen Systemen nur in einem relativ kleinen, typischerweise 140mm x 70mm großen, senkrecht zur Fahrtrichtung liegenden Bereich, der sogenannten Eye-box, zu sehen. Der Abbildungsspiegel kann bei manchen Systemen verkippt werden, um diesen Bereich an die Sitzhöhe anzupassen. Nur innerhalb dieser relativ kleinen Eye-

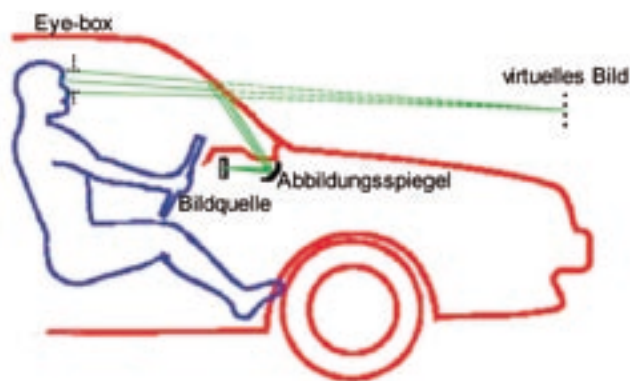


Abb. 1: Prinzipieller Aufbau eines Head-up Displays

box lassen sich die Abbildungsfehler der Windschutzscheibe mit vertretbarem Aufwand hinreichend korrigieren. Deren Kompensation bei großen Querschnitten ist auch dadurch limitiert, dass die Toleranzen der Form der Scheibe derzeit fertigungsbedingt noch sehr groß sind. Zudem entspricht die Größe der Eye-box auch in etwa der notwendigen Öffnung der Abbildungsoptik und ist damit eine wesentliche Einflussgröße auf den erforderlichen und immer knapp zur Verfügung stehenden Bauraum. Diese im Vergleich zu anderen Abbildungssystemen relativ große Öffnung ist auch der Grund dafür, dass eine klassische Glasoptik im Fahrzeug wegen der hohen Kosten ausscheidet.

### 3. Einige Eigenschaften der Mensch-Maschine-Interaktion über das Head-up Display

Aus der obigen Darstellung der Funktionsweise ergeben sich einige direkte Vorteile aus dem Einsatz eines Head-up Displays: Information wird in der Blickrichtung auf das Verkehrsgeschehen eingeblendet, wodurch dieses ständig sichtbar bleibt. Die Änderung der Akkommodation (Scharfeinstellung des Auges) und der Vergenz (beidäugige Koordination) wird im Vergleich zur herkömmlichen Anzeige im Armaturenbrett deutlich verringert, auch wenn die in manchen Werbebotschaften dargestellten Zeitvorteile von über 2 sec wohl nicht realistisch sind [2]. Insbesondere die große Zahl der Fahrer mit Altersweitsichtigkeit sprechen von einer angenehmen Darstellung durch den großen Bildabstand und die möglicherweise verringerten visuellen Reize von außerhalb des Hauptsichtbereichs. Durch die Darstellung im HuD kann auch die Beanspruchung beim Fahren durch Nebenaufgaben, wie telefonieren oder navigieren, verringert werden. Grundsätzlich besteht die Gefahr, dass durch die Informationsdarstellung über das HuD von der eigentlichen Primäraufgabe des Fahrens abgelenkt wird, da diese Form der Anzeige den Blick förmlich auf sich ziehen und zu einer Art Tunnelblick führen kann [3]. Es kann auch zu einer psychischen Belastung kommen, da der Mensch nicht in der Lage ist, gleichzeitig unterschiedliche Information (z.B. Verkehrsgeschehen und Geschwindigkeit) zu erfassen. Von sportlichen Fahrern wird berichtet, dass die ständige Wahrnehmung der aktuellen Geschwindigkeit in Blickrichtung als lehrmeisterlich empfunden wird. Die obigen Sicherheitsaspekte sind wohl die Hauptgründe, weshalb einige Fahrzeughersteller noch zögerlich bei der Einführung sind und als Alternative andere Displays, die die Information nicht in Blickrichtung des Fahrens aber mit einer dem Head-up Display ähnlich großen Projektionsdistanz in Betracht ziehen.

Die große Chance durch das Head-up Display bietet sich in der Augmented Reality durch die Darstellung sogenannter kontaktnaloger Information [3]. Dies meint eine mit der Außenwelt direkt in Beziehung stehende Informationsdarstellung, wie sie z.B. im Flugzeug durch die Darstellung des künstlichen Horizonts geschieht. Im Kraftfahrzeug könnten dies z.B. die Darstellung des Abstands zum vorausfahrenden Fahrzeug, des Bremswegs oder Hinweise auf Verkehrsschilder und andere Verkehrsteilnehmer sein. Durch diese Art der Informationsdarstellung ließen sich die obigen Nachteile vermeiden und unter Umständen wie im Flugzeug durch den Sicherheitsgewinn die Versicherungsprämien bei einer solcher Art von Ausrüstung verringern [3]. Aber auch hierbei gilt höchste Sorgfalt, da jede zusätzliche Information in Abhängigkeit der Fahrsituation auch eine Ablenkung bzw. Überforderung darstellen kann.

### 4. Parabasale Vorauslegung

#### 4.1 Vorauslegung mittels verallgemeinerte Durchrechnung parbasaler Wellenfronten

Unter einer parbasalen Wellenfront wird die Wellenfront in der nahen Umgebung eines Basis-Strahls verstanden. Dieser Basis-Strahl  $\vec{n}$  ist gleichzeitig der Normalenvektor der Wellenfront. In der nahen Umgebung des Strahls kann die Wellenfront allein

durch ihre Krümmungen beschrieben werden. Die verallgemeinerte Durchrechnung parabasaler Wellenfronten ermittelt die bei der Brechung oder Reflexion an einer beliebig verkippten Fläche ausfallende parabasale Wellenfront, also deren Richtung und Krümmungen.

Zur Behandlung der Abbildungseigenschaften einer Freiformfläche ist die Differentialgeometrie hilfreich. Diese besagt, dass eine Fläche an jedem Punkt zwei Hauptkrümmungen  $c_1, c_2$  und dazugehörige, senkrecht zueinander stehende Hauptkrümmungsrichtungen  $\vec{e}_1, \vec{e}_2$  aufweist. Diese Größen sind die Eigenwerte und Eigenvektoren der sogenannten Weingartenmatrix. Die Weingartenmatrix wird auch als Krümmungstensor  $\underline{C}$  bezeichnet. Die Elemente der Weingartenmatrix werden durch die ersten und zweiten Ableitungen der Fläche ermittelt. Im orthogonalen Koordinatensystem der Hauptkrümmungsrichtungen ist der Krümmungstensor die zweidimensional Diagonalmatrix mit den Hauptkrümmungen als Diagonalelemente. In einem dazu innerhalb der Tangentialebene um den Winkel  $\theta$  gedrehten Koordinatensystem mit Einheitsvektoren  $\vec{i}_{st}, \vec{i}_t$ , das hier mit  $st$  bezeichnet wird (die Bedeutung wird weiter unten klarer), kann der Krümmungstensor durch eine Ähnlichkeitstransformation ermittelt werden:

$$\underline{C}_{st} = \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} c_1 & 0 \\ 0 & c_2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta \\ -\sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_s & c_{st} \\ c_{st} & c_t \end{bmatrix} \quad (1)$$

wobei

$$\begin{aligned} c_s &= c_1 \cdot \cos^2(\theta) + c_2 \cdot \sin^2(\theta) \\ c_t &= c_1 \cdot \sin^2(\theta) + c_2 \cdot \cos^2(\theta) \\ c_{st} &= (c_1 - c_2) \cdot \frac{1}{2} \cdot \sin(2 \cdot \theta) \end{aligned} \quad (2)$$

Für die parabasale Wellenfrontdurchrechnung empfiehlt es sich nun, als Tangentialvektoren der drei Flächen (einfallende Wellenfront, ausfallende Wellenfront und die optische Fläche) solche zu wählen, die einen gemeinsamen sagittalen Richtungsvektor aufweisen. Dies ist möglich, da die Normalenvektoren innerhalb der Einfallsebene liegen und damit koplanar sind. Der gemeinsame sagittale Tangentialvektor kann aus den Richtungsvektoren  $\vec{n}'$  der ausfallenden Welle,  $\vec{n}$  der einfallenden Welle und des Normalenvektors  $\vec{n}$  der optischen Fläche wie folgt ermittelt werden:

$$\vec{i}_s = \vec{i}_s' = \vec{i}_s = \vec{n} \times \vec{n}' = \vec{n}' \times \vec{n} \quad (3)$$

Als weitere Tangentialvektoren für die drei Tangentialebenen bieten sich dann folgende, zu dem obigen Vektor orthogonale Vektoren an:

$$\vec{i}_t = \vec{n} \times \vec{i}_s \quad \vec{i}_t' = \vec{n}' \times \vec{i}_s \quad \vec{i}_t = \vec{n} \times \vec{i}_s \quad (4)$$

Die Krümmungstensoren in diesen Tangentialvektorsystemen können einfach durch die Ähnlichkeitstransformation aus Gl. (1) mit den Drehwinkeln  $\theta, \bar{\theta}, \theta'$  aus den bekannten Hauptkrümmungen, z.B. der einfallenden Wellenfront und der optischen Fläche, ermittelt werden. Für die Elemente der Transformationsmatrix gelten dabei

$$\cos(\theta) = \vec{i}_1 \cdot \vec{i}_s \quad \sin(\theta) = \vec{i}_1 \cdot \vec{i}_t$$

Die drei Gleichungen der verallgemeinerten Strahldurchrechnung bei Freiformflächen lauten für den reflektierenden Fall [4]:

$$\begin{aligned} -2 \cdot \cos(\varepsilon) \cdot \bar{c}_s &= c_s' - c_s \\ -2 \cdot \bar{c}_t &= \cos(\varepsilon) \cdot c_t' - \cos(\varepsilon) \cdot c_t \\ 2 \cdot \bar{c}_{st} &= c_{st}' + c_{st} \end{aligned} \quad (5)$$

Bei der Vorwärtsrechnung wird also mittels der Ähnlichkeitstransformation der Krümmungstensor der einfallenden Wellenfront und der optischen Fläche aus den jeweiligen Hauptkrümmungen in den neuen Koordinatensystemen  $st, \bar{s}t$ , die durch den Richtungsvektor des einfallenden Strahls und den Normalenvektor der Fläche definiert sind, berechnet. Mit obiger Gleichung wird dann der Krümmungstensor der ausfallenden Wellenfront in dem entsprechenden Koordinatensystem berechnet. Daraus können einfach die Hauptkrümmungen und -krümmungsrichtungen dieser Wellenfront ermittelt werden.

Beim Flächentransfer von einer Fläche  $i$  zur nächsten Fläche  $i+1$  über eine Distanz  $d_i$  ändern sich die Hauptkrümmungen gemäß.

$$c_{i+1} = \frac{c_i'}{1 + d_i \cdot c_i'} \quad (6)$$

Der Vollständigkeit halber seien hier noch die Abbildungsmaßstäbe angegeben. Für den reflektierenden Fall lauten diese

$$m_t = -\frac{c_t}{c_t'} \quad m_s = \frac{c_s}{c_s'} \quad (7)$$

Dabei wird jeweils davon ausgegangen, dass sich Objekt und Bild in den tangentialen bzw. sagittalen Brennpunkten der Objekt- und Bildwelle befinden und senkrecht zur Strahlrichtung orientiert sind. Bei der Durchrechnung wird das Koordinatensystem von Fläche zu Fläche gedreht. Die entsprechend neuen Abbildungsmaßstäbe ergeben sich einfach durch Linearkombination der voraus gegangenen.

Bei einer Punkt-zu-Punktabbildung mit mehreren verkippten Flächen liegen die tangentialen und sagittalen Zwischenbilder im Allgemeinen nicht aufeinander (nur im Objekt und im Bild). Das führt dazu, dass unterschiedliche Abbildungsmaßstäbe in der Tangentialebene des Bildes auftreten.

Zudem ergibt sich auch eine Verkipfung der Bildebene [5].

#### 4.2. Beispiel für die Vorauslegung eines Head-up Displays

Das Abbildungssystem eines einfachen Head-up Displays besteht aus einem Abbildungsspiegel (diesbezügliche Größen werden den Indizes  $s$  aufweisen) und der Windschutzscheibe (Index  $w$ ). Zur Vorauslegung wird hier von einem Basis-Strahl in umgekehrter Ausbreitungsrichtung ausgegangen, der von der Mitte der Eye-box zur Mitte des virtuellen Bildes zielt und über Windschutzscheibe und Spiegel bis zur Mitte des Displays verläuft. Die Einfallrichtung ist mit obigem Koordinatensystem



$$\vec{n}_w = \begin{bmatrix} 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}$$

Bei der (von der Eye-box auf die Windschutzscheibe) einfallenden Welle handelt es sich um eine sphärische Welle, deren Krümmungen damit lauten

$$c_{s,w} = c_{t,w} = -1/(d_{ep} - d_{ew}) \quad c_{st,w} = 0. \quad (8)$$

Der Krümmungsradius liegt dabei oft im Bereich von 1m bis 2m.

Die Kippung und die Krümmungen der Windschutzscheibe am Durchstoßpunkt sind aus CAD-oder Messdaten bekannt. Typische Werte für diese Verkippung sind  $\alpha_{x,w} = 65^\circ + 180^\circ$  für die Verdrehung um die x-Achse (mit den addierten 180° liegt Normalenvektor auf der strahlabgewandten Seite) und  $\alpha_{z,w} = 10^\circ$  um die z-Achse. Für den Normalenvektor ergibt sich damit

$$\vec{n}_w = \begin{bmatrix} \sin(\alpha_{x,w}) \cdot \sin(\alpha_{z,w}) & -\sin(\alpha_{x,w}) \cdot \cos(\alpha_{z,w}) & \cos(\alpha_{x,w}) \end{bmatrix}. \quad (9)$$

Oft wird für die Optimierung mittels Strahldurchrechnung die Windschutzscheibe in einer Polynomdarstellung  $\vec{z}_w = p_{20,w} \cdot \vec{x}_w^2 + p_{11,w} \cdot \vec{x}_w \cdot \vec{y}_w + p_{02,w} \cdot \vec{y}_w^2 + \dots$  beschreiben, wobei es sich bei dem Koordinatensystem bereits um das st-Koordinatensystem in der Einfallsebene der Scheibe handelt ( $\vec{z}_w$  ist die Koordinate in Richtung von  $\vec{n}_w$ ). Aus den Koeffizienten der Polynomdarstellung berechnen sich die Krümmungen wie folgt:

$$\bar{c}_{s,w} = -2 \cdot p_{20,w} \quad \bar{c}_{t,w} = -2 \cdot p_{02,w} \quad \bar{c}_{st,w} = -p_{11,w} \quad (10)$$

Beispielswerte für den sagittalen Krümmungsradius liegen dabei bei 2 m, für den tangentialen Radius bei 7 m und für  $1/\bar{c}_{st,w} \approx 30$  m. Liegt die Beschreibung der Windschutzscheibe nicht im st-Koordinatensystem vor, sondern z.B. im globalen Koordinatensystem der CAD-Daten, müssen zunächst die Hauptkrümmungen und -krümmungsrichtungen der Fläche z.B. durch Differenzierung der NURBS-Beschreibung der Fläche ermittelt werden und daraus dann durch Anwendung der Gl. (1) die Krümmungen im st-Koordinatensystem.

Aus diesen Daten kann dann die Richtung der ausfallenden Welle mit dem vektoriellen Reflexionsgesetz und mit den Gl. (2) die Krümmungen dieser Welle im Koordinatensystem der Einfallsebene bestimmt werden. Daraus werden mit Gl. (5) die Hauptkrümmungen und krümmungsrichtungen der ausfallenden

Welle direkt nach der Windschutzscheibe ermittelt. Es folgt der Flächentransfer mit Gl. (6) (der Abstand zwischen Scheibe und Abbildungsspiegel beträgt z.B. 200 mm).

Der Abbildungsspiegel sei nun gegenüber der Einfallrichtung um  $\alpha_{x,s} = 20^\circ$  und um  $\alpha_{z,s} = -10^\circ$  verdreht. Für den Normalenvektor der Fläche ergibt sich dann

$$\vec{n}_s = \begin{bmatrix} \cos(\alpha_{z,w}) - \cos(2\alpha_{x,w}) \sin(\alpha_{z,w}) & \sin(2\alpha_{x,w}) \sin(\alpha_{z,w}) \\ \sin(\alpha_{z,w}) & \cos(2\alpha_{x,w}) \cos(\alpha_{z,w}) & \sin(2\alpha_{x,w}) \cos(\alpha_{z,w}) \\ 0 & \sin(2\alpha_{x,w}) & \cos(2\alpha_{x,w}) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \sin(\alpha_{x,s}) \sin(\alpha_{z,s}) \\ \sin(\alpha_{x,s}) \cos(\alpha_{z,s}) \\ \cos(\alpha_{x,s}) \end{bmatrix} \quad (11)$$

Daraus lassen sich nun die st-Koordinatensysteme für die einfallende Welle sowie für die Fläche mittels Gl. (3), (4) und die Krümmungen der einfallenden Welle in diesem Koordinatensystem ermitteln. Da eine scharfe Abbildung vorliegen soll, sind die Krümmungen der ausfallenden Wellenfront durch den Abstand des Detektors vom Spiegel vorgegeben und lauten

$$c_{s,s} = c_{t,s} = -1/d_{sd} \quad c_{st,s} = 0, \quad (12)$$

wobei für den Abstand zwischen Spiegel und Display  $d_{sd} \approx 150$  mm typisch sind. Mittels den Gl. (5) können nun die für den Spiegel notwendigen Krümmungen berechnet werden und diese in eine für die numerische Strahldurchrechnung günstige Polynomdarstellung im Koordinatensystem der Einfallsebene überführt werden:

$$p_{20,s} = -1/2 \cdot \bar{c}_{s,s} \quad p_{02,s} = -1/2 \cdot \bar{c}_{t,s} \quad p_{11,s} = -\bar{c}_{st,s} \quad (13)$$

Typische Werte für den Krümmungsradius in sagittaler und tangentialer Richtung sind 300 mm - 400 mm, für den gemischten Krümmungsradius  $1/\bar{c}_{st,s}$  das hundertfache. Diese Daten können für ein Startsystem, das dann weiter numerisch optimiert wird, verwendet werden.

### 4.3 Analyse des Startsystems

Mittels der oben angegebenen Vorauslegung liegt nun ein Startsystem vor, bei dem der Abbildungsspiegel mittels eines i.A. nicht rotationssymmetrischen Paraboloids beschrieben wird. Ein solches System ist in Abb. 3 dargestellt.

Dieses Startsystem kann mittels Strahldurchrechnung einer ersten Analyse unterzogen werden. Für diese Analyse werden im folgenden verschiedene Augenpositionen innerhalb der Eye-box farblich gemäß Abb. 4 kodiert. Diese Positionen erlauben einerseits die Untersuchung der Auswirkungen einer horizontalen Kopfbewegung, insbesondere die Änderung der Verzeichnung bei einer solchen Bewegung. Dieser Effekt wird auch kurz Dynamik genannt. Des weiteren erlaubt die Kodierung die Untersuchung der Vergenz durch Vergleich der Bildpunkte für linke und rechte Augenpositionen, die durch korrespondierende Farben gekennzeichnet sind. Daneben wird für jede Augenposition die Bildschärfe betrachtet.

In Abb. 5 ist das Ergebnis einer Strahldurchrechnung von neun horizontalen und fünf vertikalen Objektpunkten in die oben angegebenen Augenpositionen dargestellt. Für diese Darstellung

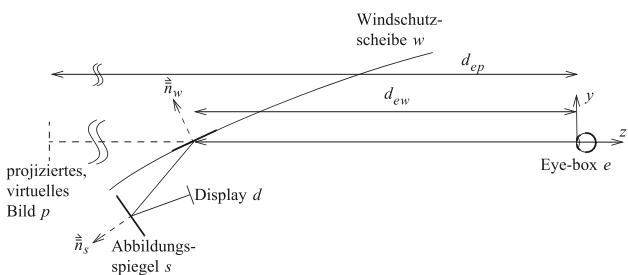
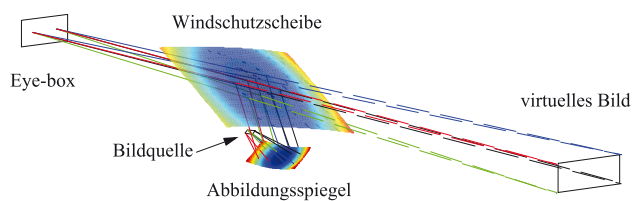


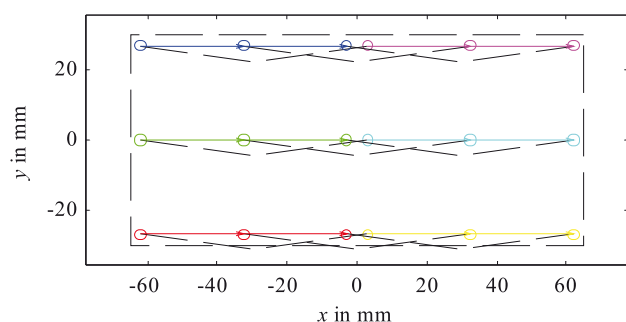
Abb. 2: Koordinatensysteme in einem einseitigen Head-up Display.

werden die bildseitigen Strahlen dann in die virtuelle Bildebene verlängert und dort analysiert.

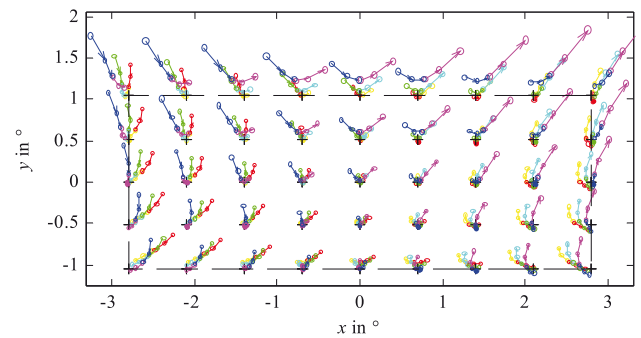
Für die derart durchgeführte Strahldurchrechnung ist eine 'gezielte' Strahldurchrechnung (sogenanntes ray-aiming) notwendig, da die geforderte Richtung des vom Objektpunkt ausgehenden Strahls zunächst nicht bekannt ist, nur dessen geforderter Auftreffort in der Eye-box. Üblicherweise wird deshalb bei optischen Systemen die Eintrittspupille ermittelt. Im hier dargestellten Fall ist dieses Vorgehen jedoch nicht geeignet, da sehr große Pupillenaberrationen vorliegen, d.h. die Lage der Eintrittspupille nichtlinear von der Lage Austrittspupille (das ist hier die Augenposition innerhalb der Eye-box) abhängt. Zudem verändert sich dieser nichtlineare Zusammenhang deutlich, wenn die Form des Abbildungsspiegels im nachfolgenden Optimierungsprozess verändert wird. Deshalb ist hier eine iterative Prozedur notwendig, die die korrekte Richtung des Strahls für den jeweils geforderten Auftreffpunkt in der Eye-box ermittelt. Eine Alternative dazu wäre, die Strahlen ausgehend von der Eye-box in Richtung des Sollbildpunkts rückwärts bis zum Objekt durchzurechnen und dann die Verhältnisse auf der Objektseite zu analysieren. Die Interpretation dieser Ergebnisse ist jedoch wegen der nicht zu vernachlässigenden Nichtlinearitäten problematisch, weshalb die erstgenannte Methode vorzuziehen ist, falls die damit verbundenen Geschwindigkeitseinbußen bei der Strahldurchrechnung tolerierbar sind.



**Abb. 3:** Strahlengang beim einseitigen Head-up Display bei zwei Augenpositionen innerhalb der Eye-box und für vier Objektpunkte. Für jeden Objektpunkt und jede Augenposition wurde nur ein Strahl dargestellt. Die virtuellen Verläufe bis zur Bildebene sind gestrichelt gezeichnet.



**Abb. 4:** Analytierte Augenpositionen (Kreise) innerhalb der Eye-box (gestrichelte, rechteckige Umrandung) und deren farbliche Kodierung. Durch diese Positionen werden horizontale Kopfbewegungen von links nach rechts an drei Orten jeweils für linkes und rechts Auge und für drei Kopfhöhen betrachtet. Eine Bewegung ist durch einen Pfeil repräsentiert. Korrespondierende linke und rechte Augen sind durch gestrichelte Linien angedeutet und werden durch entsprechende Farbpaaire unterschieden.



**Abb. 5:** Darstellung der virtuellen Bildpunkte für das Startsystem und die Augenpositionen gemäß Abb. 4. Die Sollbildpunkte sind durch schwarze Kreuze gekennzeichnet. Die Ausdehnung eines Spotdiagramms für eine Augenposition ist durch die Größe der dargestellten Ellipse repräsentiert.

Die Darstellung in Abb. 5 macht deutlich, dass das Startsystem die Anforderungen hinsichtlich der Verzeichnung nicht erfüllt. Auch die Dynamik der Verzeichnung, die durch die Länge der Pfeile interpretiert werden kann, und die Vergenz, dem Unterschied zwischen den korrespondierenden Farbpaaire, ist offensichtlich sehr groß. Lediglich die Bildschärfe, die durch die Ausdehnung des Bildpunkts wiedergegeben ist, liegt in einem Bereich von einigen wenigen Winkelminuten und wäre damit tolerierbar.

## 5 Datenaustausch

Bevor mit der Optimierung des Abbildungsspiegels begonnen wird, stellt sich die Frage nach einer adäquaten Flächenbeschreibung. Das in Standardsoftware gängige Format dafür ist die Polynomdarstellung ausgehend von den in Gl. (13) ermittelten Koeffizienten. Wie in der Einführung bereits erwähnt, werden die Flächendaten der Abbildungsoptik nach dem Entwurf unweigerlich in die in der Automobilindustrie gängigen CAD-Systeme importiert. Oft werden dann aus diesen Systemen heraus NC-Fertigungsdaten generiert. Dieser Flächenimport ist deshalb heikel, weil dabei die Polynomdarstellung in die in CAD-Systemen übliche Flächenbeschreibung mit sogenannten NURBS (non-uniform rational B-splines) konvertiert wird. Dabei kommt es häufig zu Problemen mit Genauigkeiten, Flächen-Stetigkeiten usw. [1]. Abhilfe dafür bieten folgende Möglichkeiten:

- Der Datenaustausch von großen Punktwolken zur Flächenbeschreibung. Dies ist der heute übliche Weg. Dabei gehen jedoch Informationen bezüglich Krümmung etc. verloren. Ein Re-Import in die Optik-Software zur Kontrolle ist mühsam. Zudem sind große Datenmengen zu handhaben.
- Der NC-Fertigungskode wird direkt aus der Optik-Software heraus generiert. Der CAD-Import dient lediglich zu Visualisierungszwecke und zur Untersuchung von konstruktiven Randbedingungen. Das Problem der nicht konsistenten Datenaustausch ist nicht vollständig gelöst. Für jede NC-Steuerung muss ein eigener Postprozessor programmiert werden. Diese Lösung ist deshalb nur dann sinnvoll, wenn dieser Prozess mit der gleichen Steuerung häufig durchzuführen ist. In diesem Fall ist es jedoch eine sehr effiziente Lösung. Am Ende dieses Beitrags wird ein Beispiel für dieses Verfahren mit einer Heidenhain-Steuerung gezeigt.

■ Die Flächenbeschreibung in der Optik-Software geschieht auf der Basis von NURBS. Der Austausch der Daten mit CAD-Systemen kann dann über standardisierte Formate wie STEP oder IGES erfolgen. Der Re-Import in die Optik-Software ist dabei problemlos.

Im weiteren wird das letztgenannte Verfahren näher betrachtet. In Optik-Programmen zum Entwurf von Beleuchtungen sind NURBS-Flächen in der Regel implementiert. Allerdings ist dem Autor kein gängiges kommerzielles Programmen zum Entwurf von abbildenden Systemen bekannt, das dies leistet. Ein Grund dafür ist, dass bei rotationssymmetrischen Systemen die klassische Asphärenbeschreibung wesentlich besser geeignet ist. Um eine vergleichbare Abbildungsleistung zu erhalten, ist eine NURBS-Beschreibung mit einer um mehrere Größenordnungen höheren Parameteranzahl notwendig, was den Entwurfsprozess inakzeptabel verlangsamt. Für den Fall von Freiformflächen liegen jedoch keine Erfahrungsberichte vor.

### 6 Flächenbeschreibung mit NURBS

Bei der NURBS-Beschreibung wird die Fläche in Parameterform dargestellt als [6]

$$\check{f}(u, v) = \frac{\sum_{i=1}^{n_u} \sum_{j=1}^{n_v} N_{i, g_u}(u) \cdot N_{j, g_v}(v) \cdot w_{i,j} \cdot \check{P}_{i,j}}{\sum_{i=1}^{n_u} \sum_{j=1}^{n_v} N_{i, g_u}(u) \cdot N_{j, g_v}(v) \cdot w_{i,j}} \quad (14)$$

Die  $n_u \times n_v$  Punkte  $\check{P}_{i,j}$  werden als Kontrollpunkte bezeichnet, die Parameter  $w_{i,j}$  als Gewichte. Die Basisfunktionen  $N_{i,g}$  des Grads  $g$  werden als B-spline Basisfunktionen bezeichnet (das B im Namen ist von 'basic' abgeleitet). Diese Funktionen sind wie folgt rekursiv definiert

$$N_{i,0}(u) = \begin{cases} 1 & u_i \leq u < u_{i+1} \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

$$N_{i,g}(u) = \frac{u - u_i}{u_{i+g} - u_i} \cdot N_{i, g-1}(u) + \frac{u_{i+g+1} - u}{u_{i+g+1} - u_{i+1}} \cdot N_{i+1, g-1}(u) \quad (15)$$

Zu einer Beschreibung mit B-spline Basisfunktionen des Grads  $g$  mittels  $n$  Kontrollpunkten wird also noch eine Liste von  $m = n + g + 1$  sogenannter Knoten  $u_i$  benötigt, für die  $u_i \leq u_{i+1}$  gelten muss. Diese Liste wird auch als Knotenvektor bezeichnet. In jedem Knotenintervall  $i$  mit  $u_i \leq u < u_{i+1}$  sind maximal nur  $g + 1$  Polynome von Null verschieden, nämlich die Polynome  $N_{i-g, g}(u), \dots, N_{i, g}(u)$ . Die Beschreibung mit B-spline Basisfunktionen ist damit eine Verallgemeinerung der Bezier-Darstellung mittels Bernsteinpolynomen. Wird der Kontrollpunkt einer Basisfunktion verändert, so ändert sich die Fläche nur in einer kleinen Nachbarschaft des entsprechenden Intervalls. Diese Eigenschaft wird auch als lokale Flächenbeschreibung bezeichnet und unterscheidet die NURBS-Flächen substantiell von Zernike-oder Polynom-Darstellungen, die globaler Art sind.

Für die Knoten ist insbesondere der äquidistante (engl. 'uniform') Fall von Interesse, bei dem  $d = u_{i+1} - u_i = \text{const.}$  ist. Am häufigsten anzutreffen ist der Fall geklemmter, äquidistanter ('clamped uniform') Knoten

$$u_1, \dots, u_1, u_{g+2}, \dots, u_{m-g-1}, u_m, \dots, u_m, \quad (16)$$

d.h. der erste und letzte Knoten hat die Vielfachheit  $g + 1$ . Die restlichen Knotenintervalle sind äquidistant. Für die insgesamt  $m$  Knoten werden genau  $n = m - g - 1$  Kontrollpunkte benötigt. Der geklemmte Spezialfall  $0, \dots, 0, 1, \dots, 1$  mit Vielfachheit  $g + 1$  beider Knoten liefert die Bernsteinpolynome. Durch Vervielfachung eines beliebigen inneren Knotens, was dann zu nicht äquidistanten Knotenvektoren führt, kann an dieser Stelle eine bewusste Unstetigkeit einer bestimmten Ableitung erreicht werden.

Setzt man bei der Flächenbeschreibung mit NURBS alle Gewichte  $w_{i,j} = 1$ , so ergibt sich die B-spline Beschreibung

$$\check{f}(u, v) = \sum_{i=1}^{n_u} \sum_{j=1}^{n_v} N_{i, g_u}(u) \cdot N_{j, g_v}(v) \cdot \check{P}_{i,j} \quad (17)$$

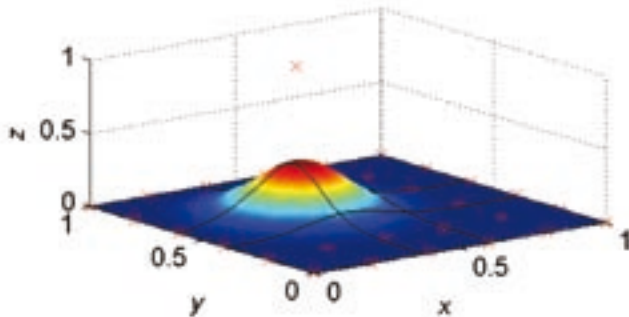
In der Regel ist eine Flächenbeschreibung mit B-spline-Flächen ausreichend. Die Erweiterung zu NURBS spielt im wesentlichen dann eine Rolle, wenn bestimmte Flächentypen wie z.B. Kugel- und Zylinderflächen exakt beschrieben werden müssen, was mit B-splines in diesen Fällen nicht möglich ist.

Folgende Eigenschaften weisen B-spline-Flächen auf:

- Der Regelfall der geklemmten, äquidistanten Knoten mittels der  $(g + 1)$ -fachen Vielfachheit von Anfangs- und Endknoten hat die Eigenschaft, dass die Fläche an den Eckpunkten exakt durch die vorgegebenen Kontrollpunkte  $\check{P}_{1,1}, \check{P}_{n_u,1}, \check{P}_{n_v,1}, \check{P}_{n_u,n_v}$  verläuft.
- Die B-spline Flächen haben die wichtige Eigenschaft, beliebig differenzierbar innerhalb eines Knotenintervalls zu sein. Hat ein Knoten die Vielfachheit  $k$ , so ist die Fläche an diesem Knoten  $(g - k)$ -fach stetig differenzierbar. Für den üblichen Fall  $k = 1$  für alle inneren Knoten zwischen Anfangs- und Endknoten, also bei geklemmten, äquidistanten Knoten, ist die Fläche  $(g - 1)$ -fach stetig differenzierbar. Damit die zweite Ableitung stetig ist, genügt also  $g = 3$  (kubische B-splines), vorausgesetzt es liegt keine Vielfachheit eines inneren Knotens vor. Werden lediglich die Kontrollpunkte einer B-spline Fläche verändert, so bleiben also die Eigenschaften bezüglich stetiger Differenzierbarkeit erhalten.
- Eine affine Transformation der Fläche wird durch Anwendung dieser Transformation auf die Kontrollpunkte ausgeführt.
- Wenn  $u, v \in [u_{i_0}, u_{i_0+1}] \times [v_{j_0}, v_{j_0+1}]$ , dann ist  $\check{f}(u, v)$  in der konvexen Hülle der Kontrollpunkte  $\check{P}_{i,j}$ ,  $i_0 - g_u \leq i \leq i_0$  und  $j_0 - g_v \leq j \leq j_0$ . Dies ist z.B. eine nützliche Eigenschaft um zu prüfen, ob ein Strahl überhaupt auf die Fläche fällt und wenn ja, in welchem Bereich.

Sind geordnete Punkte auf einer gesuchten Fläche vorgegeben und soll für die Fläche eine B-spline Beschreibung ermittelt wer-

den, so lassen sich die gesuchten Kontrollpunkte durch Lösen eines linearen Gleichungssystems ermitteln. Zusätzlich können noch Randbedingungen an den Rändern vorgegeben werden. Dieses Verfahren wird als Flächeninterpolation bezeichnet. Verfahren zur Flächenapproximation, bei der in der Regel die Anzahl der Kontrollpunkte kleiner als die Anzahl der Datenpunkte ist, sind wesentlich komplexer.



**Abb. 6:** Beispiel für eine B-spline Fläche mit Grad 3. Dargestellt sind die Kontrollpunkte durch rote Kreuze. Die Isoparameterlinien an den Knoten sind schwarz dargestellt.

Ein Beispiel für eine B-spline-Fläche ist in Abb. 6 dargestellt. Es ist ersichtlich, dass die Kontrollpunkte im Allgemeinen nicht auf der Fläche selbst liegen. Ebenso ist die Lokalität erkennbar, die Fläche verändert sich nur in der Nachbarschaft des Kontrollpunkts.

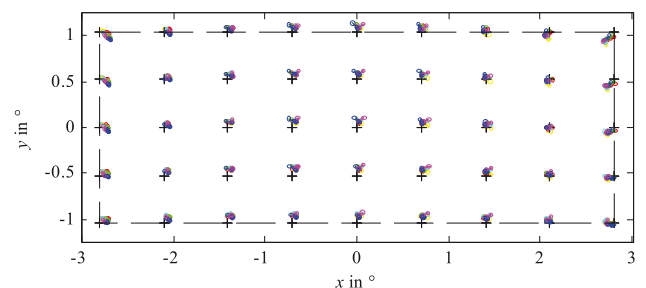
Für der Berechnung des Durchstoßpunktes eines Strahls auf einer B-spline-Fläche muss eine Nullstellensuche in drei Variablen durchgeführt werden: die gesuchte Länge des Strahls und die beiden gesuchten Flächeparameter  $u$  und  $v$ . Dies wird iterativ und mit Hilfe der Jacobi-Matrix realisiert. Die dafür und zur Berechnung des Normalenvektors benötigten Ableitungen der Fläche sind einfach zu realisieren, da die Ableitung einer B-spline-Fläche wiederum ein B-spline-Fläche aber mit niedrigerem Grad ergibt.

Als Parameter zur Veränderung der Flächenform, z.B. zur Optimierung der Fläche, eignen sich die Koordinaten der Kontrollpunkte. Wird die Fläche in einem lokalen Koordinatensystem, dessen z-Achse in Richtung des Normalenvektors am Durchstoßpunkt des Basisstrahls zeigt, beschreiben, so genügen in der Regel die z-Werte der Kontrollpunkte als Parameter.

## 7 Optimierung des Optik-Designs

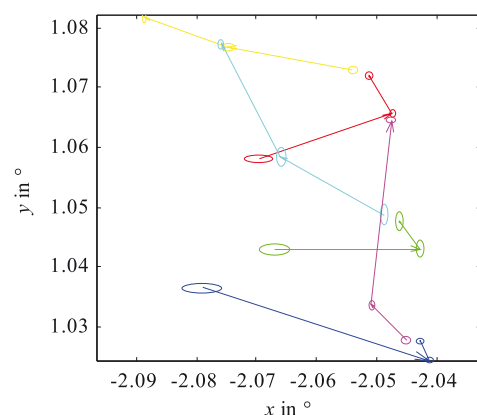
Das zuvor berechnete Startsystem genügt bei weitem nicht den Anforderungen, die sich im Wesentlichen aus Verzeichnung und Bildschärfe zusammensetzen. Beide Kriterien lassen sich mit einem einzigen Abbildungsspiegel nicht zu Null reduzieren, lediglich eine Minimierung ist möglich. Hierfür ist die Optimierung eine effiziente Methode. Die Anforderungen an die Verzeichnung lassen sich nochmals aufteilen in die Dynamik der Verzeichnung, die Vergenz und die absolute Verzeichnung (siehe dazu die Ausführungen in 4.3.). Die Bildschärfe wird hier durch die Ausdehnung des Spotdiagramms beschrieben. Die zu optimieren-

de Funktion wird durch eine gewichtete Quadratsumme dieser vier Kriterien für eine vorzugebende Anzahl von Bildpunkte und Augenpositionen gebildet. Als zu variierende Größen werden die Flächenparameter verwendet. Bei der B-spline-Beschreibung sind dies, wie oben dargestellt, die z-Werte der Kontrollpunkte, bei der Polynom-Darstellung die Polynomkoeffizienten. Zudem ist es wichtig, auch die Verkippung der Bildquelle frei zu geben, denn bei verkipperten optischen Systemen ist bei einer Bildebene senkrecht zum Basistrahl die Objektebene dazu geneigt. Diese Neigung lässt sich nur näherungsweise analytisch ermitteln [5]. Eventuell werden noch Randbedingungen, wie zum Beispiel Maximal- und Minimalwerte für die Variablen angegeben. Für die eigentliche Optimierung werden Standardalgorithmen für solche Least-Square-Optimierungen, hier aus der MATLAB®-Optimierungs-Toolbox verwendet. Das Ergebnis einer solchen Optimierung ist in Abb. 7 dargestellt. Wie dort im Vergleich zum



**Abb. 7:** Virtuelle Bildpunkte nach der Optimierung. Details dazu siehe Abb. 5 und im Text.

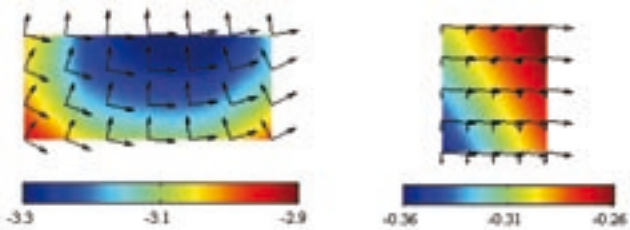
Startsystem aus Abb. 5 zu sehen ist, hat sich das Ergebnis deutlich verbessert. Insbesondere die Verzeichnung konnte erheblich verringert werden. Bei näherer Betrachtung des Verhaltens eines einzigen Bildpunktes (Abb. 8) wird die Verbesserung hinsichtlich der Dynamik der Verzeichnung (Länge der Pfeile) und der Vergenz (Differenz zwischen korrespondierenden Farben) deutlich. Die Ausdehnung der Bildpunkte liegt im Bereich unter einer Winkelminute und ist damit unkritisch. In Abb. 7 ist auch zu sehen, dass ein nicht zu vernachlässigender Verzeichnungsfehler, der einen parabelförmigen Verlauf über der Horizontalen zeigt, verbleibt. Dieser Restfehler lässt sich mit nur einem Abbildungsspiegel nicht weiter reduzieren und muss deshalb durch eine Vorverzerrung in der Bildquelle ("image warping") ausgeglichen werden.



**Abb. 8:** Details für einen einzelnen virtuellen Bildpunkt aus Abb. 7.



Nach einer Optimierung ist eine Toleranzuntersuchung des entstandenen Designs notwendig, auf die hier jedoch nicht näher eingegangen werden soll. Des Weiteren ist eine Analyse der Flächenform des Spiegels hilfreich, um zum Beispiel etwaige starke Krümmungsänderungen aufzuspüren. Oft wird solche eine Krümmungsanalyse bereits in CAD-Systemen durchgeführt. Dabei ist eine Konvertierung der Flächendaten notwendig. Unter Umständen werden dann bei der Analyse Effekte, die durch diese Konvertierung entstanden sind, sichtbar, deren Herkunft ist aber nicht offensichtlich. Bereits an dieser Stelle ist also eine Flächenbeschreibung mit B-splines sehr empfehlenswert. In Abb. 9 ist der Verlauf der mittleren Krümmung in Dioptrien über die Spiegelfläche dargestellt. Zudem sind die beiden Hauptkrümmungsrichtungen durch Pfeile an ausgewählten Punkten der Fläche gezeichnet. Die Länge der Pfeile ist proportional zur entsprechenden Hauptkrümmung. In diesem Fall wurde die Analyse direkt im Optik-Design-Programm, in diesem Fall eine Lösung auf der Basis von MATLAB®, durchgeführt, womit Konvertierungsfehler ausgeschlossen sind.



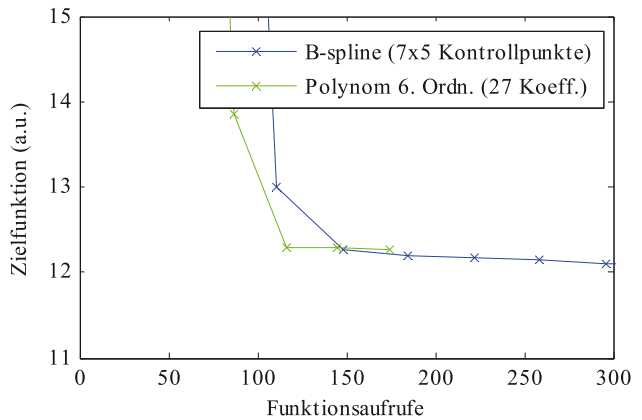
**Abb. 9:** Links: Abbildungsspiegel (152mm x 64mm) mit farbigem Verlauf der mittleren Krümmung in dpt sowie den Hauptkrümmungsrichtungen. Rechts: Relevanter, im Vergleich zum Abbildungsspiegel verkleinerter Ausschnitt aus der Windschutzscheibe (160mm x 193mm) mit analogem Inhalt.

Hinsichtlich Handhabung ergeben sich also eindeutig Vorteile für die B-spline-Beschreibung. Von Interesse ist nun, ob auch die Qualität des Optik-Designs mit dieser Flächenbeschreibung akzeptabel ist. Dazu ist in Abb. 10 ein Vergleich der Ergebnisse der Optimierung für beide Flächenbeschreibungen dargestellt. Bei der dabei verwendeten Zielfunktion handelt es sich um die oben beschriebene Kombination verschiedener Verzeichnungen und der Unschärfe der Bildpunkte bei 9x5 Bildpunkten und 9x3 Augenpositionen. Zur Berechnung der Zielfunktion mittels eines Funktionsaufrufs ist eine 'gezielte' Strahldurchrechnung erforderlich, damit auch die gewünschte Strahlposition in der Eye-box erreicht wird. Verglichen wurden in diesem Fall eine B-spline-Beschreibung mit 35 Kontrollpunkten mit einer Polynombeschreibung 6. Ordnung ohne Konstantanteil, was jeweils inkl. der Verkippung der Bildquelle 36 bzw. 28 Variable ergibt. Die Iterationsschritte sind in der Darstellung durch Kreuze gekennzeichnet, wobei aus Darstellungsgründen die ersten beiden Iterationen nicht gezeigt sind. Beide Optimierungen erreichen bereits nach vier Iterationen einen Wert nahe dem Endwert der Zielfunktion. Die Konvergenz mit der Polynombeschreibung ist etwas schneller, jedoch erreicht die B-spline-Beschreibung einen leicht besseren Wert der Zielfunktion. Ein Funktionsaufruf bei der B-spline-Beschreibung ist um ca. 40% langsamer als mit der Polynombeschreibung. Insgesamt kann gesagt werden, dass die B-spline-Beschreibung keine schlechteren Ergebnisse liefert.

## 8 Vergleich der Flächenbeschreibungen

Zusammengefasst ergibt sich folgender Vergleich zwischen der B-spline-Beschreibung und der Polynomdarstellung:

- Bei der Polynomdarstellung lässt sich Ort, Normalenrichtung und die Krümmung der Fläche im Nullpunkt des Koordinatensystems der Fläche (der in der Regel der Durchstoßpunkt des Basisstrahls ist) einfach durch Fixierung der entsprechenden Polynomkoeffizienten bei einer Optimierung festhalten. Dies ist bei B-spline-Flächen nicht ohne weiteres möglich. Dafür lassen sich bei B-spline-Flächen die Eckpunkte der Fläche, die bei geklemmten, äquidistanten Knoten durch die Kontrollpunkte  $\vec{P}_{1,1}, \vec{P}_{n_u,1}, \vec{P}_{n_u,n_v}, \vec{P}_{n_v,n_v}$  verlaufen, einfach festhalten.



**Abb. 10:** Vergleich der Konvergenz bei der Optimierung mit B-spline-Beschreibung und mit Polynom-Beschreibung.

- Obere und untere Schranken lassen sich für B-spline-Flächen einfach vorgeben und sind einfach interpretierbar, da es sich direkt um die Koordinaten der Kontrollpunkte handelt. In der Regel können für die z-Werte aller Kontrollpunkte die gleichen Schranken gewählt werden. Bei der Polynomdarstellung ist die Wahl der Schranken oft wesentlich schwieriger.
- Bei der Polynomdarstellung handelt es sich um eine globale Flächenbeschreibung. Jeder Parameter hat Einfluss auf die gesamte Flächenform. Die B-spline-Beschreibung hingegen ist lokaler Art, d.h. eine Änderung eines Parameters hat nur lokale Auswirkung.
- Die Eigenschaft der lokalen Beschreibung kann bei B-spline-Flächen dazu führen, dass größere Bereiche der Fläche, die nicht von Strahlen getroffen werden, wie z.B. Randbereiche, und deren zugehörige Kontrollpunkte nicht festgehalten werden, während der Optimierung stark deformiert werden. Das kann sich negativ auf die Berechnung des Durchstoßpunktes eines Strahls in der Nähe dieser Bereiche auswirken.
- Die Strahldurchrechnung ist bei der B-spline-Beschreibung zunächst etwas aufwändiger, da zur Berechnung des Durchstoßpunktes eine Nullstellensuche in drei Variablen (Länge des Strahls und zwei Parameter der Flächenbeschreibung) realisiert werden muss. Bei der Polynomdarstellung ist hingegen lediglich eine gesuchte Variable, die Länge des Strahls, vorhanden. Bei der iterativen Lösung dieser Berechnung sind oft Funktionswerte und die Tangentialvektoren zu berechnen.

Diese sind bei der B-spline-Berechnung in der Regel durch die lokale Beschreibung wesentlich schneller zu realisieren, da nur eine eng begrenzte Anzahl von Kontrollpunkten involviert sind. Insgesamt war bei der hier vorgestellten Anwendung und der Realisierung mit MATLAB ein Funktionsaufruf der Zielfunktion für die Optimierung mit der oben dargestellten 'gezielten' Strahldurchrechnung mit B-splines um ca. 40% langsamer als mit der Polynomdarstellung. Die eigentliche Strahldurchrechnung zum Beispiel beim Startsystem ist vergleichbar schnell.

- Die Optimierungsergebnisse mit den beiden Flächenbeschreibungen sind vergleichbar. Bei einer etwas höheren Variablenanzahl liefern B-spline Flächen leicht bessere Ergebnisse. -Der Datenaustausch mit B-Spline Flächen ist wesentlich unkomplizierter.

Zusammengefasst kann gesagt werden, dass für die hier vorgestellte Anwendung die Flächenbeschreibung mit CAD-kompatiblen B-splines der bessere Ansatz ist.

## 9 Demonstrator

Neben Optik-Designs für Head-up Displays im Automobilbereich wurde auch ein Design für einen Demonstrator entwickelt, das von Studenten der Hochschule Heilbronn realisiert wurde. Aus Praktikabilitätsgründen wurde dafür eine plane Windschutzscheibe verwendet. Der Abbildungsspiegel wurde auf einer hochschuleigenen Präzisionsfräsmaschine mittels Diamantbearbeitung einer geeigneten Aluminiumlegierung hergestellt. Dafür wurde ein Postprozessor programmiert, der die Flächendaten des Optik-Designs direkt in NC-Befehle wandelt. In diesem Postprozessor wurde ausgenutzt, dass die vorhandene Heidenhain-Steuerung Spline-Befehle unterstützt, was den notwendigen

Befehlssatz wesentlich gegenüber einer punkweisen Rasterung reduziert. Die Bearbeitung dauert jedoch wegen des geringen Bahnabstandes von ungefähr 50µm mehrere Stunden. Eine Nachbearbeitung der Oberfläche ist nicht nötig. Der Strahlengang wurde mittels eines Planspiegels gefaltet. Für die Hinterleuchtung der Bildquelle wurde eine einfache Lösung mit einer LED-Matrix gewählt. Der Demonstrator, der in Abb. 11 dargestellt ist, dient zu Anschauungszwecken und zur Untersuchung der Mensch-Maschine-Interaktion. Dazu wurde der Demonstrator in den Fahrsimulator der Hochschule (Prof. Dr. A. Meroth) integriert.

## 10 Literatur

- [1] Protokoll und Anwenderberichte zum Thema Freiformflächen, 4. gemeinsames Treffens der Fachgruppe Optik-Design von bayern photonics und der Arbeitsgemeinschaft Optik-Design und Simulation von Photonics BW am 19. Oktober 2006 in Ulm.
- [2] Kloke, W. B., Jaschinski, W., Rinke, G., Beidäugige Blickbewegungen an Headup-Displays, 53. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft, pp 383-387, 2007
- [3] Bupp, H., Reichart, G., Braucht man HUD's im Kraftfahrzeug? Ergebnisse einer Literaturrecherche und eigener Versuche, VDI-Berichte 948, Seite 101-125, 1992
- [4] Greco, V., Giusfredi, G., Reflection and refraction of narrow Gaussian beams with general astigmatism at tilted optical surfaces: a derivation toward lens design, Applied Optics, vol 46, no 4, 2007
- [5] Ott, P., Imaging with tilted surfaces: an efficient matrix method for the generalized Scheimpflug condition and its application to rotationally symmetric triangulation, J. Opt. Soc. Am. A, vol 22, no 6, pp. 1077-1085, 2005
- [6] Piegl, L., Tiller, W., The NURBS Book, 2. ed., Springer-Verlag, Berlin, 1997

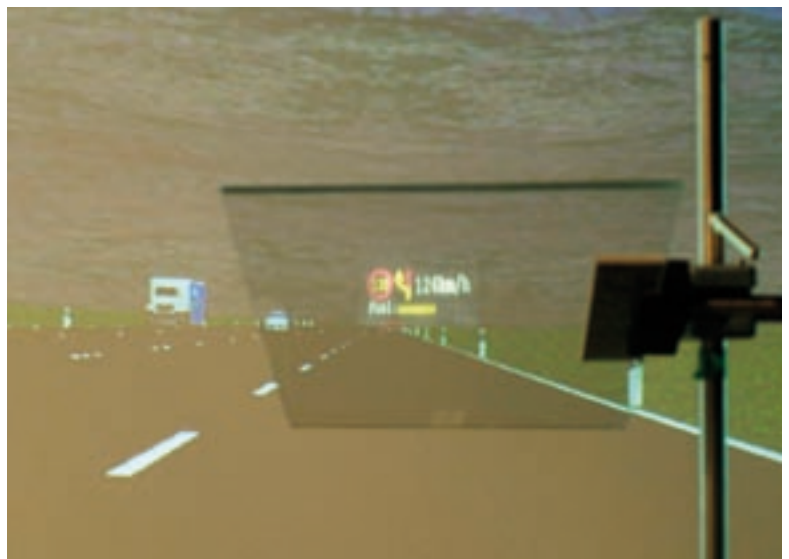
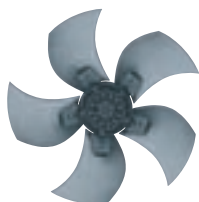


Abb. 11: HUD-Demonstrator der Hochschule Heilbronn mit diamantgefrästem Abbildungsspiegel sowie dessen Integration in den Fahrsimulator

Ein paar Anregungen,  
wo Sie unsere Produkte finden.

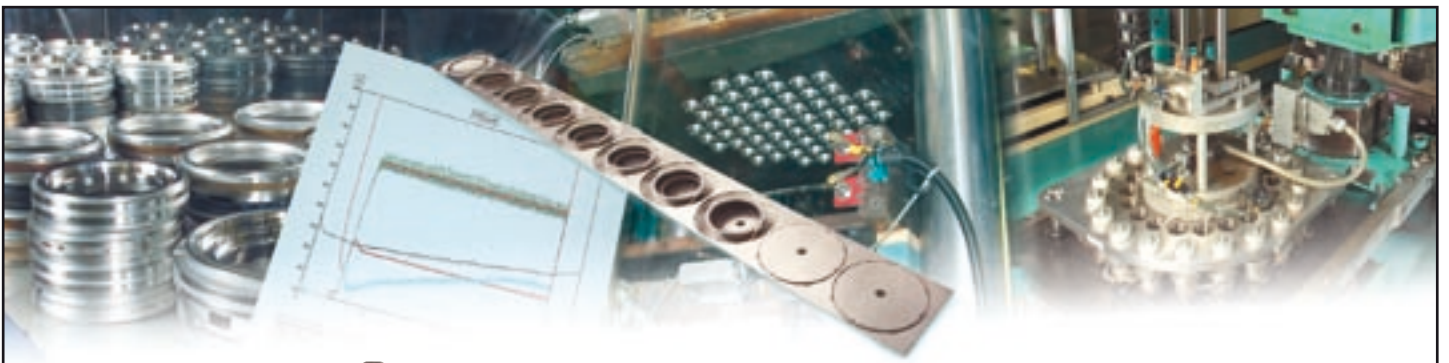


In insgesamt 57 Ländern – rund um den Globus – setzt man heute auf Innovation und Qualität made by ebm-papst. Und damit auf Ventilatoren und Antriebe, die immer sparsamer mit Energie umgehen. Die kaum mehr zu hören sind. Und die in den unterschiedlichsten Branchen und Anwendungen, ob Haushaltsgeräten, Fahrzeugen, Klimaanlage oder Servern, immer wieder neue Maßstäbe setzen. Das alles – und dazu das breiteste Produktprogramm in der Luft- und Antriebstechnik – hat uns zu dem gemacht, was wir heute sind: ein Global Player, dessen Produkte Sie beinahe überall finden. [www.ebmpapst.com](http://www.ebmpapst.com)



Die Wahl der Ingenieure





## RADIA®- Dichtsysteme

Unser Ziel ist klar definiert: Präzision. Dies zeigt sich in allem was wir tun. Wichtig ist uns eine komplette Prozesskette in eigener Regie und Verantwortung. Von einer umfassenden Produktentwicklung, eigenem Werkzeug- und Vorrichtungsbau, modernster Fertigungsschritte inklusive der Herstellung Elastomer-Mischungen, Vulkanisationen bis zur automatisierten Endprüfung.

**KACO** Verantwortung schafft Vorsprung  
Sabö-Group

**KACO GmbH + Co. KG Dichtungswerke**

Rosenbergstraße 22 • 74072 Heilbronn /Germany  
Tel.: +49 (0)7131/636-334 • Fax +49 (0)7131/636-413  
info@kaco.de • www.kaco.eu

**bertrandt**

Entwickeln Sie mit: Die Bertrandt AG ist Partner der Automobil- und Luftfahrtindustrie. Von der Idee bis zur Serienreife entwickeln rund 5.000 Mitarbeiter bei Bertrandt Lösungen für Karosserie, Innenraum, Fahrwerk, Elektrik und Elektronik, Motor und Aggregate.



Sie wollen entwickeln, Ihre Ideen in spannenden Projekten mit einbringen und gemeinsam im Team erfolgreich umsetzen? Bei uns können Sie Ihre Leidenschaft fürs Automobil einbringen und in eine Welt voller Visionen einsteigen. Zum Ausbau und zur Erweiterung unseres Standorts in Neckarsulm suchen wir ständig engagierte Mitarbeiter m/w in den Bereichen:

- Entwicklung/Konstruktion
- Elektrik/Elektronik
- Berechnung/Simulation
- Versuch
- Entwicklung Antrieb
- Entwicklungsbegleitende Dienstleistung

Zudem bieten wir motivierten Studenten gerne die Möglichkeit über Praktikum bzw. Abschlussarbeit erste Einblicke in die Automobilentwicklung zu nehmen.

Mehr über Bertrandt und unsere offenen Stellen finden Sie unter [www.bertrandt.com](http://www.bertrandt.com) Wir freuen uns auf Ihre Bewerbung. Haben Sie noch Fragen? Dann sprechen Sie mit Petra Lunzer +49 7132 386-132, [career@bertrandt.com](mailto:career@bertrandt.com)  
Bertrandt Ingenieurbüro GmbH, Friedrich-Gauss-Straße 5, 74172 Neckarsulm

# Advanced Piston Cooling Efficiency: A Comparison of Different New Gallery Cooling Concepts

Norman Thiel, Hans-Joachim Weimar, Hartmut Kamp and Prof. Herbert Windisch

Copyright © 2007 SAE International  
erstmals veröffentlicht in SAE Paper World Congress 2007

## Abstract

This paper shows results of an experimental study based on a passenger car diesel engine: The piston temperature reduction potential of advanced gallery cooling concepts compared to the standard gallery cooling solution has been investigated. Therefore, different piston cooling concepts featuring one or two oil nozzles per cylinder and combined with compatibly designed cooling galleries have been tested. The influence of the parameters cooling gallery shape and oil nozzle configuration relative to the piston on the piston temperature has been analyzed. The use of suitably adapted advanced piston cooling concepts results in significant improvement of cooling efficiency compared to the established gallery cooling solution.

## Introduction

Improved engine performance, better fuel efficiency and low exhaust emissions in accordance to increasingly demanding emission regulations are features of successful new combustion engine developments. The application of appropriate diesel engine technologies such as high pressure fuel injection and higher boosted turbo-charging leads to increasing peak cylinder pressures and specific power ratings that go along with increasing mechanical and thermal loads and rising maximum component temperatures – all engine parts with direct contact to hot combustion gases are especially affected and one of the maximum loaded components is the piston. Increasing maximum temperatures lead to higher thermal stress values, degradation of material properties particularly of aluminum pistons and deterioration of lubricant quality. Possible consequences may be thermal deformation and distortion of the piston, lubricant coking, excessive wear, carbon and debris deposition, ring sticking and microwelding up to scuffing or piston cracking. To prevent failures and to ensure the required durability and reliability of pistons and engine, maximum piston temperatures have to be securely controlled below certain permissibility limits. That means a very effective thermal management of the piston is necessary. Today gallery cooling, i.e. injection of engine oil into a ring shaped, cast-in cavity within the piston, is the primarily used cooling strategy for high loaded aluminum diesel pistons. The established configuration shows one upright or slightly inclined, block fixed oil spray nozzle per cylinder. Since cooling demands for state-of-the-art diesel engines are constantly rising, this cooling concept may reach its performance limits in the near future. Challenged by the task to securely control increasing thermal and mechanical piston loads,



**Prof. Dipl.-Ing. Herbert Windisch**

lehrt im Studiengang Maschinenbau  
Thermodynamik und Verbrennungsmaschinen

the question comes up: Which measures can be taken to improve the efficiency of a piston cooling concept in case a reduction of the oil temperature level itself is out of question? Is it possible to improve the cooling efficiency via suitable cooling gallery geometry or by use of more than one oil nozzle per cylinder combined with a compatibly designed cooling gallery? This paper shows results of an experimental study based on a passenger car diesel engine: The piston temperature reduction potential of different alternative gallery cooling concepts versus the conventional series solution is verified and illustrated. Today about 80% of the world wide market volume of diesel pistons for passenger cars and trucks have gallery cooling in addition to gasoline pistons with very high thermal loads. The potential of an improved cooling concept could be beneficial for the majority of engines that are using pistons with conventional gallery cooling today.

## Piston Cooling

Increasing specific power ratings and peak cylinder pressures of combustion engines are a constant trend year by year, as depicted in Fig. 1, 2 and 3. High specific power and peak cylinder pressure go along with high thermal and mechanical load of the engine and are therefore leading to high piston temperatures. This fact is illustrated in Fig. 4 for different types of passenger car diesel engines. In case of aluminum pistons long term operation with bowl rim temperatures over 380°C can cause local degradation of material properties ending up with bowl rim cracks or other severe piston failures.

Prolonged operation with top groove temperatures higher than 280°C can induce excessive carbon built-up causing impaired piston ring movement or ring sticking followed by high blow-by values resulting in further temperature increase and distortion of the piston leading to excessive wear and in the end a major piston failure. Piston temperatures especially in critical locations, such as bowl rim, top groove and pin boss, have to be controlled, i.e. held below permissibility limits to ensure a proper engine function.

Heat transfer via piston rings, ring belt and skirts to the liner and from the piston undercrown surface to the oil mist in the crankcase takes place even without special measures [5]. More intense piston cooling can be obtained if necessary by tapping into the

lubricant circuit and feeding directly to the piston (spray cooling). An appropriate design with respect to the complexity of installation should be selected for the required cooling performance of a specific engine. The simplest method involves the use of an oil drilling aimed at the piston interior in the connecting rod big-end, or if the connecting rod has a through drilling, in the small-end – the first strategy is applied in some minor loaded passenger car gasoline engines whereas the second is used in few large bore piston applications. This supplies an intermittent oil spray, which swings in the connecting rod angulation. However, only a limited amount of oil is available for the piston cooling due to the connecting rod bearing requirement and the inertia forces operation on the oil. A fixed jet, which can be fed directly from the oil pump via the main oil gallery integrated in the block and directed at the piston undercrown, is a more reliable and effective cooling method. Further piston cooling strategies have been proposed [2, 3].

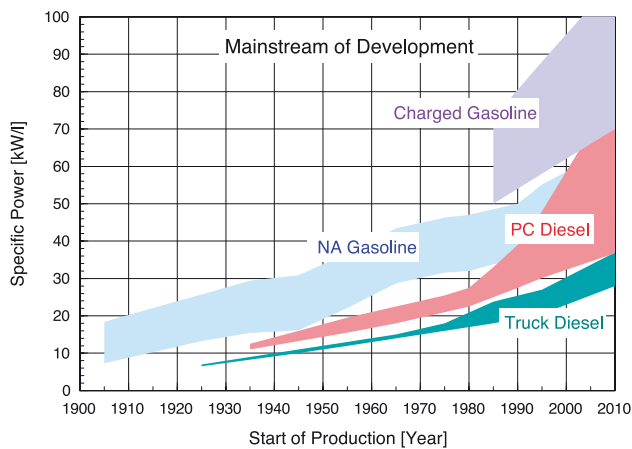


Fig. 1: Performance Development - Combustion Engines

The required cooling capacity is dependent on both the cylinder specific power output of the engine and the piston size. In case of geometrical scaling of a piston, its surface is increasing to the power of 2 whereas its volume is increasing to the power of 3. That means a bigger piston needs more cooling oil, because its volume specific surface is smaller. The oil spray can be slightly divergent or diffused and is often inclined to the cylinder axis, so that a larger region of the piston interior is targeted over the stroke [5].

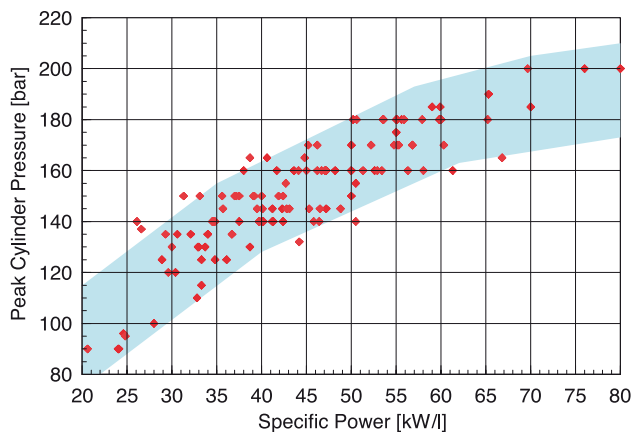


Fig. 2: PCP vs. Specific Power – PC Diesel Engines

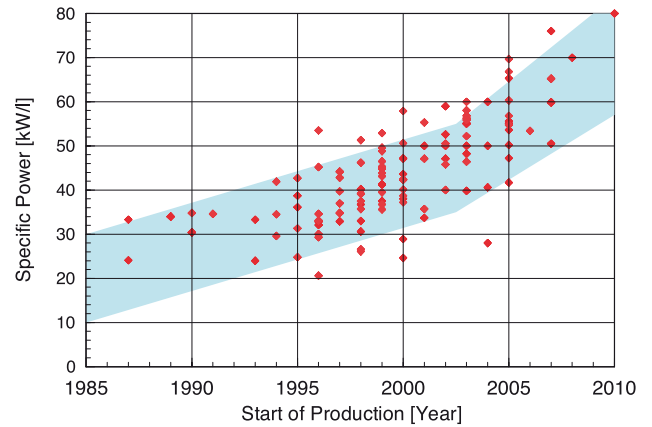


Fig. 3: Specific Power vs. SOP – PC Diesel Engines

Nevertheless, the spray cooling by oil impingement to the piston undercrown area reaches its application limits for pistons with higher thermal loadings because of two main reasons: The undercrown surface, that is reached and wetted by the oil spray is only small in comparison to the cylinder bore area and the distances from the undercrown surface to the temperature critical zones such as bowl rim and top groove are comparatively big. The most effective cooling is achieved by cooling gallery pistons because a much bigger part of the piston surface (gallery plus undercrown surface) is coming into direct contact with cooling oil and short heat flow paths from temperature critical piston zones to the gallery surface are characteristic. In this case the cooling oil is also injected from a fixed jet through an entry hole into a typically ring-shaped cooling gallery. Drainage is provided by one or more holes in the piston interior, which are typically located approximately opposite to the entry hole. The cooling oil flow and the dimensioning of the oil entry, cooling gallery and drain are matched to one another so that the oil filling ratio of the gallery is ranging within appropriate limits for efficient cooling. The high relative velocity results in a turbulent flow condition with high heat transfer coefficients. In this way, the cooling gallery is able to reject more heat than would be achieved by completely filling the gallery. A lower lubricant injection flow rate is therefore sufficient. Different CFD based models for the calculation of heat transfer coefficients and prediction of piston temperatures have been introduced [1, 4, 7]. Unlike internal spray cooling, adequate oil supply to the cooling gallery places particular requirements on the function of the injection nozzle. In order to achieve a reasonable capture efficiency (ratio of caught to injected oil quantity), the oil spray must be narrowly bundled and precisely directed at the gallery entry hole. The oil inertia combined with the piston acceleration over the stroke causes intensive oil movement around the gallery, which constitutes the so-called shaker effect. In addition, realizing a big positive speed difference between oil jet speed and momentary piston velocity leads to good capture efficiency and heat rejection. A suitable nozzle design together with the correct design of the cooling gallery piston ensures a capture of at least 80% [5]. Besides, a combination of gallery and undercrown cooling (the so-called combination cooling), realized through slightly inclined oil nozzles, is frequently utilized in passenger car and truck diesel engine applications.



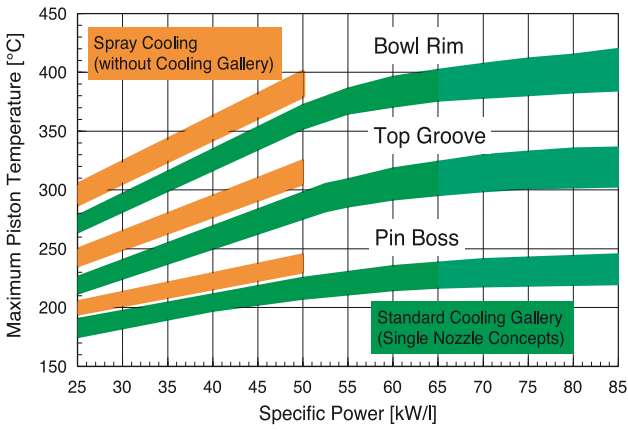


Fig. 4: Temperatures of PC Diesel Pistons

It is possible to further enhance thermal efficiency of gallery cooling by using piston concepts with two cooling nozzles per cylinder and / or using improved cooling gallery shapes. Introduction of these concepts and documentation of test results is subject of this paper. – The following paragraph describes test equipment and measurement methods.

**Test Equipment**

**Test Bench Setup**

For the investigations, it is necessary to vary and control oil temperature, oil pressure and oil flow rate independent from engine load and speed. Therefore, a test configuration with a test bench for combustion engines, equipped with an eddy current brake for engine speed and load control, and an additional external oil supply system have been set up. The internal oil pressure limiter valve of the original combustion engine has

been modified by blocking the control valve in position closed. This measure makes an external oil pressure limiter necessary: The electronically controlled limiter valve is integrated in the test bench controller which is programmed in LabView. The complete internal and external oil circuit of the engine is shown in Fig. 5. To increase the oil pressure for a variation of oil flow rates, it is necessary to press additional oil into the engine. This oil is delivered by an external oil supply system which includes a tank, an electric oil pump with variable speed and an own heating respectively cooling system. In maximum, this oil supply unit can deliver 40 l/min on a pressure level of 8 bar and 150°C. The coexistence of two oil pumps makes it necessary that the two reservoirs can exchange oil. The internal oil pump gets its oil from the oil pan of the engine. Therefore, an overflow pipe is integrated in the oil pan that allows the original minimum level of oil in the oil pan and an oil transfer to the external reservoir. Two electronically supplied shut off valves ( $V_1, V_2$ ) allow switching on the external supply rail or a blockage of flow back when the internal oil pump is used only. With two cooling nozzles in operation it is possible to vary oil pressure in a range from 2 bar to 5 bar in main gallery and external gallery. The oil in both galleries was kept on the same temperature and pressure level. An additional oil cooler is necessary for realization of an oil temperature variation in both galleries in a range between 80°C and 130°C at 4200 rpm and maximum load. To heat up the oil on a higher level than it leaves the internal oil circuit, it is mixed with warmer oil from the external oil supply, generated by a 3 kW electric heater. With this test setup, it is guaranteed to keep the oil pressure and the oil temperature always on the same level as it was measured under reference conditions, even when more or less heat was transferred to the oil with different piston designs and configurations of oil cooling nozzles.

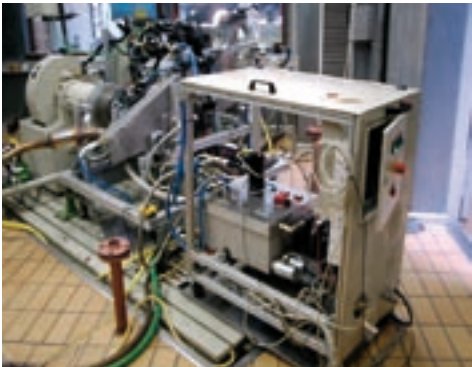
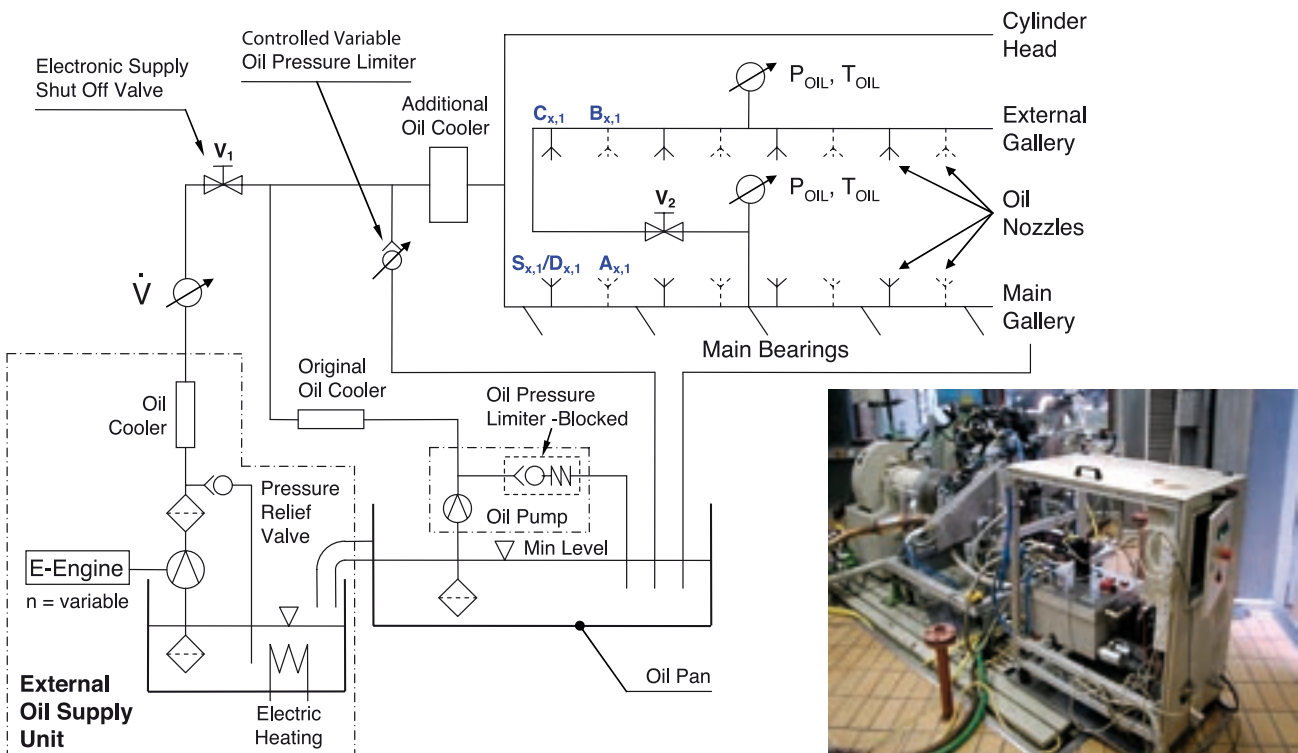


Fig. 5: Test Bench Setup – Oil Circuit

## Piston Temperature Measurement

Two proven methods are available for contactless measurement of piston temperatures: The multi-channel sensor telemetry with FM data transfer and the negative temperature coefficient thermistor (NTC) measurement technique with inductive data transfer. Advantages of the sensor telemetry are: Thermocouples can be used as temperature sensors, the measurement accuracy of the complete system is very good, and the preparation of the test engine is less complex, because engine block modifications are typically not necessary. Disadvantages are: The application of suitable transmitter units for the test engine's small-sized pistons is not easy to realize and the total input for the planned temperature measurement in all four pistons with maximum 12 measurement points is comparatively high. Thus, the well-known NTC measurement technique represents the best compromise between total complexity and output concerning the required measurement accuracy and the objects of this test plan and has therefore been chosen. The following paragraph describes the application of NTC and the function of the NTC measurement system.

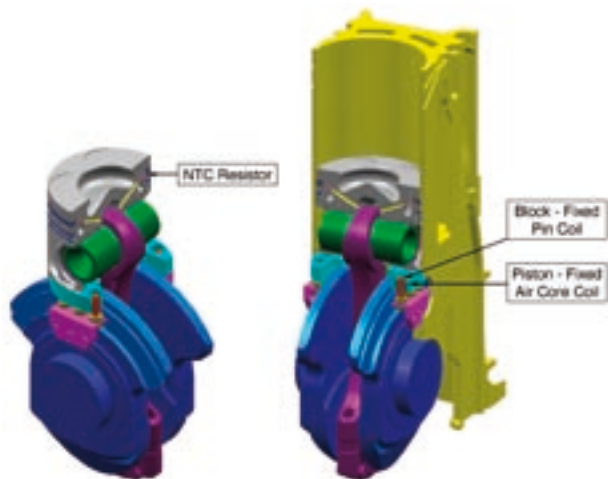


Fig. 6: Engine Preparation for Piston Temperature Measurement

A NTC is a semiconductor component whose electric resistance declines with increasing component temperature. Suitable NTCs are applied to the pistons by cementing them into prepared small drill holes with highly temperature resistant adhesive. This arrangement brings the tips of the resistors into intimate contact with the piston material. The two lead wires of the NTCs are passed along the piston undercrown surface and are connected with a piston-fixed air-core coil. The contactless transmission of measured data is then brought about by coupling this coil with a block-fixed pinshaped coil which enters the reciprocating air-core coil of the piston at BDC (see Fig. 6). The high-frequency carrier voltage of a measuring transmitter is connected with the pin-shaped fixed coil. A more or less pronounced attenuation depending on the temperature is produced upon coil coupling by the NTC resistor [6]. The attenuation effect on the pin-shaped coil changes the power input of the coil as follows: With increasing piston temperature, the resistance value of the NTC is reduced, i.e. the attenuation of the pin coil is rising and the resulting equivalent voltage signal is increasing accordingly.

This measuring pulse is received, rectified and transmitted to a PC via interface for further processing by use of appropriate software (see Fig. 7). Calibration curves of the used NTC resistors and the measurement device (incl. preparation of the respective test engine) are required data for correct evaluation of piston temperatures and must be entered prior to start of measurement.

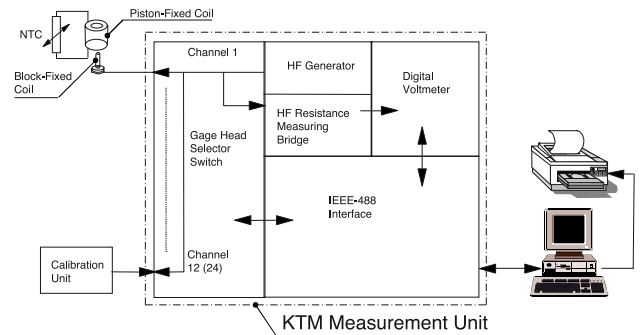


Fig. 7: Block Diagram-Piston Temperature Measurement

A gage head selector switch is realizing the intermittent measurement of the voltage signals of all channels. The software is allocating the respective piston temperatures to the transmitted voltage values, displays the temperature values on the screen and saves data for further processing and documentation.

## Test Programme and Test Engine

### Test Programme

Subject of this paper is the comparison of different piston cooling concepts: The influence of the parameters cooling gallery geometry, cooling nozzle geometry and number of nozzles per cylinder on the piston temperature of a passenger car diesel engine has to be quantified.

Therefore, piston temperature measurements have been executed with four different cooling configurations (see Fig. 14). An evaluation of the cooling efficiency of each configuration has been realized through comparison of piston temperature results at the two full load test conditions 103 kW at 4200 rpm and 88 kW at 2800 rpm.

### Test Engine

Test engine for this project is a state-of-the-art 2.0l-14-4V passenger car diesel engine with 103 kW rated power at 4200 rpm. The table in Fig. 8 provides information about main technical data and dimensions.

Designation	Dim.	Value
Combustion Volume	[dm <sup>3</sup> ]	1.991
Number of Cylinders	[-]	4
Cylinder Configuration	[-]	In-Line
Number of Valves per Cylinder	[-]	4
Bore	[mm]	83
Stroke	[mm]	92
Connecting Rod Length	[mm]	147.85

Fuel Type	[-]	Diesel
Fuel-Mixture Generation	[-]	Direct Injection
Rated Power	[kW]	103
Rated Speed	[min <sup>-1</sup> ]	4200
Power per Combustion Volume	[kW/dm <sup>3</sup> ]	51.7
Power per Piston Area	[kW/dm <sup>2</sup> ]	47.6
Peak Cylinder Pressure	[MPa]	18.0

Fig. 8: Test Engine – Main Technical Data, Dimensions



Fig. 9: Modified Cylinder Block – Test Engine

For realisation of different piston cooling variants the engine block of the test engine has been modified, so that four flange positions per cylinder are available for mounting of exchangeable cooling jets. One or two of these flange positions are used by the realized cooling concepts. Fig. 9 shows this modified engine block in different views.

**Piston Variants**

Three piston types with different cooling relevant designs, i.e. different cooling galleries are tested in this project. Piston 1 is shown in Fig. 10.



Fig. 10: Piston 1 (Gallery w/ Variable Cross Sections)



Fig.11: Piston 2 (Gallery with Stepped Chamber Segments, DynamiKS™)



Fig. 12: Piston 3 (with Dual Arm Cooling Gallery)

It is equipped with a cooling gallery with variable cross sections over the circumference, built by sliding transitions between two cross sections with different height in skirt and pin direction of the piston. The cooling gallery design represents an optimized adaptation to the stress situation of this diesel piston. Piston 2 is featuring a cooling gallery with stepped chamber segments on top and bottom side, see Fig. 11. This design uses the dynamics of the piston primary movement for realization of an increased cooling oil flow through the cooling gallery: During piston oscillation, the special gallery shape imposes a velocity component in tangential direction to the oil. The relative cooling gallery surface of piston 2 in comparison to the reference piston is 93%. The relative cooling gallery volume is 95%.

Piston 3 shows a cooling gallery with two gallery arms of same size (circumferential extension is about 150°), each with an oil inlet and an oil outlet (see Fig. 12). Oil inlets (and outlets) are positioned on opposite sides, i.e. entrance areas for cool oil are 180° apart of each other. The relative cooling gallery surface of piston 3 in comparison to the reference piston is 96%. The relative cooling gallery volume is 94%.

**Cooling Jets**

Layout and manufacturing of the cooling oil jets used in this test program has been realized in cooperation with an oil jet supplier.



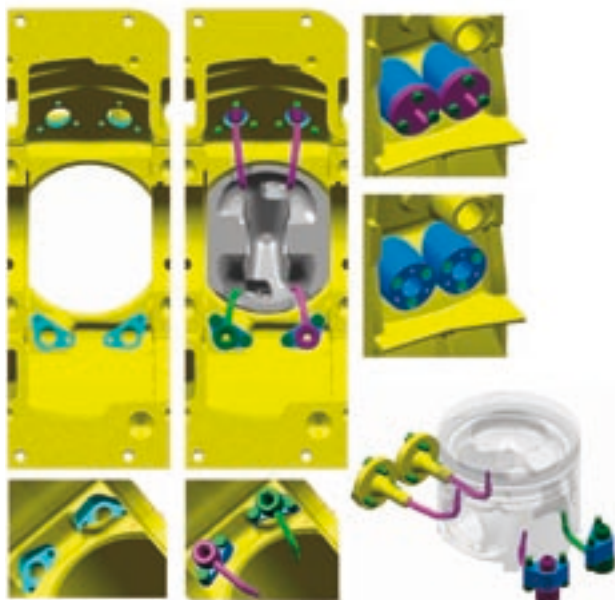


Fig. 13: Cylinder Block Segment #3 and Cooling Nozzles

In total 6 different jet types have been used – all of these oil jets have an inclined spray direction versus the cylinder axes. Hereof 5 oil jets are located on engine thrust side with exchangeable flanges and are supplied with cooling oil via transversal drill holes into the main oil gallery of the engine block. The remaining cooling oil jet is inserted from outside through bores in the side walls of the engine block anti-thrust side. Fig. 14 shows an overview of used cooling nozzle types and their allocation to the tested engine configurations. Cooling oil jets S1 in the series production engine are force fitted with their cylindrical base flanges in oil supply holes of the engine block.

To make these series oil nozzles exchangeable, additional flanges have been adapted to the base flanges by force fitting. Thus series jets can also be mounted in the modified engine block in their original position, i.e. with same oil exiting point and

oil jet inclination. All other internally supplied alternative cooling nozzles are equipped with an exchange flange and are mounted in an analog way, too. Fig. 13 shows a 3D model of a reworked cylinder block segment once with piston plus four nozzles and once without piston and nozzles. The four flange positions for cooling nozzles per cylinder make the realization of a big number of cooling configurations possible – only through selection and allocation of suitable cooling nozzle positions. It is of course not necessarily reasonable (but here possible) to use up to four oil nozzles for the cooling of one piston.

*Layout of Piston Cooling Configurations*

Different piston cooling configurations have been laid out and tested via piston temperature measurement. The already described reference piston 1 and the two alternative pistons 2 and 3 with different cooling relevant designs have been tested together with varying oil jet constellations (single and double oil jet solutions) as depicted in the overview chart in Fig. 14. The following figures (15a – e) are showing bottom views of the different piston cooling configurations respectively at TDC and BDC position of the piston:

Fig. 15a depicts piston cooling configuration 1/S<sub>1</sub> (reference configuration). Piston 1 is cooled by oil nozzle S1. Cooling strategy is the so called combination cooling, i.e. gallery cooling as well as undercrown cooling are proceeding in constant alternation depending on the momentary piston position due to the orientation and inclined spray direction of the cooling nozzle. Around BDC, the nozzle injects oil directly into an oblong oil entrance hole of the cooling gallery in which the spray impingement point is located across a flow divider, which is positioned centered to the entrance hole. With increasing stroke the spray impingement point is wandering along the entrance hole over the flow divider and finally resides on the piston undercrown surface around TDC.

Oil Supply Way – Cooling Nozzle	Oil Supply via Main Oil Gallery		Oil Supply via External Oil Gallery		Cooling Gallery Feature		Engine Test Configuration							
	Thrust Side				Anti Thrust Side		Gallery Surface	Gallery Volume	Total Cooling Oil Flow per Cylinder ...					
Nozzle Location / Flange Position	Front		Rear		%	%			... at 4200 min <sup>-1</sup>		... at 2800 min <sup>-1</sup>		Piston Cooling Concept Code	
	Nozzle Group (Group = Same Geometry Except Nozzle Diameter)		S	D			A	C	l/min	l/kWh	l/min	l/kWh		
Nozzle Type	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	A	C	%	%	l/min	l/kWh	l/min	l/kWh		
Piston Type	1	x					100	100	3.5	8.2	3.1	8.5	1 / S <sub>1</sub>	
			x			x				3.5	8.2	3.1	8.5	1 / S <sub>2</sub> – A
	2			x				93	95	3.5	8.2	3.1	8.5	2 / D <sub>1</sub>
		3				x		x		96	94	3.5	8.2	3.1

Fig. 14: Cooling Nozzle Types, Cooling Gallery Features and Engine Test Configurations

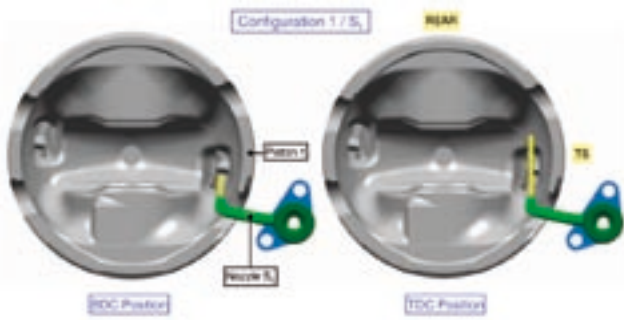


Fig. 15a: Piston Cooling Configuration 1/S<sub>1</sub>,

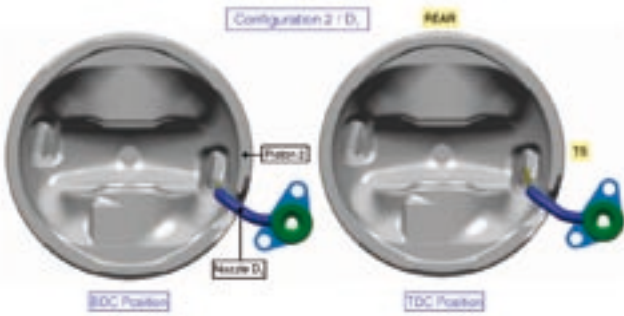


Fig. 15b: Piston Cooling Configuration 2/D<sub>1</sub>,

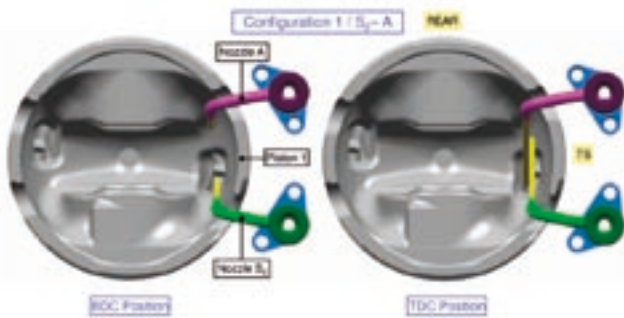


Fig. 15c: Piston Cooling Configurations 1/S<sub>2</sub>-A

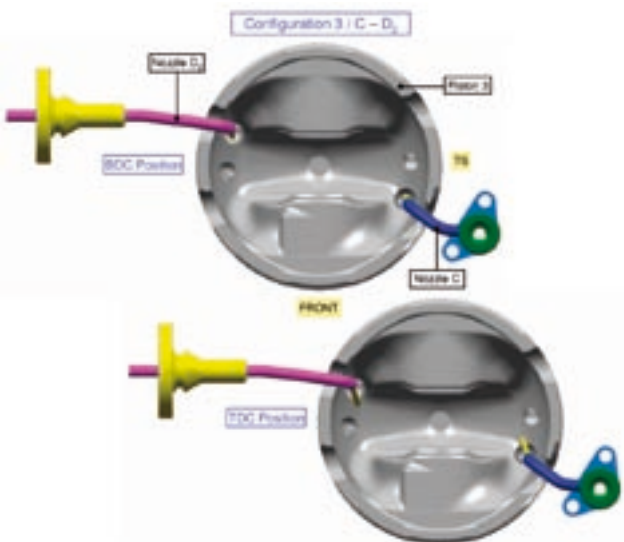


Fig. 15d: Piston Cooling Configurations 3/C-D<sub>2</sub>

Fig. 15b shows piston cooling configuration 2/D<sub>1</sub>. The cooling of piston 2 is realized with the slightly inclined oil nozzle D<sub>1</sub>. Around BDC, the nozzle injects oil directly into an oblong oil entrance hole of the cooling gallery in which the spray impingement point is located across a flow divider. With increasing stroke, the spray impingement point is wandering along the entrance hole over the flow divider. At TDC it is still completely located in the oil entrance hole. Apart from the reference concept, configuration 2/D<sub>1</sub> is the only single oil jet configuration in the test program. The required input for launching this concept in a series development is smallest of all tested alternative cooling concepts, since pistons and oil jets have to be changed only. Fig. 15c depicts the piston cooling configuration 1/S<sub>2</sub>-A. Piston 1 is cooled by two oil nozzles S<sub>2</sub> and A. Both cooling nozzles are fed with cooling oil via transversal holes in the main oil gallery. Therefore, the realization of this concept requires only small changes of the base engine cylinder block, an extensive conceptual change of the cooling oil supply strategy is not necessary. Configuration 1/S<sub>2</sub>-A is representing a dual combination cooling: The nozzles S<sub>2</sub> inject oil in the gallery entrance hole at BDC, their oil jets are targeting the undercrown surface of the piston at TDC. The nozzles A<sub>2</sub> inject oil in the gallery entrance hole at TDC and are targeting the undercrown surface of the piston in BDC. Thus, cooling oil is entering the cooling gallery in every position of the piston. Fig. 15d shows the piston cooling configuration 3/C-D<sub>2</sub>. The front side cooling gallery arm is supplied with oil via nozzle D<sub>2</sub>, the rear side gallery arm gets oil from nozzle C. Due to their small inclination angles, these cooling nozzles are targeting both gallery entrances in a wide range around BDC. Nevertheless, the oil impingement points around TDC of both cooling nozzles are located on the undercrown area (nearby the oil inlet holes) for cooling pin boss and undercrown area. The cooling nozzles D<sub>2</sub> are supplied with cooling oil via transversal holes in the crankcase main oil gallery. The nozzles C are fed with oil through an external oil gallery.

### Piston Temperature Measurement Results

Piston temperature measurements have been carried out with all described engine configurations (Fig.14). The following paragraph shows test results of the reference configuration 1/S<sub>1</sub>, whose piston temperature results at operating conditions rated full load at 4200 rpm (boxes with yellow background) and full load at 2800 rpm (boxes with white background) are shown in Fig. 16. Every piston has maximum three active measurement positions. Red arrows (and red cones) are marking bowl rim measurement locations, violet arrows show bowl center measurement locations, green arrows belong to top groove measurement positions and the blue arrow shows the pin boss measurement point.

The achieved full load temperatures are not critical. Nevertheless, a reduction of values is recommended. This is especially valid for the anti-thrust side (ATS) bowl rim temperature of piston #4 (→ 366°C at 4200 rpm) and the ATS top groove temperature of piston #1 (→ 283°C at 4200 rpm). Typically, the piston temperatures close to an oil entrance point into the cooling gallery (see thrust side (TS) piston temperatures) are lower than those piston

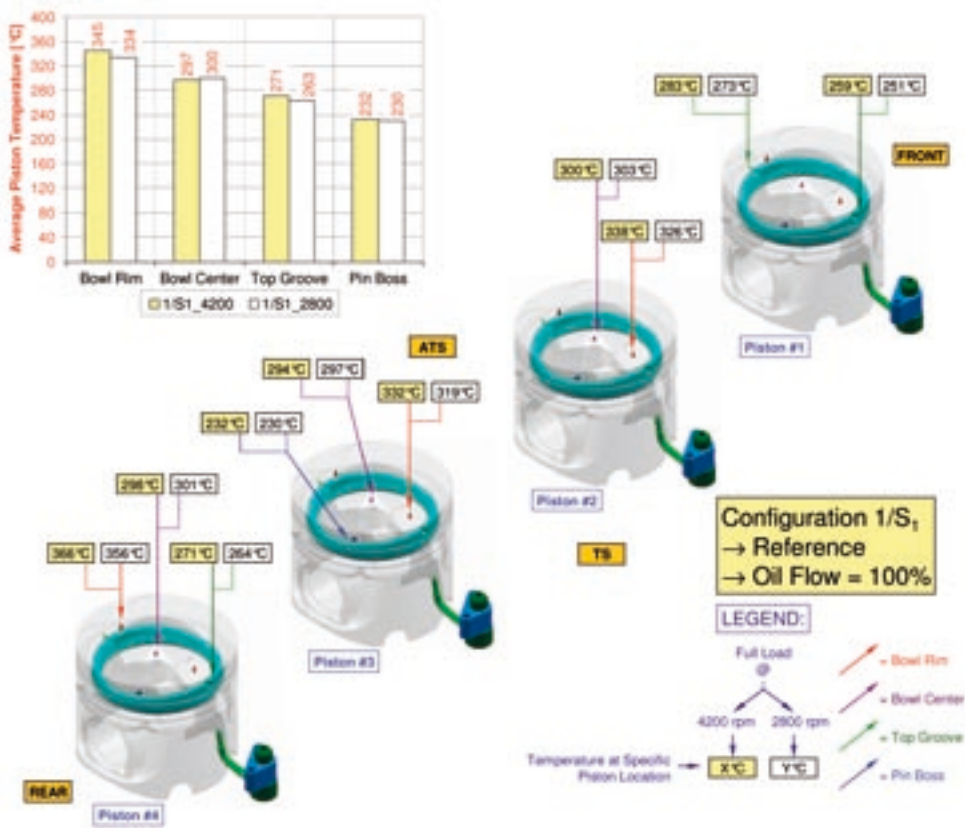


Fig. 16: Piston Temperature Measurement Results – Configuration 1/S<sub>1</sub>

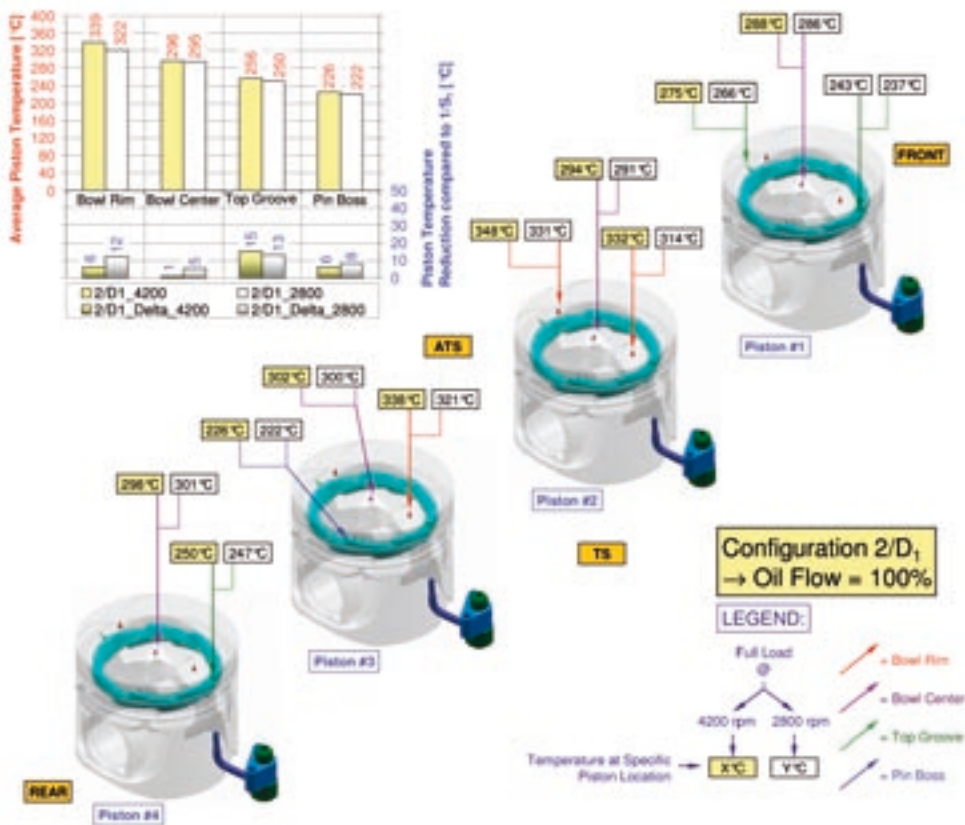


Fig. 17: Piston Temperature Measurement Results – Configuration 2/D<sub>1</sub>



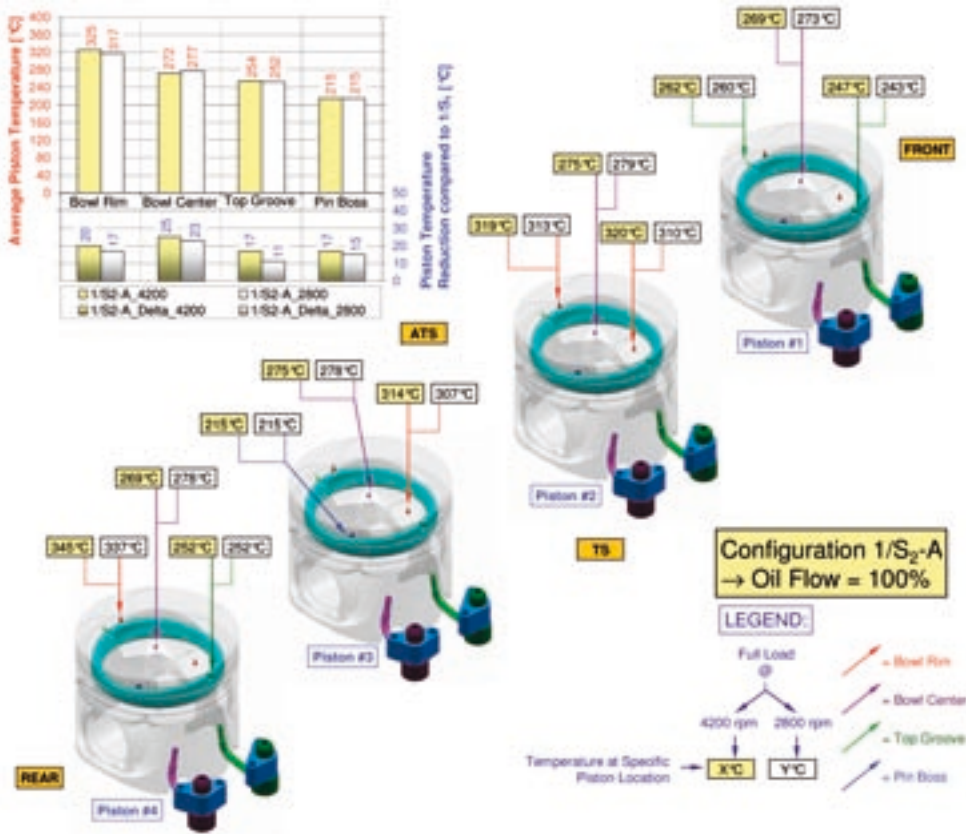


Fig. 18: Piston Temperature Measurement Results – Configuration 1/S<sub>2</sub>-A

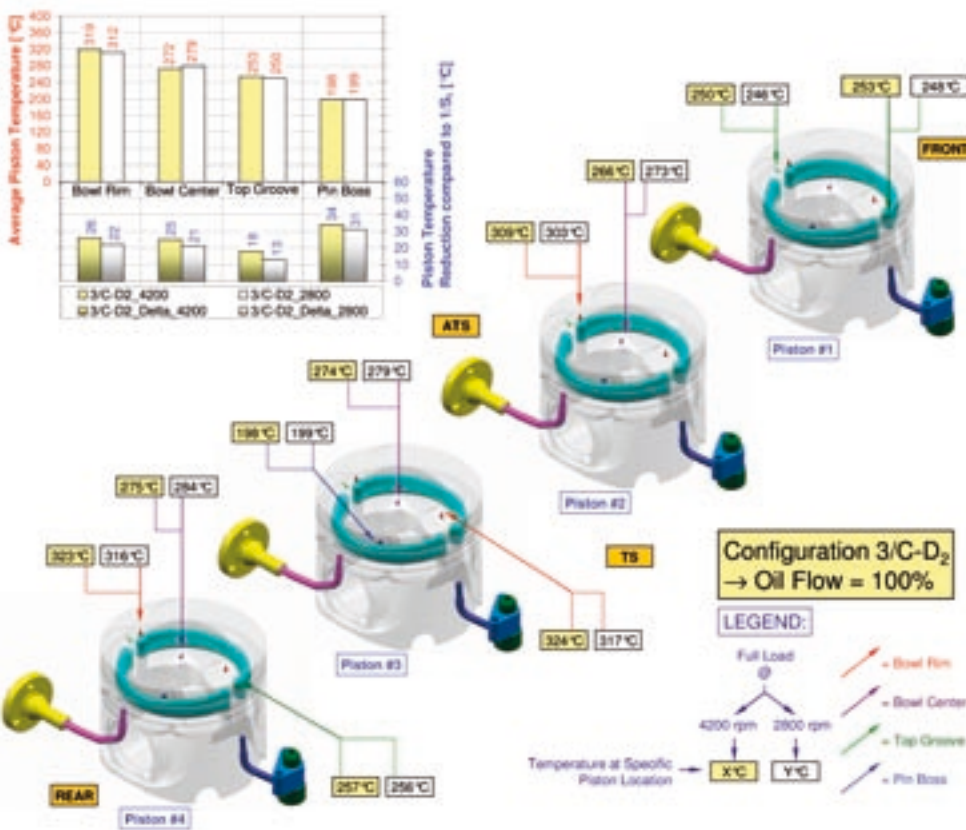


Fig. 19: Piston Temperature Measurement Results – Configuration 3/C-D<sub>2</sub>

temperatures measured on the side opposite to the oil entrance point (see anti-thrust side (ATS) piston temperatures). The resulting average temperature values at bowl rim, top groove and pin boss are shown for both test conditions full load at 4200 rpm and full load at 2800 rpm in the upper left chart of Fig. 16. The average bowl rim temperature is 345°C at full load and 4200 rpm and 334°C at full load and 2800 rpm. The average top groove temperature is 271°C at full load and 4200 rpm and 263°C at full load and 2800 rpm. The average bowl center temperature is 297°C at full load and 4200 rpm and 300°C at full load and 2800 rpm. The pin boss temperature on rear side of piston #3 is 232°C at full load and 4200 rpm and 230°C at full load and 2800 rpm.

Fig. 17 depicts piston temperature measurement results of the single nozzle concept 2/D<sub>1</sub> (pump cooling gallery). The cylinder specific cooling oil volume flow used with this configuration is the same as with reference configuration 1/S<sub>1</sub>. None of the measured temperatures is critical. Temperature reductions have been experienced in comparison to the reference configuration 1/S<sub>1</sub> at most of the measuring points. The average bowl rim temperature is 339°C at full load and 4200 rpm and 322°C at full load and 2800 rpm. This results in 6°C average bowl rim temperature reduction in comparison to reference configuration 1/S<sub>1</sub> at 4200 rpm and 12°C at 2800 rpm. The average top groove temperature is 256°C at full load and 4200 rpm and 250°C at full load and 2800 rpm. This makes 15°C average top groove temperature reduction at 4200 rpm and 13°C at 2800 rpm. The average bowl center temperature is 296°C at full load and 4200 rpm and 295°C at full load and 2800 rpm. The pin boss temperature at the rear side of piston #3 is 226°C at full load and 4200 rpm and 222°C at full load at 2800 rpm.

Fig. 18 shows piston temperature measurement results of engine configuration 1/S<sub>2</sub>-A (double combination cooling). The cylinder specific cooling oil flow of this concept is the same as with reference configuration 1/S<sub>1</sub>, i.e. both cooling nozzles S<sub>2</sub> and A together are using the same oil flow as reference cooling nozzle S<sub>1</sub>. The piston temperature results of 1/S<sub>2</sub>-A are very good, significant temperature reductions compared to configuration 1/S<sub>1</sub> have been achieved in every temperature critical zone and at every measurement location. Maximum temperatures are far below permissibility limits. The average bowl rim temperature is 325°C at full load and 4200 rpm and 317°C at full load and 2800 rpm. This makes 20°C bowl rim temperature reduction at 4200 rpm compared to the reference configuration and 17°C at 2800 rpm. The average top groove temperature is 254°C at full load and 4200 rpm and 252°C at full load and 2800 rpm. This leads to 17°C average top groove temperature reduction at 4200 rpm and 11°C at 2800 rpm. The average bowl center temperature is 272°C at full load and 4200 rpm and 277°C at full load and 2800 rpm. The pin boss temperature at the rear side of piston #3 is 215°C at both depicted load conditions.

Fig. 19 shows piston temperature measurement results of cooling configuration 3/C-D<sub>2</sub> (dual arm cooling gallery). The cooling oil flow of this configuration is same as with reference configuration 1/S<sub>1</sub>, i.e. both oil nozzles C and D<sub>2</sub> together are using the same cylinder specific cooling oil flow as reference nozzle S<sub>1</sub>. Excellent

piston temperature reductions have been achieved versus the reference configuration in all temperature critical zones. The average bowl rim temperature is 319°C at full load and 4200 rpm and 312°C at full load and 2800 rpm. This leads to 26°C average bowl rim temperature reduction in comparison to 1/S<sub>1</sub> at 4200 rpm and 22°C at 2800 rpm. The average top groove temperature is 253°C at full load and 4200 rpm and 250°C at full load and 2800 rpm. This makes 18°C average top groove temperature reduction at 4200 rpm and 13°C at 2800 rpm. The average bowl center temperature is 272°C at full load and 4200 rpm and 279°C at full load and 2800 rpm. The pin boss temperature at the rear side of piston #3 is 198°C at full load and 4200 rpm and 199°C at full load and 2800 rpm. These measurement results are documenting a uniform cooling of the pistons, which is expected due to the advantageous location of the two oil entrance holes into the cooling gallery arms.

### Summary

Piston cooling concepts, based on a passenger car diesel engine, with different cooling gallery shapes and with one or two cooling nozzles per cylinder, have been developed, tested and evaluated. Fig. 20 and 21 show average piston temperatures and average temperature reduction values of every tested piston cooling configuration in overview charts for engine operating conditions full load at 2800 rpm and 4200 rpm respectively.

Red columns represent the results of reference configuration 1/S<sub>1</sub>, turquoise columns stand for the values of concept 2/D1 (pump cooling gallery), orange columns represent the results of configuration 1/S<sub>2</sub>-A (double combination cooling) and violet columns stand for the values of cooling concept 3/C-D2 (dual arm cooling gallery). Piston temperature measurements at constant (cylinder specific) cooling oil volume flow show the following results: The piston cooling efficiency has been improved in comparison to the reference configuration through use of a pump cooling gallery -the single nozzle concept 2/D1 achieves temperature reductions versus the reference at both test conditions and in every viewed piston zone. Significant is the cooling effect in the top groove – 15°C temperature reduction at 4200 rpm and 13°C at 2800 rpm have been reached. The average bowl rim temperature has been reduced by 12°C at 2800 rpm and 6°C at 4200 rpm. The pin boss temperature decrease at the rear side of piston #3 is 8°C at 2800 rpm and 6°C at 4200 rpm.

Further enhancement of cooling efficiency has been realized via introduction of a second cooling nozzle per cylinder. Both tested configurations show a temperature decrease versus the reference concept. The dual nozzle configuration 1/S2-A shows very low piston temperature values, significant temperature reductions versus the series have been achieved in all tested piston areas: The bowl rim temperature decrease versus reference is 17°C at full load and 2800 rpm and 20°C at 4200 rpm. The top groove temperature reduction is 11°C at 2800 rpm and 17°C at 4200 rpm. The bowl center temperature is 23°C lower at 2800 rpm and 25°C less at 4200 rpm. The second dual nozzle configuration 3/C-D2 shows the best cooling efficiency of all tested configurations. Excellent piston temperature values and

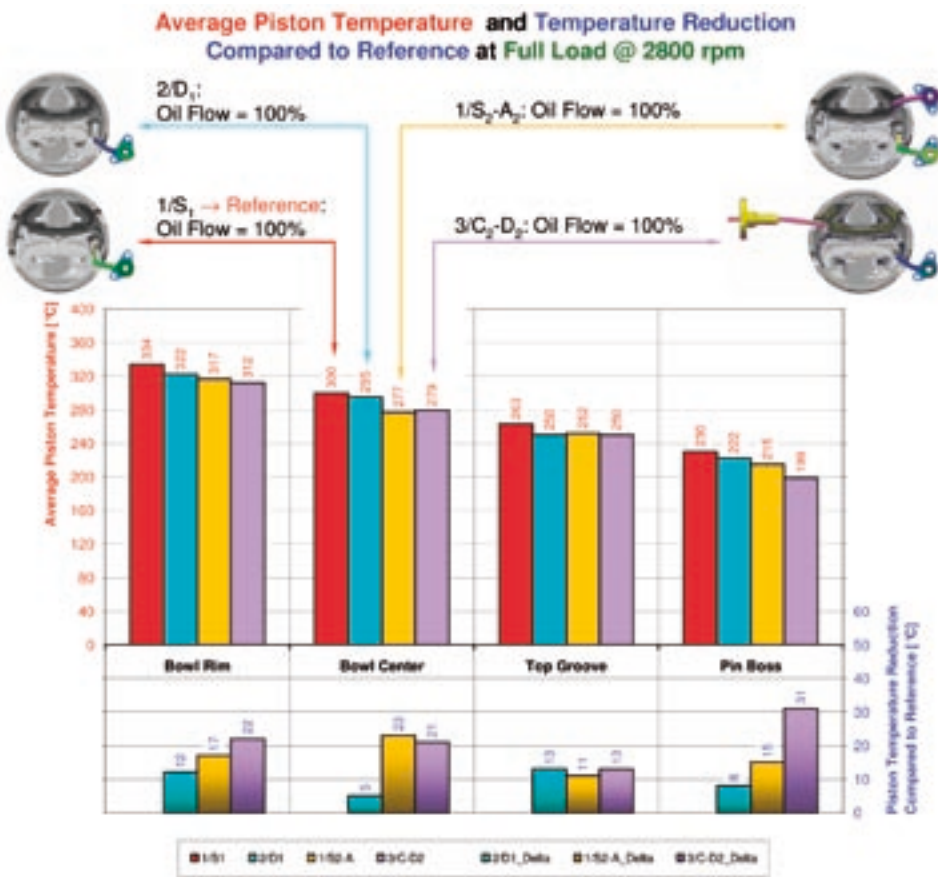


Fig.20:  
Average Piston Temperature and Temperature Reduction at Full Load @ 2800 rpm

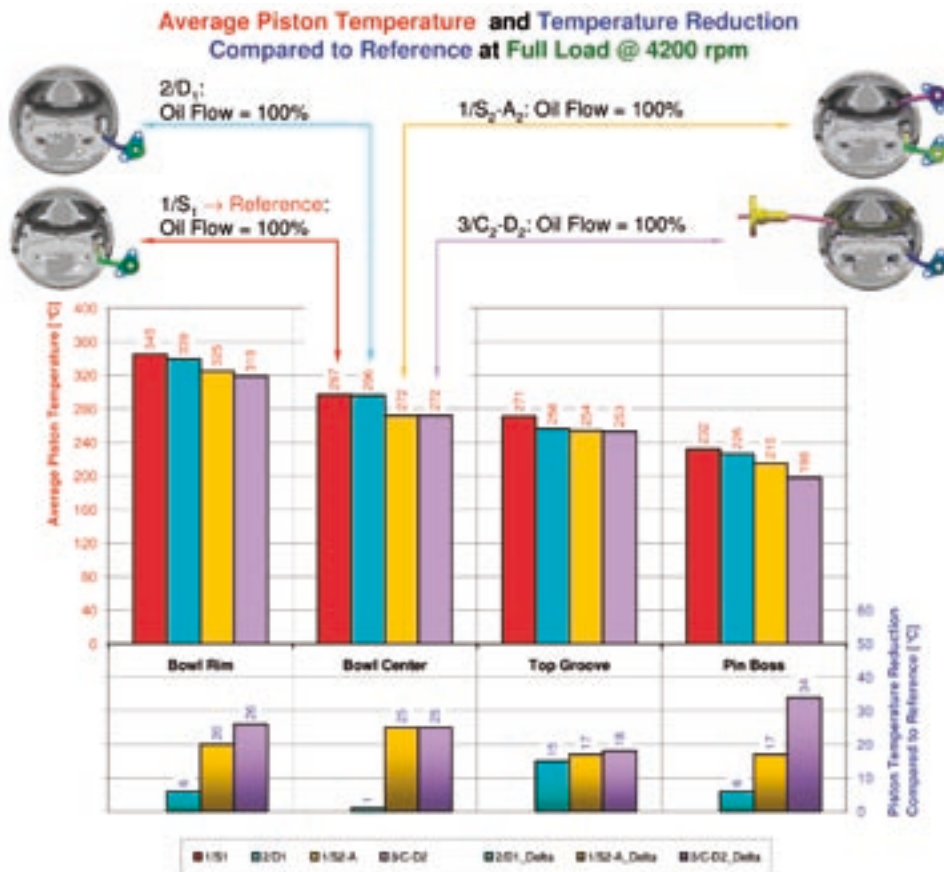


Fig.21:  
Average Piston Temperature and Temperature Reduction at Full Load @ 4200 rpm



significant temperature reductions have been achieved in all tested piston areas: The bowl rim temperature decrease versus reference is 22°C temperature reduction at 2800 rpm and 26°C at 4200 rpm. The top groove temperature decrease is 13°C at 2800 rpm and 18°C at 4200 rpm.

### Conclusion

Advanced gallery cooling concepts, qualified for an improvement of piston cooling efficiency and with different degrees of complexity, have been developed for a state-of-the-art passenger car diesel engine. The piston temperature reduction potential of these concepts versus the conventional reference configuration has been successfully tested and verified in an experimental study: It is possible to significantly decrease piston temperatures via suitable cooling gallery geometry or by the use of two oil nozzles per cylinder in combination with a compatibly designed cooling gallery (without changing the cylinder specific cooling oil volume flow). Effective, easy to realize and less costly is the single nozzle configuration with pump cooling gallery. Both tested dual nozzle concepts further enhance piston cooling efficiency significantly. These concepts need the appropriate oil supply modifications.

### References

1. H. Kajiwara, Y. Fujioka and H. Negishi: Prediction of Temperatures on Pistons with Cooling Gallery in Diesel Engines using CFD Tool, SAE-Paper 200301-0986

2. Q. Wang, Y. Cao and A. Souto: Development of a New Engine Piston Incorporating Heat Pipe Cooling Technology, SAE-Paper 950521
3. Y. Cao and Q. Wang: Piston Cooling with Shaking-Up Heat Pipes (SUHP) and Thermal Analysis of the Cooling System, SAE-Paper 950526
4. J. Pan, R. Nigro and E. Matsuo: 3-D Modelling of Heat Transfer in Diesel Engine Cooling Galleries, SAE-Paper 2005-01-1644
5. Kolbenschmidt AG, Manual, Booklet 3, Chapter 2: Piston Design, 1985
6. Description and Operating Instruction for the KS Piston Temperature Measuring Instrument, 1978
7. Y. Nozawa, T. Noda, T. Yamada, Y. Takeuchi, K. Akimoto: Development of Techniques for Improving Piston Cooling Performance (Second Report) – Oil Movement and Heat Transfer Simulation in Piston Cooling Channel with CFD, SAE-Paper 2005-05-251

### Definitions, Acronyms, Abbreviations

**ATS:** Anti Thrust Side

**BDC:** Bottom Dead Center

**NTC:** Negative Temperature Coefficient (Thermistor)

**PCP:** Peak Cylinder Pressure

**SOP:** Start of Production

**TDC:** Top Dead Center

**TS:** Thrust Side

## Kommentar

# Unsere Hochschulen brauchen TRIZ

(TRIZ / TIPS – Theorie des problemlöserischen Erfindens / Theory of Inventive Problem Solving)

TRIZ ist eine Methode, die auf der Analyse der Lösungen in von Hunderttausenden Patenten beruht.

Wir brauchen für künftige innovative Produkte Absolventen, die in der Lage sind, diese schneller und sicherer zu entwickeln! Im Rahmen der akademischen Ausbildung in den Disziplinen Technik, Informatik und Betriebswirtschaft ist es sehr wichtig, unseren Studierenden diese Fähigkeit zu vermitteln. Mit TRIZ werden die Studierenden an eine Denkweise herangeführt, die solche Lösungen findet. Sie stellt die volle Funktion mit möglichst wenig Aufwand zur Verfügung. Konflikte oder Widersprüche werden mit TRIZ nicht durch Kompromisse teilweise befriedigt – sondern vollständig gelöst.

Die Studierenden sollen Widersprüche lieben lernen und ihnen nicht aus dem Weg gehen. Nur mit TRIZ werden sie systematisch an die Fähigkeit dazu herangeführt.

### Warum ist die Methode gerade für Studierende so genial?

Antwort: Je mehr die Studierenden klassische Lösungsstrategien trainieren, desto schwieriger wird es, sich wieder davon zu lösen und radikal umzudenken, wie es für TRIZ notwendig ist. TRIZ sei



Prof. Dipl.-Ing. Herbert Windisch  
lehrt an der Hochschule Heilbronn  
Bild: Groth

„die freundliche Gehirnwäsche“, sagt deshalb Klaus Jürgen Uhrner, TRIZ-Trainer und Keimzelle hier in der Region.

### Wie lernt man, Neues zu denken?

Experten kennen in der Regel nur bestehende Lösungen, aber keine neuen. Im Stadium des Studiums sind die Studierenden noch sehr kreativ – mit TRIZ können sie es bleiben. TRIZ zwingt zur Abstraktion, und es bietet Tools an, mit denen sie leichter fällt. Gerade von Akademikern erwartet man, dass sie übergeordnete Gesetzmäßigkeiten erkennen. Deswegen bin ich der Meinung, dass gerade an Hochschulen diese Methode besonders erfolgreich vermittelt werden kann.

### Kontakt:

**Prof. Dipl.-Ing. Herbert Windisch**

Studiengang Maschinenbau

Entwicklungs- und Konstruktionsmethodik, Hochschule Heilbronn

Telefon: 07131 504-278 • E-Mail: h.windisch@hs-heilbronn.de

# Join the Automation Team



B&R Industrie-Elektronik zählt mit über 1.600 Mitarbeitern und einem Vertriebs- und Supportnetz in 55 Ländern zu den größten Privatunternehmen im Bereich Automatisierung und Prozessleittechnik.

Durch langjährige, internationale Erfahrung ist B&R kompetenter Partner für Automatisierung in den verschiedensten Branchen. Führende Maschinenbauunternehmen vertrauen B&R und wählen B&R als Systempartner. Zu unseren Kunden zählen z.B. Automobilhersteller wie Audi und BMW, Getränkehersteller wie Coca Cola und Veltins sowie Verpackungsmaschinenhersteller wie Tetra Pak und Windmüller+Hölscher.

Wir suchen zur Verstärkung in unseren Technischen Büros:

## Hochschulabsolventen

der Fachrichtungen Elektrotechnik, Mechatronik, Automatisierungstechnik u.ä. mit guten Programmierkenntnissen

### B&R Industrie-Elektronik GmbH

z.Hd. Fr. Patricia Pomahatsch, Norsk-Data-Str. 3, 61352 Bad Homburg  
Tel.: +49 (0)6172/4019-0, jobs.de@br-automation.com

Perfection in Automation  
[www.br-automation.com](http://www.br-automation.com)



## MODERNE OBERFLÄCHENVERFAHREN

- Brünieren
- Phosphatieren
- Chromfrei
- Chromatieren
- Eloxieren
- Lackieren
- Verzinken
- Silan

Dieselstr. 10 · 74193 Schwaigern · Tel. 0 71 38/9717-0 · Fax 97 17-33 · e-mail: [info@heiche.de](mailto:info@heiche.de) · [www.heiche.de](http://www.heiche.de)

# GERHARD HEICHE GMBH



**Germann  
Kunststofftechnik  
GmbH**

## Partner der Automobil- und Elektroindustrie

Daimlerstraße 6  
**D-74196 Neuenstadt**  
Telefon 0 71 39 / 4 51 45-0  
Telefax 0 71 39 / 4 51 45-50

Wir sind ein Unternehmen, das u. a. über vollautomatische Fertigungsanlagen verfügt und hochwertige technische Kunststoffprodukte herstellt.

# Valves & More



Systemlösungen für die Ventil-, Mess- und Regeltechnik

**GEMÜ®**

GEMÜ Gebr. Müller Apparatebau GmbH & Co. KG · Fritz-Müller-Str. 6-8 · D-74653 Ingelfingen-Criesbach  
Phone 07940/123-0 · Telefax 07940/123-192 · info@gemue.de · www.gemue.de

**Patente • Marken • Design**

**Patentanwaltskanzlei Müller, Clemens & Hach**

Patentanwälte

European Patent, Trademark and Design Attorneys  
Dipl.-Ing. Hans Müller und Dr.-Ing. Gerhard Clemens

**Lerchenstraße 56, D-74074 Heilbronn**

**Telefon: 0 71 31-76 30-0**

**Telefax: 0 71 31-76 30-20**



**Brüggemann Chemical**

L. Brüggemann Kommanditgesellschaft

**Chemie für die Zukunft**

Brüggemann Chemical  
Salzstraße 123-131 · D-74076 Heilbronn  
Postfach 1461 · D-74004 Heilbronn  
Tel. +49 (0) 71 31/15 75-0  
Fax +49 (0) 71 31/15 75-165  
Internet: [www.brueggemann.com](http://www.brueggemann.com)  
E-mail: [Infoservice@brueggemann.com](mailto:Infoservice@brueggemann.com)



# Ein einstufiger Mehrkomponentenprozess für die Herstellung mechanisch beständiger mikro- und nanostrukturierter Kunststoffbauteile

Prof. Dr.-Ing. August Burr, Dipl.-Ing. (FH) Michael Kübler,  
Dipl.-Ing (FH) Matthias Deckert, Dipl.-Ing. (FH) Sascha Kuhn,  
Dipl.-Ing. (FH) Christoph Bleesen  
Polymer-Institut Kunststofftechnik an der Hochschule Heilbronn

## Einleitung

Die Mikro- und Nanotechnologie ist eine der innovativsten Zukunftstechnologien. Ein wichtiger Teilbereich dieser Technologie widmet sich der Erzeugung funktionaler Oberflächen mittels kleinster Strukturen. Kleinststrukturierte funktionalisierte Oberflächen sind aus der Natur bekannt. Beispiele hierfür sind die selbstreinigenden Oberflächen der Lotusblüte oder die entspiegelte Hornhaut (Cornea) des Mottenauges. Durch den zunehmenden Einsatz von Kunststoffen in zahlreichen Bereichen des täglichen Lebens stellen entsprechend funktionalisierte Kunststoffoberflächen eine wichtige Zukunftstechnologie dar.

Innerhalb des Polymer-Instituts Kunststofftechnik (PIK) an der Hochschule Heilbronn wird seit mehreren Jahren an der Replikation kleinster Oberflächenstrukturen auf makroskopischen Kunststoffsubstraten geforscht. Die eigens für die Mikro- und Nanostrukturabformung entwickelte Verfahrenstechnik eröffnet neben der Möglichkeit der oben genannten Funktionalisierung von Kunststoffoberflächen weiterhin neue Anwendungsgebiete. Ausgewählte Beispiele hierfür sind die Herstellung von optischen Datenträgern mit hoher Speicherdichte (HD-DVD, Blu-ray Disc) oder die Herstellung von Mikro- und Nanofluidikbauteilen (Lab on a chip, Biosensoren).

Für viele der oben genannten Anwendungen mikro- und nanostrukturierter Oberflächen ist eine ausreichend hohe mechanische und/oder chemische Beständigkeit unabdingbar. Daher wird derzeit eine Verfahrenstechnik entwickelt, welche eine reproduzierbare Replikation mikro- und nanostrukturierter Oberflächen in mechanisch und/oder chemisch ausreichend beständige Polymere ermöglicht.

## Stand der Technik

Derzeitiger Stand der Technik bei der Replikation kleinststrukturierter Oberflächen stellen optische Datenträger dar. Die Pit-Strukturen der DVD (min. Pitlänge 400 nm) werden heute direkt im Spritzgießverfahren abgeformt (Bild 1). Wie bereits die CD wird auch die DVD aus thermoplastisch verarbeitbaren amorphen Polymeren – hauptsächlich Polycarbonat – hergestellt.

Sollen Oberflächenstrukturen mit Größenordnungen unterhalb der Abmessungen oben genannter Pit-Strukturen einer DVD direkt im Spritzgießprozess in thermoplastisch verarbeitbare Polymere abgeformt werden, ist hierfür die so genannte variotherme Prozessführung unabdingbar [3]. Allerdings müssen derzeit durch die variotherme Prozessführung im Vergleich zu einer isothermen Prozessführung (Standardspritzgießprozess) in der



**Prof. Dr.-Ing. August Burr** ist seit 1988 im Fachbereich Mechatronik und Mikrosystemtechnik tätig. Er vertritt die Fachgebiete metallische und nichtmetallische Werkstoffe, Werkstoffprüfung und Polymertechnik. Im Bereich Forschung und Entwicklung gilt sein Interesse der Kunststofftechnik, insbesondere der Spritzgießtechnik.



**Dipl.-Ing. (FH) Michael Kübler** studierte von 2002 bis 2005 an der Hochschule Heilbronn im Studiengang Mechatronik und Mikrosystemtechnik und ist seit 2005 Abteilungsleiter des Polymer-Instituts.



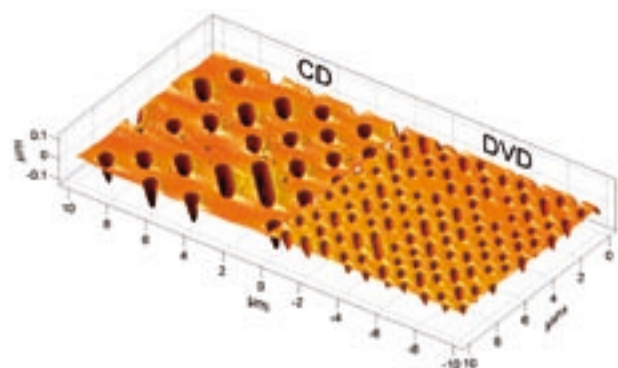
**Dipl.-Ing. (FH) Matthias Deckert** studierte von 2003 bis 2006 an der Hochschule Heilbronn im Studiengang Mechatronik und Mikrosystemtechnik und ist seit 2007 als wissenschaftlicher Mitarbeiter im Polymerlabor tätig.



**Dipl.-Ing. (FH) Sascha Kuhn** studierte von 2003 bis 2006 an der Hochschule Heilbronn im Studiengang Mechatronik und Mikrosystemtechnik und ist seit 2007 als wissenschaftlicher Mitarbeiter im Polymerlabor tätig.



**Dipl.-Ing. (FH) Christoph Bleesen** studierte von 2003 bis 2007 an der Hochschule Heilbronn im Studiengang Mechatronik und Mikrosystemtechnik und ist seit 2008 als wissenschaftlicher Mitarbeiter im Polymerlabor tätig.



**Bild 1:** AFM-Aufnahme der Pitstruktur einer CD (links) und DVD (rechts)

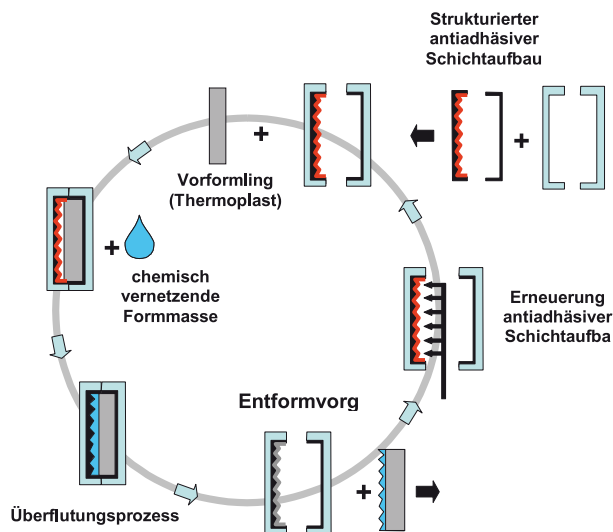
Regel längere Zykluszeiten in Kauf genommen werden. Weiterhin ist die Forderung einer ausreichend mechanisch beständigen Kleinststruktur auf der Oberfläche eines Bauteils aus einem thermoplastisch verarbeitbaren Polymer werkstoffbedingt häufig nicht realisierbar.

Neben der Replikation von kleinststrukturierten Oberflächen direkt im Urformverfahren (Spritzgießprozess) werden Umformverfahren (Prägeprozesse) eingesetzt. Durch Heißprägen ist es beispielsweise möglich, auf den Oberflächen von Halbzeugen aus thermoplastisch verarbeitbaren Kunststoffen, kleinste Strukturen (< 50 nm) abzuformen.

Außerdem ist es bei der Verarbeitung von so genannten Dual-Cure Lacksystemen möglich, Oberflächenstrukturen in einem mehrstufigen Prägeprozess in chemisch vernetzende Polymere zu replizieren. Aufgrund der Werkstoffeigenschaften der verwendeten chemisch vernetzenden Polymere erfüllen die Oberflächen dieser Bauteile weitestgehend die Forderungen hinsichtlich der mechanischen und chemischen Beständigkeit. Jedoch bedarf die Herstellung von Bauteilen durch einen Prägeprozess im Allgemeinen mehrere Verarbeitungsschritte. Berücksichtigt man ferner den zunächst notwendigen Urformprozess für die Herstellung der Halbzeuge, wird die Wirtschaftlichkeit von Prägeverfahren weiter verringert.

**Weiterentwickelte Verfahrenstechnik**

Ziel derzeit durchgeführter Forschungsarbeiten ist es eine wirtschaftliche Verfahrenstechnik zu entwickeln, welche die Verarbeitung sowohl thermoplastischer als auch chemisch vernetzender Polymermaterialien in einem einstufigen Mehrkomponentenverfahren ermöglicht. Somit soll die Möglichkeit geschaffen werden, den Kern zu fertigender Bauteile durch einen bereits etablierten Standardspritzgießprozess aus einem thermoplastisch verarbeitbaren Polymer herstellen zu können. Lediglich die kleinststrukturierte Oberfläche des Bauteils wird aus einem chemisch vernetzenden Polymermaterial, welches die geforderten Eigenschaften hinsichtlich mechanischer und chemischer Beständigkeit erfüllen kann, gebildet (Bild 2).



**Bild 2:** Prinzipieller Prozessablauf

Aufgrund der geringen Abmessungen der abzuformenden Oberflächenstrukturen ist es nicht möglich zunächst den Kern des Bauteils mit der gewünschten Oberflächenstruktur zu versehen und anschließend diesen konturfolgend mit einer Schicht aus einem chemisch vernetzenden Polymer zu überziehen. Bei dieser Vorgehensweise würde auf jeden Fall die Kleinststruktur auf der Kernoberfläche egalisiert werden.

Daher erscheint eine Schichtdicke an der Bauteiloberfläche von < 100 µm ideal, in welche die komplette Oberflächenstruktur abgeformt wird. Größere Schichtdicken sind nicht anzustreben, da aufgrund der hohen Härte der Bauteiloberfläche mit zunehmender Schichtdicke die Gefahr des Sprödbruchs bei einer Biegebeanspruchung signifikant ansteigt.

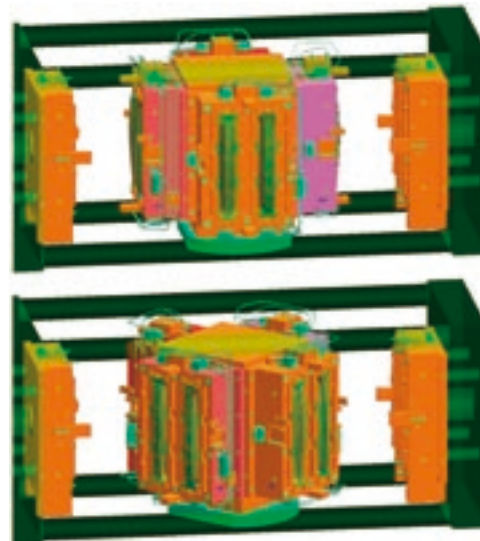
**Werkzeugtechnik**

Die gemeinsame Verarbeitung verschiedener thermoplastischer Werkstoffe für die Herstellung eines Bauteils ist in Form des Mehrkomponentenspritzgießens bereits weit verbreitet. Hierbei wird in parallel ablaufenden Verarbeitungsschritten ein Bauteil aus unterschiedlichen thermoplastisch verarbeitbaren Materialien mit entsprechend unterschiedlichen Werkstoffeigenschaften hergestellt (Beispiele: Hart- Weichverbundbauteile, mehrfarbige Bauteile, etc.).

Ziel ist es, die aus dem Mehrkomponentenspritzgießen bekannte Werkzeugtechnik (Wendepplattenwerkzeuge, Schieberwerkzeuge, Würfelwerkzeuge, etc.) an die gemeinsame Verarbeitung thermoplastischer als auch chemisch vernetzender Polymermaterialien anzupassen (Bild 3).

Durch die niedrige Viskosität (siehe Tabelle 1) der in unvernetzter Form flüssig vorliegenden chemisch vernetzenden Polymere stellt die Werkzeugabdichtung, Werkzeugentlüftung und Formteilanbindung eine besondere Herausforderung dar.

Weiterhin ist für die gemeinsame Verarbeitung thermoplastischer als auch chemisch vernetzender Polymere in einem Werkzeug die zu verwendende Temperiertechnik entsprechend anzupassen. In



**Bild 3:** Werkzeugkonzepte für den Mehrkomponentenspritzguss

Medium	dyn. Viskosität $\eta_0$ in Pa·s
Wasser bei Normaldruck und 20 °C	$10^{-3}$
Polystyrol bei 230 °C Verarbeitungstemperatur (amorphes thermoplastisch verarbeitbares Polymer)	$10^2$ bis $10^3$
PUR im unvernetzten Zustand bei 70 °C (aliphatisches kompaktes 2K PUR RIM-System)	$150 \cdot 10^{-3}$ bis $200 \cdot 10^{-3}$

**Tabelle 1:** Dynamische Nullviskosität ausgewählter Medien

der Regel gilt es bei der Thermoplastverarbeitung der Formmasse nach dem Abformvorgang gezielt Wärme zu entziehen, hingegen muss bei der Verarbeitung chemisch vernetzender Systeme die Vernetzungsreaktion oftmals über Wärmezufuhr induziert, beziehungsweise beschleunigt werden. Hierfür können beispielsweise hoch dynamische Temperiersysteme auf Basis keramischer Widerstandsheizelemente eingesetzt werden [1,2].

**Polymermaterialien und Prozesstechnik**

Der Bauteilkern kann aus etablierten thermoplastisch verarbeitbaren Kunststoffen (optische Bauteile: PC, PMMA, etc.; technische Bauteile: PA, PBT, etc.) im Spritzgießverfahren hergestellt werden.

Für die Bauteiloberfläche eignen sich insbesondere chemisch vernetzende Polyurethan- oder Methacrylatlacksysteme. Diese liegen im unvernetzten Zustand in Form niedrigviskoser flüssiger Mehrkomponentensysteme vor. Maßgeblicher Unterschied ist der Start der Vernetzungsreaktion. Während es sich bei Polyurethansystemen um in der Regel katalytisch induzierte Vernetzungsreaktionen handelt, wird eine erste Vernetzungsreaktion von Methacrylatssystemen häufig thermisch induziert.

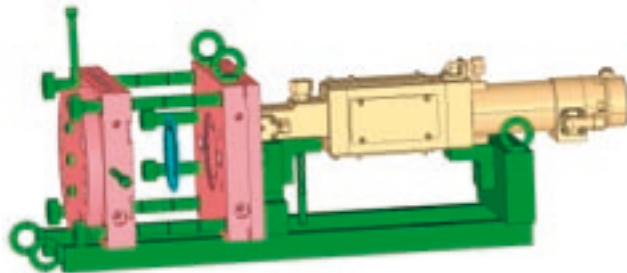
Dies hat zur Folge, dass bei der Verarbeitung eines Polyurethansystems eine Vermengung der einzelnen Komponenten zwingend unmittelbar vor jeder Dosierung erfolgen muss. Hingegen ist bei der Verarbeitung von Methacrylatssystemen eine Vorvermischung der einzelnen Komponenten für eine Vielzahl von Fertigungszyklen bei entsprechender Kühlung der Formmasse möglich. Aufgrund der geringen Schichtdicke an der feinststrukturierten Bauteiloberfläche (< 100 µm) sind die zu dosierenden Mengen des chemisch vernetzenden Polymers sehr gering. Je nachdem wie groß die zu überflutenden Fläche ist, kann es sich dabei um Mengen von bis zu wenigen Millilitern handeln (Bild 4).

Für die Verarbeitung entsprechend kleiner Schussvolumina ist eine Kleinstmengendosieretechnik zu entwickeln. Bei der Verarbeitung von Polyurethansystemen muss zusätzlich eine angepasste Mischtechnik aufgebaut werden, die eine Aufbereitung kleinster Flüssigkeitsmengen vor jedem Fertigungszyklus ermöglicht. Eine Prinzipskizze des Werkzeugs und der Dosiereinheit einer industriennahen Versuchsanlage für die Fertigung erster Prototypenbauteile ist in Bild 5 dargestellt.

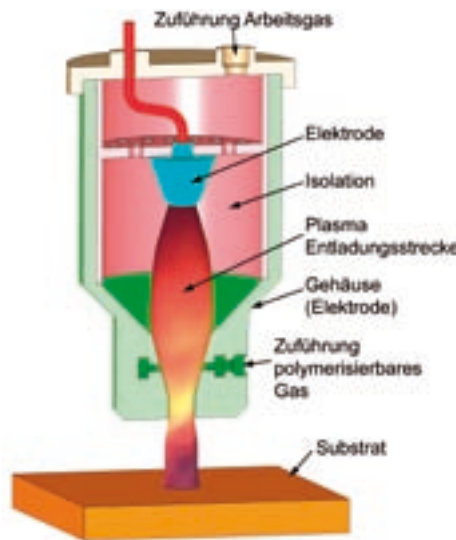
Bei der Verarbeitung chemisch vernetzender Polymere in einem formgebenden Werkzeug (beispielsweise RIM Reaction Injection Moulding) müssen in der Regel sogenannte Formtrennmittel eingesetzt werden, um die auftretenden Adhäsionskräfte zwischen Formeinsatz und abgeformtem Bauteil zu reduzieren. Bei klassischen Formtrennmitteln handelt es sich oft um organische



**Bild 4:** Bauteile mit verschiedener Größe



**Bild 5:** Prinzipskizze einer Versuchsanlage



**Bild 6:** Prinzipieller Aufbau einer Düse für die Plasmapolymerisation unter Atmosphärendruck

wachs- oder ölartige Stoffe, welche vor dem Abformprozess auf die formgebenden Werkzeugoberflächen meist in Sprühverfahren aufgetragen werden. Allerdings können diese für den geplanten Prozess nicht verwendet werden, da durch deren Einsatz die abzuformenden Mikro- und Nanostrukturen auf der Formeinsatzoberfläche komplett egalisiert wird.

Daher werden im Rahmen des derzeit durchgeführten Forschungsvorhabens Lösungen entwickelt, welche die Adhäsionsneigung zwischen abgeformtem mikro- und nanostrukturiertem Bauteil und formgebender Werkzeugwandoberfläche signifikant verringern.

Hierbei werden zwei Lösungsansätze verfolgt. Eine Lösungsmöglichkeit besteht in der Abscheidung dünner, konturfolgender und antiadhäsiver Schichten auf der Oberfläche mikro- und nanostrukturierter Formeinsätze. Dies kann mit Hilfe eines Plasmapo-



lymerisationsprozesses (CVD-Verfahren, Chemical Vapour Deposition) realisiert werden. Mit diesem Verfahren ist eine Abscheidung von beispielsweise siliziumorganischen Schichten möglich, welche eine äußerst geringe Oberflächenenergie aufweisen.

Da die abgeschiedenen antihäsiven Opferschichten in regelmäßigen Zyklen erneuert werden müssen, wird für die Beschichtung vorzugsweise ein Atmosphärendruckplasmaprozess eingesetzt. Dieser bietet im Vergleich zu etablierten Niederdruckplasmaprozessen den Vorteil, dass der zu beschichtende Formeinsatz nicht in einem aufwändigen seriellen Prozess in eine Vakuumkammer verbracht werden muss, um diesen zu beschichten. Vielmehr kann der Beschichtungsvorgang Inline beispielsweise mit Hilfe eines robotergestützten Nachführsystems erfolgen (Bild 6).

Weiterhin besteht für ausgewählte Materialkombinationen die Möglichkeit, durch gezielte Modifikation der verwendeten Polymermaterialien selektive Adhäsionseigenschaften zu realisieren. Neben einer Verringerung der Adhäsionsneigung des chemisch vernetzenden Polymers gegenüber der formgebenden Werkzeugwandoberfläche ist es unbedingt erforderlich, die Adhäsionseigenschaften gegenüber dem thermoplastisch verarbeitbaren Material für den Bauteilkern zu erhalten.

Erste Versuche zeigen, dass es beispielsweise gelingt chemisch vernetzende Methacrylatsysteme gezielt und nahezu ausschließlich auf die Haftung mit thermoplastisch verarbeitbaren Polymethylmetacrylat (PMMA) Formmassen abzustimmen.

Somit kann für ausgewählte Materialkombinationen auf den Einsatz von oben beschriebenen antiadhäsiven Opferschichten verzichtet werden.

### Zusammenfassung

In ersten Versuchen konnte gezeigt werden, dass eine Replikation von Kleinststrukturen mit einer Strukturperiode von 300 nm und einer Strukturtiefe von 100 nm bereits durch einen drucklosen Verguss von oben angesprochenen chemisch vernetzenden Polymersystemen möglich ist. Somit wird deutlich, dass sich diese Polymersysteme für eine Abformung nanoskaliger Oberflächentopographien sehr gut eignen. Weiterhin konnte die Wirksamkeit dünner im Atmosphärendruckplasma abgeschiedener organischer antiadhäsiver Schichten nachgewiesen werden. Diese Schichten eignen sich hinsichtlich der erreichbaren Replikationstreue von kleinststrukturierten Oberflächen (< 300 nm) sowie der notwendigen Minderung der auftretenden Entformkräfte.

Ziel ist es, in einem weiteren Schritt eine industrienaher Versuchsanlage für die Fertigung erster Prototypenbauteile aufzubauen (Bild 5).

An diesen Prototypenbauteilen werden umfassende Versuche hinsichtlich der erreichbaren mechanischen und chemischen Beständigkeit der abgeformten Mikro- und Nanostrukturen durchgeführt.

Derzeit werden im Automotive-Bereich mit unter die höchsten Ansprüche hinsichtlich der Beständigkeit von Kunststoffoberflächen gestellt. Kann folglich eine für den Einsatz im Kfz-Interieurbereich ausreichende Beständigkeit der abgeformten mikro- und nanostrukturierten Oberflächen erreicht werden, so

ergibt sich eine Vielzahl von Anwendungsgebieten kleinststrukturierter Kunststoffoberflächen wie beispielsweise entspiegelte und schmutzabweisende Interieurbauteile. Weitere ausgewählte Applikationsbeispiele kleinststrukturierter Kunststoffbauteile reichen von Mikrooptiken, holographischen Sicherheitsanwendungen, entspiegelten Displayverschiebungen bis hin zu schmutzabweisenden Oberflächen von Kunststoffbauteilen.

### Literatur

- [1] Burr, August; Kübler, Michael; Müller, Andreas; Bürkle, Erwin: Von 100 auf 140°C in drei Sekunden. In: Kunststoffe (2007), Oktober, Nr. 95, S. 210 bis 214. – ISSN 0023-5563
- [2] Burr, August; Kübler, Michael; Deckert, Matthias; Kuhn, Sascha; Bleses, Christoph: Neue hochdynamische Heiz-Kühl-Werkzeugmodule revolutionieren die Spritzgießtechnik. In: K-Zeitung (2008), Mai, Nr. 9, S. 21 bis 22. – ISSN 1436-6401
- [3] Müller, Andreas K.: Werkzeug- und Prozesstechnik zur Abformung von Nanostrukturen auf Kunststoffsubstraten im Spritzgießverfahren. Ilmenau: Verlag ISLE, 2006. – Dissertation, technische Universität Ilmenau. – ISBN 978-3-938843-20-8

### Kontakt und weitere Informationen:

Hochschule Heilbronn  
 Polymer-Institut Kunststofftechnik  
 Max-Planck-Straße 39  
 74081 Heilbronn  
 Tel: 07131 504-291  
 Fax: 07131 504-142911  
 E-Mail: pik@hs-heilbronn.de  
 www.kunststoffe.hs-heilbronn.de

# Werfen oder Schießen – Eine neue Technologie für Logistikfunktionen innerhalb von Produktionssystemen

Prof. Dr.-Ing. Heinz Frank, Dipl.-Inf. Dennis Barteit

## 1 Einleitung

In den BDI-Thesen zur Forschung für die industrielle Produktion wird die Produktion als der wichtigste Sektor der deutschen Volkswirtschaft bezeichnet [1]. Dabei stehen die deutschen Produktionsunternehmen durch die Globalisierung der Wirtschaft unter einem enormen Wettbewerbsdruck. Führende Wissenschaftler sind sich darüber einig, dass sich viele solche Unternehmen in Zukunft in diesem Wettbewerb nur noch mit Spitzenleistungen behaupten können werden. Eine der wichtigsten Maßnahmen diese Spitzenleistungen immer weiter zu verbessern ist die Forschung im Bereich von „Höchstleistungstechnologien“ voran zu treiben [1, 2]. Beispiele hierfür sind heute die Forschung in den Bereichen Hochleistungsbearbeitung [3] und digitale Fabrik [4].

An der Reinhold-Würth-Hochschule der Hochschule Heilbronn in Künzelsau (RWH) wird in einem Forschungsprojekt an einer neuen Technologie gearbeitet, mit welcher für logistische Vorgänge in Produktionssystemen hinsichtlich der Geschwindigkeit und der Flexibilität, Höchstleistungen erreicht werden können. Im Folgenden soll der Stand dieser Arbeiten und das Potenzial dieser Technologie dargestellt werden.

## 2 Forschungsprojekt

### 2.1 Aufgabenstellung

Bei der Suche nach Höchstleistungen wird heute oft die Methode der Bionik angewendet. Die schnellsten Vorgänge findet man in der Natur beim Fliegen. Aus dieser Beobachtung kann darauf geschlossen werden, dass beim Transportieren von Teilen in einer Produktion die höchsten Transportgeschwindigkeiten ebenfalls beim Fliegen, d.h. durch Werfen oder Schießen der Teile, erreicht werden können. Aus dieser Grundüberlegung entstand an der RWH ein Forschungsprojekt in welchem untersucht wird, wie Objekte durch Werfen oder Schießen transportiert werden können [5]. Hierfür wurde eine konkrete Aufgabenstellung vorgegeben, bei der einer Arbeitsstation Gegenstände mit Massen von bis zu 70 g über eine Entfernung von 3 m zugeworfen werden sollen. Um einigermaßen flache Flugbahnen zu bekommen, soll dieses mit Geschwindigkeiten von ca. 10 m/s geschehen (siehe Beispiel in Bild 1).

### 2.2 Realisierung

Die Realisierung der Aufgabenstellung wurde entsprechend Bild 2 in vier Teilsysteme untergliedert. Mit Hilfe einer Werfeinrichtung müssen die Gegenstände zunächst abgeworfen werden. Der in Bild 3 dargestellte Prototyp einer Werfeinrichtung kann mit Hilfe einer Feder, wie sie bei Federgewehren benutzt wird, Teile mit unterschiedlichen Formen abwerfen. Dabei können Massen von 70 g auf Geschwindigkeiten über 10 m/s beschleunigt werden.



**Dipl.-Inf. Dennis Barteit** studierte an der Universität Ulm im Studiengang Informatik mit Schwerpunkt Neuroinformatik. Seit November 2006 arbeitet er an der Reinhold-Würth-Hochschule der Hochschule Heilbronn in Künzelsau im Forschungsprojekt „Kamerageführte Nachführung schneller NC-Achsen“. Am Institute of Computer Technology der Technischen Universität Wien ist er seither PhD-Student. <http://iaf.hs-heilbronn.de/wiki/DennisBarteit>



**Prof. Dr.-Ing. Heinz Frank** studierte an der Universität Stuttgart Elektrotechnik. Nach seiner Promotion am Institut für Steuerungstechnik der Werkzeugmaschinen und Fertigungseinrichtungen an der gleichen Universität war er über mehrere Jahre bei einem Werkzeugmaschinenhersteller zuständig für Fertigungsleitsysteme. Heute beschäftigt er sich an der Reinhold-Würth-Hochschule der Hochschule Heilbronn in Künzelsau hauptsächlich mit schnellen mechatronischen Systemen und mit Bussystemen für die Automatisierungstechnik. <http://iaf.hs-heilbronn.de/wiki/HeinzFrank>

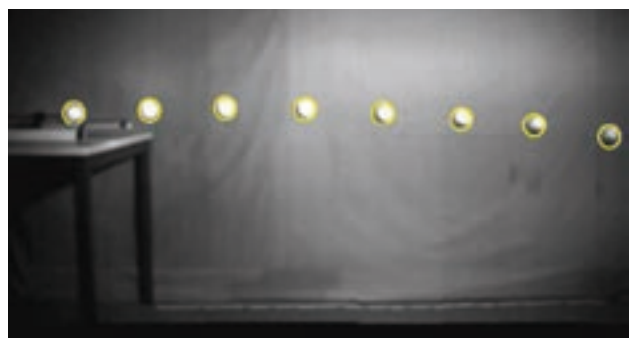


Bild 1: Flugbahn eines Tennisballs mit  $v \approx 10 \text{ m/s}$

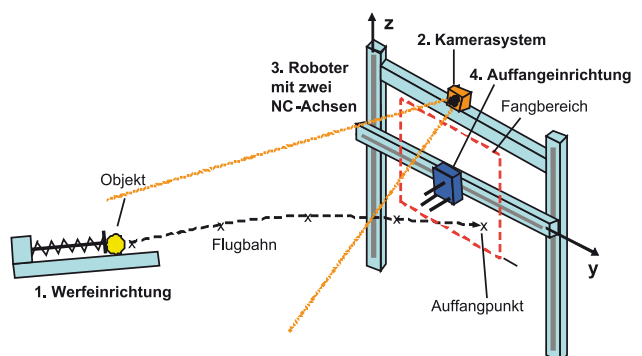


Bild 2: Teilsysteme für das Transportieren durch Werfen



**Bild 3:** Prototyp einer Werfeinrichtung

Da die Flugbahnen der geworfenen Gegenstände von empfindlichen Einflüssen abhängen, müssen sie messtechnisch erfasst werden. Dieses geschieht im Projekt mit Hilfe eines Kamerasystems.

Fluggeschwindigkeit von  $v = 10 \text{ m/s}$  sicher aufzufangen und festzuhalten [7]. Bild 6 zeigt eine Bildfolge für einen solchen Auffangvorgang. Hierfür ist eine Schließzeit von ca. 5 ms erforderlich.

Zum Auffangen der Objekte muss während des Flugs eine Auffangeinrichtung zu einem veränderlichen Auffangpunkt geführt werden. Da für das Be- und Entladen von Maschinen heute sehr häufig Portalroboter eingesetzt werden, wurde für die Nachführung der Auffangeinrichtung ein Roboter mit zwei kartesischen Achsen aufgebaut (siehe Bild 4). Dieser Roboter ist in der Lage während einer Zeitdauer von  $\Delta t = 200 \text{ ms}$  mit jeder seiner beiden NC-Achsen einen Weg von  $\Delta s = 200 \text{ mm}$  zu verfahren [6]. In Bild 5 ist die Steuerungsstruktur für den Roboter dargestellt. Schließlich müssen die Gegenstände aufgefangen werden. Hierfür wurde ein entsprechend schneller Greifer realisiert. Er ist in der Lage kugelförmige Objekte (z.B. Tennisbälle) aus einer

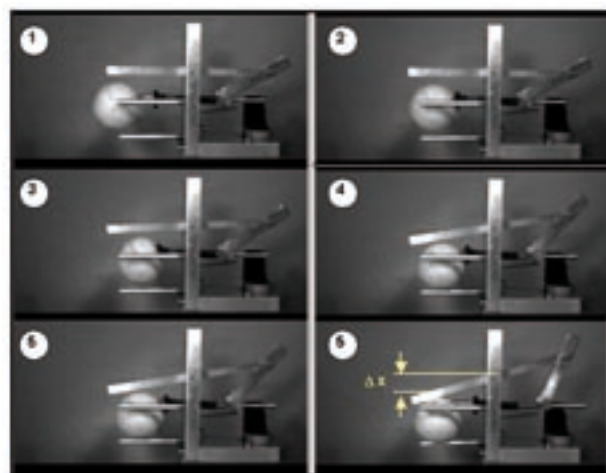
### 3 Potenzial für zukünftige Anwendungen

Neben der exemplarischen Realisierung von Transportvorgängen durch Werfen oder Schießen, ist es eine weitere wichtige Zielsetzung des Forschungsprojektes, die Anwendungsmöglichkeiten dieser neuen Technologie zu systematisieren.

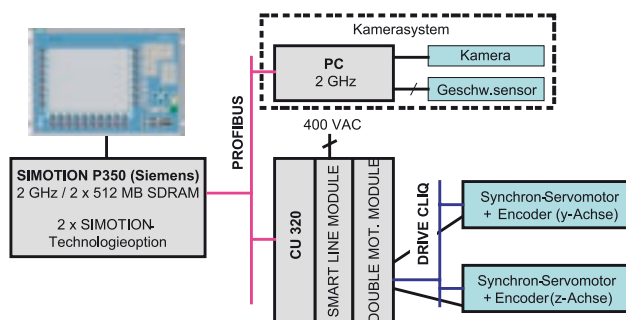
Zunächst wurden bereits existierende Anwendungen gesucht. Dabei wurde festgestellt, dass ein mechanisiertes Werfen oder Schießen von Objekten bisher nur in einigen speziellen Bereichen angewendet wird. Die wichtigsten Beispiele hierfür sind in Bild 7 aufgeführt.



**Bild 4:** Roboter mit zwei kartesischen Achsen



**Bild 6:** Auffangen eines Tennisballs mit  $v = 10 \text{ m/s}$



**Bild 5:** Steuerungsstruktur für den Roboter

Fertigungsverfahren	Webmaschinen
	Wasserstrahlschneiden
	Kernschneiden
Logistik	Ausstoßen von Ausschussteilen
	Zuführen zu Montagesystemen
	Kommissionieren von Hygieneartikeln
Sport	Ballwurfmaschinen
	Wurftauben schießen
	Schiessport

**Bild 7:** Bereits existierende Anwendungen für ein mechanisiertes Werfen oder Schießen



<b>Objekte</b>	<b>Funktion</b>	Werkstück, Material	Betriebsmittel	Verpackung	Sonstiges
	<b>Form</b>	Kugel	rotationssymm.	quaderförmig	-
	<b>Material</b>	hart/robust, z.B. Metall, Holz, Glas, ...	hart/zerbrechlich z.B. Glas, ...	weich/flexibel Textil, Papier, ...	Schüttgut
	<b>Biegsamkeit</b>	starr	wenig biegsam	flexibel	-
	<b>Masse</b>	< 10 g	10 .. 100 g	100 .. 1000 g	> 1 kg
<b>Aufgabenstellung</b>	<b>Funktion</b>	Kommissionieren	Transportieren	Zuführen	Bearbeiten
	<b>Entfernung</b>	< 100 mm	100 .. 1000 mm	1 .. 10 m	> 10 m
	<b>Transportzeit</b>	< 10 ms	10 ... 100 ms	100 .. 1000 ms	> 1 s
	<b>Transportfrequenz</b>	< 1 Obj./min	1 .. 60 Obj./min	1 .. 10 Obj./s	> 10 Obj./s
	<b>Zielgenauigkeit</b>	< 1 mm	1 .. 10 mm	10 .. 100 mm	> 100 mm
	<b>Verzögerung beim Auffangen</b>	< 0,1 g	0,1 .. 1 g	1 .. 10 g	harter Aufschlag zulässig
	<b>Orientierung für Weitergabe</b>	beliebig	für 1 Richtung	eindeutig orientiert	-
<b>Realisierung</b>	<b>Kinematik für Werfen</b>	Stößel (linear)	Rollen, Bänder (linear)	Schwungarm (rotatorisch)	geführter Medienstrom
	<b>Antrieb für Beschleunigung</b>	Mechanisch (z.B. Feder)	elektrisch (z.B. Motor)	Hydraulisch/Pneum. (z.B. Zylinder)	Schwerkraft
	<b>Zielpunkt-vorhersage</b>	3D-Messung	Messung und Modellrechnung	-	nicht erforderlich
	<b>Nachführung Auffangeinrichtung</b>	Roboter	Spezialvorrichtung	-	nicht erforderlich
	<b>Auffang-einrichtung</b>	Kiste	Trichter, Sack Schlauch	Greifer	-

**Bild 8:** Morphologischer Kasten für das Werfen von Objekten in Produktionssystemen (Die markierten Felder charakterisieren das beschriebene Forschungsprojekt)

Eine systematische Untersuchung über die Anwendung dieser Technologie für Produktionssysteme gibt es bis heute noch nicht. Deshalb wurden die grundsätzlichen Möglichkeiten in einem morphologischen Kasten geordnet (siehe Bild 8). Er zeigt die Vielfalt der Objekte die geworfen werden können und die Vielfalt der Aufgabenstellungen für welche das Werfen eingesetzt werden kann. Schließlich werden auch noch die technischen Realisierungsalternativen nach dem heutigen Stand der Kenntnisse aufgezeigt.

**Literatur**

[1] N.N.: Intelligenter produzieren: 32 Thesen zur Forschung für die Zukunft der industriellen Produktion. Internetseite [http://www.bdi-online.de/Dokumente/Technologie-Innovationspolitik/pos\\_int\\_prod.pdf](http://www.bdi-online.de/Dokumente/Technologie-Innovationspolitik/pos_int_prod.pdf), Berlin, Bundesverband der deutschen Industrie, 8.11.2007.

[2] Westkämper, E.: Die digitale und lernfähige Fabrik. Internetadresse: <http://www.sak.uni-dortmund.de/tagung2007/vortraege/vortrag04.pdf>. Univ. Dortmund, Tagung des Siemens Automatisierungs-Kreises, 15.-16.5.2007.

[3] Heisel, U.: Hochleistungsbearbeitung – eine komplexe Herausforderung für Hochschulen und Industrie. HOB Die Holzbearbeitung 5/2001 S. 24. Ludwigsburg, AGT-Verlag.

[4] Westkämper, E.: Die digitale Fabrik – Ein Produkt für Produkte. wt Werkstatttechnik online 97 (2007) 3 S. 107. Düsseldorf, Springer-VDI-Verlag.

[5] Frank, H.; Wellerdick-Wojtasik, N.; Hagebecker, B.; Novak, G.; Mahlkecht, S.: Throwing Objects – A bio-inspired Approach for the Transportation of Parts, in Proceedings

of the 2006 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics, Dec. 17 - 20, 2006, Kunming, China, pp. 91 - 96.

[6] Frank, H.: Steuerung von dynamischen Positionierachsen mit SIMOTION. Internetadresse: <http://www.sak.uni-dortmund.de/tagung2007/vortraege/vortrag16.pdf>, Univ. Dortmund, Tagung des Siemens Automatisierungs-Kreises, 15.-16.5.2007.

[7] Frank, H.; Barteit, D.; Wellerdick-Wojtasik, N.; Frank, T.; Novak, G.; Mahlkecht, S.: Autonomous Mechanical Controlled Grippers for Capturing Flying Objects. In Proceedings of the 5th IEEE International Conference on Industrial Informatics, July 23 – 26, 2007, Wien, Austria. pp. 431 – 436.

**Anmerkung:**

Das beschriebene Forschungsprojekt wird von der Stiftung zur Förderung der Reinhold-Würth-Hochschule der Hochschule Heilbronn in Künzelsau gefördert!

# Ein akustisches Antriebssystem für einen Drop-on-Demand-Druckkopf

Michael Kübler, Björn Lemmermeyer, Wolfgang Wehl, Jörg Wild,  
 Institut für Mechatronik Heilbronn  
 (<http://iaf.hs-heilbronn.de/wiki/IMH>)

## Einleitung

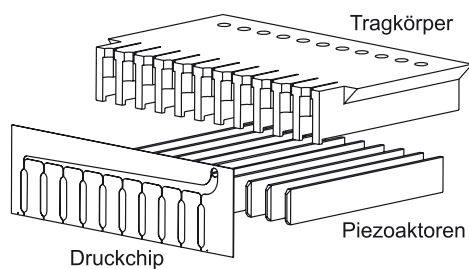
Am Institut für Mechatronik Heilbronn (IMH) wird ein Verfahren entwickelt, um sehr heiße, flüssige Metalle wie Tintentropfen in einem Tintendrucker verspritzen zu können [5]. Der neu entwickelte Druckkopf verspritzt einzelne Tropfen auf Abruf, d. h. nach dem Drop-on-Demand-Prinzip (kurz DoD). Zum Abschluss des ersten vom BMBF geförderten Teilprojektes konnte das Funktionsprinzip bereits erfolgreich nachgewiesen werden [5]. Allerdings entstehen während der Aufheiz- und Abkühlphasen dieses Prinzipmusters konstruktionsbedingt große thermisch induzierte mechanische Spannungen, welche sich nachteilig auf die Funktion, sowie die Lebensdauer des Druckkopfes auswirken.

Im folgenden Beitrag wird gezeigt, wie sich diese Spannungen mit Hilfe der inzwischen patentierten Idee [7, 6] eines akustischen Antriebs vollständig vermeiden lassen.

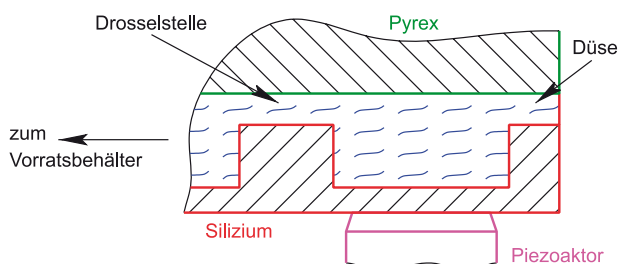
Um das Antriebssystem so auslegen zu können, dass sich mit Schallwellen einzelne Tröpfchen erzeugen lassen, wurde eine Modellierung mit finiten Elementen vorgenommen.

## 1 Der (Lot-)Druckkopf

Das Herzstück des Druckkopfes besteht aus einem recht einfachen, mikrotechnisch gefertigten Druckchip aus Silizium mit zehn Düsen [8]. Die Außenabmessungen des Druckchips betragen  $33,8 \times 10 \times 1 \text{ mm}^3$ . An den Chip wird ein Tragkörper aus Zirkonoxid



**Bild 1:** Explosionsdarstellung eines Druckkopfes



**Bild 2:** Querschnitt einer Druckkammer (prinzipielle Darstellung)



**Dipl.-Ing. (FH) Michael Kübler** studierte von 2002 bis 2005 an der Hochschule Heilbronn im Studiengang Mechatronik und Mikrosystemtechnik und ist seit 2005 als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Polymer-Institut Kunststofftechnik Heilbronn tätig. E-Mail: [kuebler@hs-heilbronn.de](mailto:kuebler@hs-heilbronn.de)



**Dr.-Ing. Björn Lemmermeyer** studierte von 1996 bis 2000 an der Hochschule Heilbronn im Studiengang Mechatronik und Mikrosystemtechnik und war von 2001 bis 2006 als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Mechatronik Heilbronn tätig.



**Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Wehl** ist Leiter des Instituts für Mechatronik Heilbronn und Geschäftsführer des Instituts für angewandte Forschung. Seine Forschungsschwerpunkte sind Tintendrucktechnologie, Mikrodosierung, Aufbau- und Verbindungstechnik und Mikro-montage. E-Mail: [wehl@hs-heilbronn.de](mailto:wehl@hs-heilbronn.de)



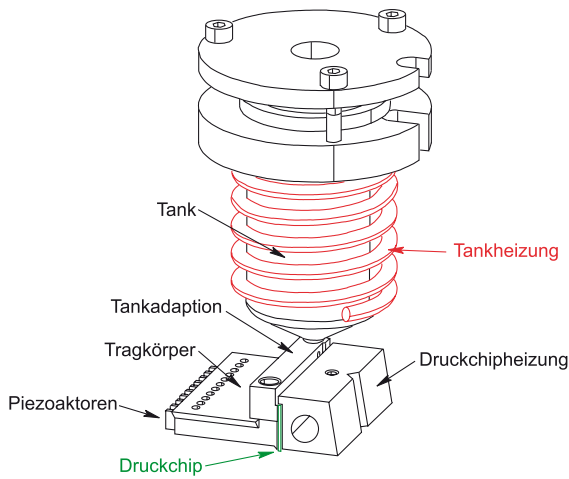
**Prof. Dr.-Ing. Jörg Wild** ist Leiter des Studiengangs Mechatronik und Mikrosystemtechnik der Hochschule Heilbronn und Mitglied des Instituts für Mechatronik Heilbronn. Fachlich ist er für CAD, Systeme der Feinwerktechnik und Mechatronik sowie Getriebetechnik zuständig. E-Mail: [wild@hs-heilbronn.de](mailto:wild@hs-heilbronn.de)

( $\text{ZrO}_2$ ) befestigt, in dem sich wiederum – wie Bild 1 zeigt – für jede Düse ein lamellenförmiger piezoelektrischer Aktor befindet.

In Bild 2 ist der Aufbau einer nach dem Drop-on-Demand-Prinzip arbeitenden Einzeldüse dargestellt.

Das zu verdruckende Fluid fließt von einem Vorratsbehälter über eine Drossel in eine Druckkammer. Große Kapillarkräfte in der Düse sorgen dafür, dass im Ruhezustand keine Flüssigkeit aus dem Druckkopf austreten kann.

Die Siliziumwandung jeder Druckkammer ist in Form einer Membran ausgeführt. Diese lässt sich mit einem Piezoaktor minimal durchbiegen. Dies bewirkt eine Verkleinerung des mit Flüssigkeit gefüllten Kammervolumens. Das verdrängte Flüssigkeitsvolumen verlässt den Druckkopf bei richtiger Auslegung von Drossel und Düse als schnell fliegender Tropfen. Die Größe der Tropfen sowie deren Fluggeschwindigkeit sind in starkem Maße von den rheologischen Eigenschaften des Fluids, der Düsen- und Drosselgeometrie sowie den Ansteuerparametern der Piezoaktoren abhängig.



**Bild 3:** Druckkopf mit Tank (vergleiche Bild 1)

Da das primäre Einsatzgebiet des am Institut für Mechatronik entwickelten Druckkopfes das Verdrücken von flüssigen Metallen (hauptsächlich Weichlote) ist, ist es unumgänglich eine Temperierung des zu verdrückenden Mediums auf eine Temperatur von bis zu 300 °C vorzusehen. Diese wird mit Hilfe einer Vorratsbehälterheizung sowie einer Druckchipheizung vorgenommen (Bild 3).

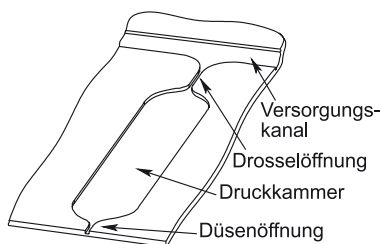
Bedingt durch diese hohen Temperaturen ist eine thermisch entkoppelte Anbindung der Piezoaktoren an den Druckchip unumgänglich, da die Dauereinsatztemperatur von PZT-Piezokeramiken (Blei-Zirkonat-Titanat) nicht mehr als etwa 180 °C betragen darf. Andernfalls kommt es zu einer Depolarisation des piezoelektrischen Effekts.

Der thermisch entkoppelten Anbindung der Piezoaktoren an den Druckchip kommt die mit  $\lambda_{PZT} \approx 1,1 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$  vergleichsweise niedrige spezifische Wärmeleitfähigkeit der verwendeten Piezokeramik entgegen. Durch die Minimierung der Kontaktfläche zwischen den Druckchipmembranen und den auf diesen aufstehenden Piezoaktoren, sowie der Möglichkeit die Piezoaktoren durch Zwangskonvektion mittels einer Gasspülung zu kühlen, kann sichergestellt werden, dass die Temperatur der piezoelektrisch aktiven Aktorbereiche die Maximaltemperatur nicht übersteigt [8].

**1.1 Das bisherige, statisch geschlossene Antriebssystem**

Die membranförmig ausgeführte Bodensektion der einzelnen Druckkammern (Bild 4) wird durch die Längenänderung des jeweiligen Piezoaktors ausgelenkt [8, 9].

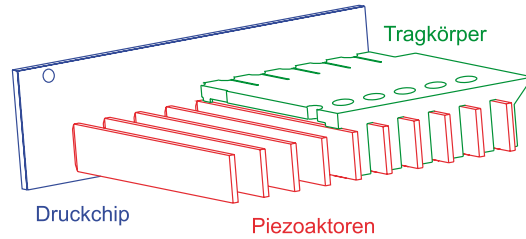
In bisher aufgebauten Funktionsmustern wurden die an einem Ende auf dem Druckchip aufstehenden Piezoaktoren an deren anderem Ende durch den Tragkörper abgestützt.



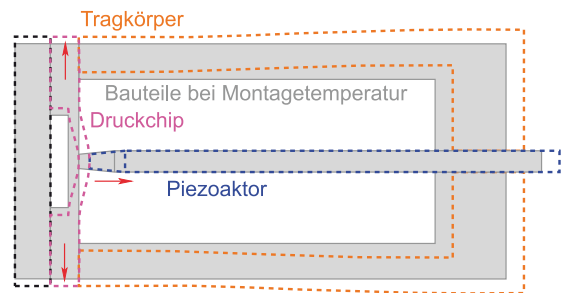
**Bild 4:** Druckkammer

Der Tragkörper ist wiederum stoffschlüssig mit dem Druckchip verbunden. Aufgrund des dadurch resultierenden geschlossenen Kraftflusses führt eine Längenänderung eines Piezoaktors zu einer Auslenkung der Druckchipmembran.

Allerdings kann es durch diesen geschlossenen Kraftfluss auch zu einer statischen Membrandeformation aufgrund von thermisch induzierten mechanischen Spannungen des Aufbaus kommen. Diese werden durch die unterschiedliche temperaturabhängige Längenänderung von Tragkörper und Piezoaktor verursacht. Grund hierfür ist vorrangig das unterschiedliche Wärmeausdehnungsverhalten von Druckchip-, Tragkörper und Piezoaktormaterial (Tabelle 1).



**Bild 5:** Druckkopf (der Tragkörper ist nur teilweise dargestellt)



... die aufgrund einer Erwärmung deformierten Bauteile sind strichliert dargestellt

**Bild 6:** Deformation des Druckchips aufgrund von Thermospannungen (Prinzipskizze: geschnittene Draufsicht einer Druckkammer mit Piezoaktor und Tragkörper)

In Bild 6 ist prinzipiell dargestellt, wie sich der Druckkopf bei einer Temperaturerhöhung verhält, wenn die Piezoaktoren sowohl mit dem Druckchip als auch mit dem Tragkörper stoffschlüssig verbunden sind.

Bezeichnung	Material	$\alpha$ in $10^{-6} \text{ K}^{-1}$
Druckchip	Silizium, Pyrex	2,6
Aktor	Blei-Zirkonat-Titanat	6,5
Tragkörper	Zirkonoxid ( $\text{ZrO}_2$ )	10,0

Tabelle 1: Thermische Längenausdehnungskoeffizienten  $\alpha$ .

Die durch die unumgänglichen Unterschiede zwischen Montage-, Stillstands- und Arbeitstemperatur verursachten thermischen Spannungen können von Brüchen der stoffschlüssigen Verbindungsstellen der einzelnen Bauteile bis hin zu Membran- und/oder Aktorbrüchen führen.



## 2 Überarbeitetes Antriebssystem

Sobald man den geschlossenen Kraftfluss der bisherigen Konstruktion öffnet – z. B. indem man wie in Bild 7 schematisch dargestellt, den Tragkörper entfernt – entstehen keine thermisch induzierten mechanischen Spannungen mehr [7, 6]. Doch wie kann mit Hilfe der jetzt frei schwingenden Piezoaktoren eine definierte Bewegung in die Druckchipmembranen eingekoppelt werden?

Statische Auslenkungen der Druckchipmembranen sind mit der in Bild 7 dargestellten Anordnung natürlich nicht mehr möglich. Dies ist indes unproblematisch, da zum Ausstoßen von Tropfen nur kurz andauernde, dynamische Bewegungen erforderlich sind.



**Bild 7:** Antriebssystem mit in Membranauslenkungsrichtung frei schwingendem Aktor (Prinzipskizze: vergleiche Bild 6)

### 2.1 Funktionsprinzip

Wie schon beim bisherigen Aufbau des Druckkopfes lassen sich für den akustischen Antrieb lamellenförmige Piezoaktoren verwenden. Allerdings dürfen sich die für die Energieeinkopplung notwendigen Elektroden – wie später gezeigt wird – nur noch in einem genau definierten Bereich (Bild 8, Abschnitt  $a_2$ ) befinden. Legt man an diese Elektroden eine elektrische Spannung  $U$  an, so verkürzt sich aufgrund des piezoelektrischen Quereffekts (Koeffizient  $k_{31} < 0$ ) die Länge  $a_2$  der Piezoaktoren nach Gleichung 1 um  $\Delta a_2$  [3]. Nach dem Ausgleichen der auf den Elektroden getrennten elektrischen Ladung stellt sich wieder die Ausgangslänge  $a_2$  ein.

$$\Delta a_2 \sim k_{31} \cdot a_2 \cdot U \quad (1)$$

Die spannungsinduzierten Längenänderungen können sich nicht schlagartig auf den restlichen Aktor und die angekoppelte Membran des Druckchips übertragen, sondern erzeugen zunächst mechanische Zug- und Druckspannungen. Diese breiten sich mit der material- sowie geometriespezifischen Schallgeschwindigkeit – formal korrekt „Phasenausbreitungsgeschwindigkeit“  $c_{PZT}$  genannt – nach akustischen Gesetzmäßigkeiten innerhalb der Piezoaktoren aus. Treffen die Schallwellen auf Grenzflächen mit anderer mechanischer Impedanz – z. B. am hinteren, frei schwingenden (offenen) Ende der Aktoren – so werden diese mehr oder weniger vollständig und phasenverschoben reflektiert.

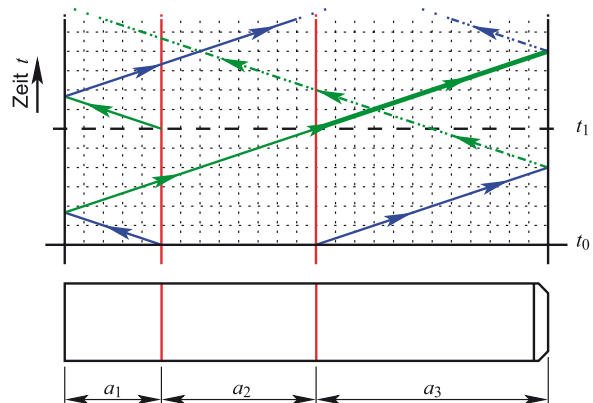
Dies bedeutet, dass die mechanischen Impedanzen der Piezoaktoren und die der Druckchipmembranen so aneinander angepasst sein sollten, dass das Maximum der innerhalb der Piezoaktoren erzeugten Schallenergie in die Druckchipmembranen eingekoppelt werden kann. Durch die Einkopplung innerhalb der Piezoaktoren erzeugter Unter- und Überdruckwellen (Bild 8) in

die Druckkammern, kann ein definierter Tropfenausstoß erzeugt werden.

Bild 8 zeigt den angestrebten Verlauf der Wellenfronten innerhalb des lediglich teilweise piezoelektrisch aktiven Aktors.

Um den in Bild 8 idealisiert dargestellten Verlauf der Wellenfronten innerhalb der Piezoaktoren zu erzeugen, kann wie folgt vorgegangen werden:

- Die Elektroden des mit  $a_2$  gekennzeichneten und schraffierten Aktorabschnitts werden zum Zeitpunkt  $t_0$  mit einer elektrischen Spannung beaufschlagt. Dies führt – wie bereits erläutert – aufgrund des piezoelektrischen Quereffekts zu einer Kontraktion dieses Aktorbereiches.
- Die Verkürzung verursacht Zugspannungen in diesem Bereich, welche sich in Form von zwei Unterdruckwellen<sup>1</sup>, welche in entgegengesetzten Richtungen die Aktorabschnitte  $a_1$  und  $a_3$  mit der Phasenausbreitungsgeschwindigkeit  $c_{PZT}$  durchlaufen.
- Die Unterdruckwelle, welche Aktorabschnitt  $a_1$  durchläuft, wird bei Erreichen des nicht fixierten<sup>2</sup> und somit offenen Aktorendes gegenphasig reflektiert.
- Die durch die gegenphasige Reflexion entstandene Überdruckwelle<sup>3</sup> durchläuft wiederum Aktorabschnitt  $a_1$  und erreicht zum Zeitpunkt  $t_1$  das in Bild 8 rechtsseitige Ende des piezoelektrisch aktiven Aktorabschnitts  $a_2$ .
- Zum Zeitpunkt  $t_1$  wird die Ansteuerspannung abgeschaltet und die Elektroden des piezoelektrisch aktiven Aktorbereiches  $a_2$  kurzgeschlossen. Dies führt zu einer Relaxation des zuvor um  $\Delta a_2$  kontrahierten Aktorabschnitts  $a_2$ .
- Es entstehen wiederum zwei sich in entgegengesetzte Richtungen durch die Aktorabschnitte  $a_1$  und  $a_3$  ausbreitende Überdruckwellen. Innerhalb des Aktorabschnitts  $a_3$  kommt es zu einer Überlagerung der aufgrund des Abschaltens der Ansteuerspannung entstehenden, sowie der zuvor durch Reflexion entstandenen Überdruckwellen (siehe „fett“ gezeichnete grüne Linie in Bild 8).
- Durch diese Überlagerung weist die durch Aktorabschnitt  $a_3$  laufende Überdruckwelle eine höhere Amplitude auf und löst den Tropfenausstoß aus.



**Bild 8:** Verlauf der Druck- beziehungsweise Dichtewellenfronten

<sup>1)</sup> Unterdruckwellen sind in Bild 8 durch blaue Linien angedeutet

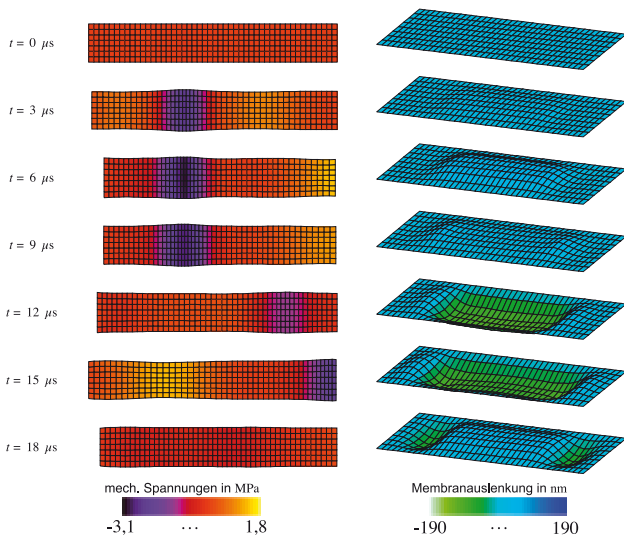
<sup>2)</sup> in Bild 8 linksseitiges Aktorende

<sup>3)</sup> Überdruckwellen sind in Bild 8 durch grüne Linien angedeutet

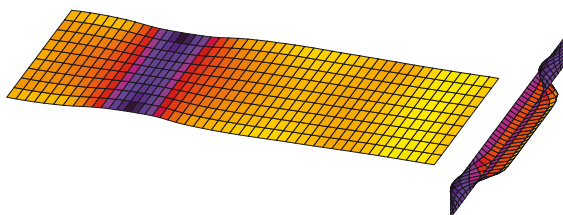
Ein akustisches Antriebsverfahren wurde im ersten kommerziell eingesetzten Drop-on-Demand-Tintendruckkopf bereits 1977 bei Siemens eingesetzt [1, 4]. Anstatt eines Festkörpers, benutzt der Druckkopf von Siemens allerdings Tinte für den akustischen Energie- und Massentransport.

**2.2 Simulationsergebnisse**

Neben dem in 2.1 beschriebenen und in Bild 8 prinzipiell dargestellten eindimensionalen Modell der Wellenausbreitung innerhalb des Piezoaktors, wurden in einer Diplomarbeit am Institut für Mechatronik Heilbronn weiterführende Modelle des mechanischen Verhaltens des Antriebssystems mit frei schwingendem Aktor erstellt [2].



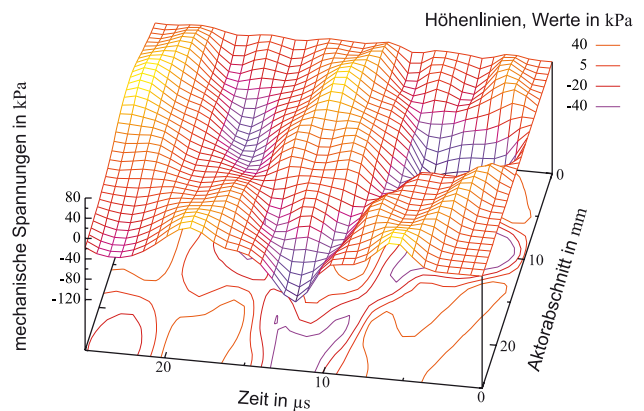
**Bild 9:** Ergebnisse einer FEM-Simulation der Aktor- und Membran-deformation (Abbildung nicht maßstäblich; Deformation stark überhöht dargestellt).



**Bild 10:** Gekoppeltes Aktor-Membranmodell

Die in Bild 9 dargestellten Ergebnisse wurden mit Hilfe eines gekoppelten Aktor- und Membranmodells (Bild 10) berechnet. Dieses Modell wurde mit Hilfe von isoparametrischen finiten Elementen erster Ordnung mit jeweils vier Eckknoten erstellt. Mittels dieses Modells kann unter Annahme einer jeweils konstanten spezifischen Steifigkeit, Dämpfung und Masse des Aktor-beziehungsweise Membranmaterials ein lineares Differentialgleichungssystem zweiter Ordnung formuliert werden. Dieses kann ohne Einschränkung der Allgemeinheit durch eine einfache Substitution in ein Differentialgleichungssystem erster Ordnung mit der doppelten Anzahl von Gleichungen umgeschrieben werden. Für die Lösung dieser Art von Differentialgleichungssystemen wurde ein so genannter ODE<sup>4)</sup>-Solver des Softwarepaketes Matlab®<sup>5)</sup> verwendet.

Die sich in der Druckkammer befindliche Flüssigkeit wurde näherungsweise in Form der durch diese auf die Membran ausgeübte Rückwirkung innerhalb des Membranmodells berücksichtigt. Eine mehrdimensionale Modellierung der fluiddynamischen Vorgänge innerhalb der Druckkammer wurde noch nicht vorgenommen. In Bild 11 ist der berechnete zeitliche Verlauf der über den Aktorquerschnitt gemittelten mechanischen Spannungen über der Länge des Piezoaktors dargestellt. In diesem Diagramm ist der zeitliche Verlauf der Druckwellenfronten in Aktorlängsrichtung (Bild 8) zu erkennen. Es wird deutlich, dass es (noch) nicht gelingt, die gesamte, durch die Kontraktion des Piezoaktors erzeugte Bewegungsenergie in den Druckchip einzukoppeln. Vielmehr ist, nachdem der eigentliche Tropfenausstoß erfolgt ist – das heißt die zweite Zugwellenfront an der Membran angekommen ist (siehe 2.1) – weiterhin innerhalb des Aktors oszillierende Bewegungsenergie in Form von Druck- und Zugwellenfronten erkennbar.



**Bild 11:** Zeitlicher und örtlicher Verlauf der mechanischen Spannungen innerhalb des Piezoaktors nach Bild 9.

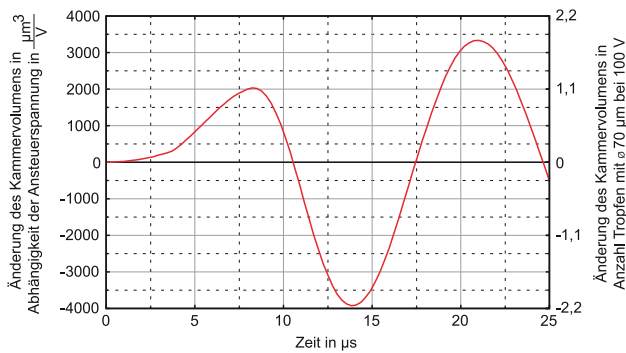
Da die Änderung des Kammervolumens in erster Näherung linear von der Ansteuerspannung der Piezoaktoren abhängig ist, wird die berechnete Änderung des Druckkammervolumens während eines Druckvorgangs in Bild 12 in auf die Ansteuerspannung normierter Form angegeben. Um die Anschaulichkeit zu steigern, wird in Bild 12 zusätzlich die Änderung des Druckkammervolumens in der Anzahl von Tropfen mit einem Durchmesser von 70 µm bei einer Ansteuerspannung der Piezoaktoren von 100 V dargestellt.

In Bild 12 ist deutlich zu erkennen, dass es zunächst zu einer Vergrößerung des Druckkammervolumens kommt. Dies ist auch aus den in Bild 9 dargestellten Ergebnissen ersichtlich.

Die Verkleinerung des Druckkammervolumens führt zur Bildung eines schnell fliegenden Tropfens an der Düse. Das Ablösen dieses Tropfens von der Düse und der Übergang in die Flugphase wird durch die erneute Vergrößerung des Druckkammervolumens, welche ein Zurückziehen und Abreißen des Fluids an der Düse bewirkt, begünstigt.

<sup>4)</sup> Ordinary-Differential-Equation

<sup>5)</sup> ©The MathWorks, Inc. (<http://www.mathworks.com>)



**Bild 12:** Verlauf der Änderung des Druckkammervolumens (vergleiche Bild 9).

### 3 Zusammenfassung

Der Nachweis, dass das in diesem Artikel vorgestellte Antriebskonzept funktioniert, wurde durch den Aufbau erster Funktionsmuster im Labor für Mikrotechnik des IMHs erbracht.

Prinzipbedingt entstehen durch den akustischen Antrieb keine Wärmespannungen mehr, so dass einer Weiterentwicklung des Druckkopfes zu noch höheren Betriebstemperaturen kaum noch etwas entgegensteht.

#### 3.1 Einsatzgebiete des „akustischen“ Lot-Druckkopfes

Der Lotdruck stellt vor allem eine wirtschaftliche Alternative für die in der Halbleiterindustrie bisher eingesetzten Bumpingtechnologien dar. Dies gilt insbesondere für die Fertigung von kleinen Losgrößen elektronischer Bauteile, da der Fixkostenanteil für das Waferbumping mittels Lotdruck durch keinerlei bauteilspezifische Individualisierungen bestimmt wird. Für andere Bumpingtechnologien hingegen, wie zum Beispiel dem Schablonendruck oder der galvanischen Abscheidung werden bauteilspezifische Masken benötigt. Die Herstellung dieser Masken ist mit einem nicht unerheblichen Aufwand verbunden, welcher für den Prototypenbau häufig gänzlich inakzeptabel hoch ist (vergleiche [8]). Weiterhin besteht eine große Nachfrage nach Mikrodosiersystemen, welche in der Lage sind auch hochviskosere<sup>6</sup> Medien in kleinen bis kleinsten<sup>7</sup> Mengen mit hoher Genauigkeit und Geschwindigkeit zu dosieren. Auf diesem Gebiet stellt der Druckkopf des IMH eine interessante Alternative zu bereits am Markt etablierten Verfahren dar (siehe [9]).

Ein wesentlicher Vorteil dieses Druckkopfes besteht in der Möglichkeit, die zu verdruckenden Stoffe bei Temperaturen von derzeit bis zu 300 °C verarbeiten zu können. Dies ermöglicht es, die rheologischen Eigenschaften vieler Stoffe gezielt zu beeinflussen und auf diese Weise ein Verdrucken überhaupt erst möglich zu machen.

### Nachwort

Die Diplomarbeit des Autors Michael Kübler [2] wurde mit dem Heinz-Dieter Schunk Innovationspreis für Mechatronik 2005 ausgezeichnet.

### Literatur

- [1] Heinzl, J.: Piezoelektrisches Antriebselement für Schreibdüsen. Deutsches Patent 25 37 767 B1, 1975.
- [2] Kübler, M.: Modellierung eines piezoelektrischen Drop-On-Demand-(Lot-)Druckkopfes. Diplomarbeit, Hochschule Heilbronn, 2005.
- [3] Tichý, J. und G. H. Gautschi: Piezoelektrische Messtechnik. Springer, Heidelberg, erste Auflage, 1980.
- [4] [4.1] Wehl, W.: Akustik und Fluidmechanik in Kanälen und Düsen von Tintenschreibwerken. \*Dissertation\*, Technische Universität München, Fakultät für Maschinenwesen, Lehrstuhl für Feingerätebau und Getriebelehre, 1984.  
[4.2] Lemmermeyer, B.: Ein hochtemperaturbeständiger Einzeltropfenerzeuger für flüssige Metalle. Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 1 Nr. 392, ISBN 3-18-339201-1
- [5] Wehl, W., J. Kloeser, P. Krause, S. Krotz, B. Lemmermeyer, J. Schmidt und J. Wild: Lotdruck-Verfahren zur Herstellung von Bumps – "JET". In: Ergebnisbericht des Verbundprojektes, 2003.
- [6] Wehl, W. und J. Wild: Druckkopf zum Ausspritzen eines heißen flüssigen Mediums. Europäisches Patent 1 200 224 B1, 1999.
- [7] Wehl, W. und J. Wild: Fluidausgabevorrichtung. Deutsches Patent 103 32 760 B3, 2003.
- [8] Wehl, W., J. Wild und B. Lemmermeyer: Tintendruck – Allein zum Drucken viel zu schade. Ein Drop-on-Demand-Metal-Jet-Druckkopf für das Wafer-Bumping. Horizonte, Nummer 23: Seiten 8 bis 12, 2003.
- [9] Wehl, W., J. Wild, B. Lemmermeyer und M. Kübler: A Drop-on-Demand Printhead Suitable for Hot and Relatively Viscous Liquids. In: 2nd International Workshop on Ink-Jet Printing of Functional Polymers and Materials, Eindhoven, The Netherlands, June, 29-30th 2005. CombiMat (Combinatorial Materials-Research, <http://www.combimat.org>).

<sup>6)</sup> derzeit ist Glycerin (93 %) mit einer dynamischen Viskosität von  $\eta \approx 400 \text{ mPa}\cdot\text{s}$  bei 20 °C der zähflüssigste, mit dem (Lot-)Druckkopf des IMH verdruckte Stoff

<sup>7)</sup> im Nano- bis Pikoliterbereich



# Energiegewinnung aus Reisstroh mit dem Flugstrom/Zyklon- Verfahren

**Prof. Dr.-Ing. Ewald Pruckner**, Hochschule Heilbronn und Steinbeis Transferzentrum für Verfahrens-, Energie- und Umwelttechnik  
**Dipl.-Ing. (FH) Steffen Gorzawski**, **Dipl.-Ing. (FH) Thomas Slabsche**,  
**Dipl.-Ing. (FH) Jan Clabunde**, **Dipl.-Ing. (FH) Eugen Müller**; Steinbeis Transferzentrum, Verfahrens-, Energie- und Umwelttechnik

## 1 Einleitung

Angesichts der begrenzten Verfügbarkeit fossiler Brennstoffe, wachsender Klimaproblematik und rapid ansteigender Energiekosten, müssen verstärkt alternative Einsatzstoffe für den Betrieb von energieerzeugenden Anlagen gefunden werden. Hierbei ist insbesondere die energetische Nutzung von fester Biomasse als Brennstoff eine wichtige Alternative zur Verbrennung fossiler Energieträger wie Gas, Öl oder Kohle. Während Konversionstechniken zur Verbrennung von Holz weitestgehend ausgereift sind, ist die Nutzung anderer Biomassen, sowie ihr Einsatz in thermischen Anlagen weniger erprobt.

Biomassebrennstoffe sind als schwierige Brennstoffe einzustufen, wie die Erfahrungen – insbesondere im Hinblick auf die Energieumsetzungsdichte, das Zünd- und Ausbrandverhalten, die Verschlackungsgefahr und Korrosionserscheinungen – sowie ein Vergleich mit fossilen Brennstoffen zeigen. Vor allem die Verschlackungs- und Korrosionserscheinungen beeinträchtigen die Anlagenverfügbarkeit und damit die Wirtschaftlichkeit von Mono- oder Coverbrennungsanlagen für Biomassen.

Ein neues nach dem Flugstrom/Zyklon- Prinzip konzipiertes thermisches Verfahren, angelehnt an die Verfahrenstechnik der Zementherstellung, wird vorgestellt. Bei diesem Verfahren wird flugfähig aufbereitetes Reisstroh verbrannt und mit der freigesetzten Energie Strom erzeugt.

Um wichtige Informationen über den Brennstoff Reisstroh zu erhalten, sowie das Zündverhalten mit anschließender Oxidation und die verbrennungstechnischen Eigenschaften von Reisstroh zu untersuchen wurde das bisher unerprobte **Flugstrom/Zyklon-Verfahren** in einer Technikumsanlage realisiert. Mit Hilfe sorgfältig geplanter Versuche sollte geklärt werden, ob ein stabiler Betrieb mit diesem Verfahren grundsätzlich möglich ist, ob sich Reisstroh als Brennstoff eignet und welche Probleme bei diesem Verfahren noch gelöst werden müssen.

## 2 Brennstoffe und Biomassen

Als **Brennstoffe** werden Materialien bezeichnet, die technisch zur Wärmeerzeugung eingesetzt werden. Die in ihnen gespeicherte, chemische Energie kann durch Oxidation (Verbrennung) in Wärmeenergie umgewandelt werden.

Grundsätzlich unterscheidet man zwischen festen, flüssigen und gasförmigen Brennstoffen.



**Prof. Dr.-Ing. Ewald Pruckner** lehrt an der Hochschule Heilbronn die Fächer Thermodynamik/Energetik, Wärme- und Stoffübertragung, Thermische Verfahrenstechnik im Studiengang Verfahrens- und Umwelttechnik. Er leitet seit 1987 das Steinbeis Transferzentrum, Verfahrens-, Energie- und Umwelttechnik, wo durch zahlreiche aktuelle Industrieprojekte Impulse für Forschung und Lehre erworben werden. Pruckner@hs-heilbronn.de



**Dipl.-Ing. (FH) Steffen Gorzawski** studierte von 1986 bis 1990 an der Hochschule Heilbronn im Fachbereich Physikalische Technik. Seit Oktober 1990 ist er im Steinbeis- Transferzentrum, Verfahrens-, Energie- und Umwelttechnik als Projektingenieur tätig. Ein Schwerpunkt seiner Tätigkeiten in den letzten Jahren bildeten Untersuchungen zur thermischen Behandlung von industriellen Abfällen mittels Pyrolysetechnik. Steffen.Gorzawski@stz-veu.de



**Dipl.- Ing. (FH) Thomas Slabsche** studierte von 2002 bis 2006 an der Hochschule Heilbronn im Studiengang Verfahrens- und Umwelttechnik. Seit Januar 2007 ist er im Steinbeis Transferzentrum, Verfahrens-, Energie- und Umwelttechnik als Projektingenieur tätig. Ein Schwerpunkt seiner Tätigkeiten ist die Planung und Realisierung von Versuchs- und Technikumsanlagen sowie die Durchführung von Untersuchungen zur thermischen Behandlung von Biomassen. Thomas.Slabsche@stz-veu.de



**Dipl.- Ing. (FH) Eugen Müller** studierte von 2000 bis 2005 an der Hochschule Heilbronn im Studiengang Verfahrens- und Umwelttechnik. Seit September 2005 ist er als Projektingenieur im Steinbeis-Transferzentrum, Verfahrens-, Energie- und Umwelttechnik tätig. Schwerpunkte seiner Tätigkeiten sind dabei u.a. Engineering und Genehmigungsplanung von thermischen Anlagen zur Verwertung von Biomassen und Abfällen, strömungstechnische Untersuchungen sowie physikalische Wasserbehandlung. Eugen.Mueller@stz-veu.de



**Dipl.-Ing. (FH) Jan Clabunde** studierte von 2001 bis 2007 an der Hochschule Heilbronn im Studiengang Verfahrenstechnik und Umwelttechnik. Seit März 2007 ist er im Steinbeis Transferzentrum für Verfahrens-, Energie- und Umwelttechnik als Projektingenieur tätig. Die Schwerpunkte seiner Tätigkeiten bildet die Anlagenplanung, Forschung und Entwicklung neuer Verfahren in den Bereichen Regenerative Energien, Wasseraufbereitung sowie Untersuchungen zur thermischen Behandlung von kommunalen und industriellen Abfällen mittels Pyrolysetechnik. Jan.Clabunde@stz-veu.de

Als feste Brennstoffe seien beispielhaft Stein- und Braunkohle, Koks, Holz, Stroh, Klärschlamm genannt. Flüssige Brennstoffe sind u. a. leichte und schwere Heizöle, Benzine, Ethanol oder Teeröle. Gasförmige Brennstoffe sind z.B. Erdgas oder Stadtgas. Um die chemisch gebundene Energie freisetzen zu können, müssen mehrere Voraussetzungen erfüllt sein:

1. Man benötigt brennbares Material (Brennstoff). Die Temperatur des zu verbrennenden Stoffes muss höher sein als seine Flammpunkttemperatur. Erst dann werden brennbare Dämpfe freigesetzt, die sich zünden lassen. Die Flammpunkttemperatur ist die niedrigste Temperatur, bei der sich die Substanz entzünden lässt. Sie wird auch als Flammpunkt bezeichnet.
2. Vorhandensein einer Zündquelle. Zum Entflammen der Brennstoff-/Sauerstoffmischung muss Aktivierungsenergie z.B. in Form eines Zündfunken bereitgestellt werden. Ist die Verbrennungsreaktion einmal angelaufen und wird ständig Brennstoff und genügend Sauerstoff bereitgestellt, so läuft sie von selbst weiter.
3. Es muss Sauerstoff in ausreichender Menge vorhanden sein, welcher für die exotherme Oxidation benötigt wird. Im Idealfall einer vollständigen, sauberen Verbrennung wird der gesamte vorhandene Kohlenstoff in Kohlenstoffdioxid umgewandelt. Bei dieser Reaktion werden große Mengen an Wärmeenergie gebildet.

Die wichtigste Eigenschaft jedes Brennstoffes ist der **Brenn-/Heizwert**. Der **Brennwert**  $H_0$  ist die Wärmemenge, die bei vollständiger und vollkommener Verbrennung einer definierten Brennstoffmenge freigesetzt wird. Der Heizwert  $H_u$  unterscheidet sich vom Brennwert insofern, dass das Wasser nach der Verbrennung in dampfförmigem Zustand vorliegt, er also um die Verdampfungsenthalpie kleiner ist.

### 2.1 Feste Biomasse als Brennstoff

Wird feste Biomasse als Brennstoff eingesetzt, so spricht man von **biogenen Festbrennstoffen**. Dies sind Brennstoffe, die zum Zeitpunkt ihrer energetischen Nutzung in fester Form vorliegen. Hierzu zählen z.B. Waldrestholz, Holzhackschnitzel, gepresster Klärschlamm und alle Arten von Stroh.

Will man feste Biomasse als Brennstoff verwenden, ist es wichtig, die **chemischen** und **physikalischen Eigenschaften** zu kennen. Diese haben nicht nur wesentlichen Einfluss auf die Feuerung selbst, sondern auch auf die Art und Weise, wie der Brennstoff gefördert werden kann, auf die erforderliche Anlagenregelung, auf die nachgeschaltete Rauchgasreinigung und auf die Ascheverwertungsmöglichkeiten.

Bei den **physikalischen Kriterien**, die bei der Bewertung eines Biomassebrennstoffes eine Rolle spielen, sind dessen Form und Partikelgröße, der Wassergehalt und der Brennwert/Heizwert, sowie die Bandbreite möglicher Schwankungen dieser Parameter besonders wichtig. Die Form, Partikelgröße und Dichte hat wesentlichen Einfluss auf die zu wählende Fördertechnik, die Art und Weise der Trocknung und die Wahl der Verbrennungstechnik. Der Wassergehalt beeinflusst besonders die Lagerfä-

higkeit, die Selbstbrandgefahr und das Abbrandverhalten. Der Brennwert/Heizwert ist für die Auslegung der Feuerung und der gesamten Anlage entscheidend.

Bei den **chemischen Eigenschaften** sind die Konzentrationen an Stickstoff (N), Schwefel (S) und Chlor (Cl) und die durchschnittliche Konzentration an Alkali- und Schwermetallen wichtig. Der Stickstoffgehalt des Brennstoffes beeinflusst u.a. den zu erwartenden  $\text{NO}_x$ -Ausstoß. Schwefel ist für  $\text{SO}_x$ -Emissionen und korrosive Substanzen wie Schwefelsäure verantwortlich. Ist Chlor vorhanden, so ist die Gefahr der Dioxin- und Furanbildung gegeben, zusätzlich können Korrosionsprobleme durch HCl-Bildung auftreten. Alkali- und Erdalkalimetalle beeinflussen das Schmelzverhalten der Asche. Schwermetalle führen zu Emissionsproblemen und Problemen bei der Ascheverwertung.

### 3 Thermische Behandlung von Reisstroh mit dem Flugstrom/ Zyklon-Verfahren

Das **Flugstrom/Zyklon-Verfahren** ist aus dem Calcinierungsprozess in einem Zementwerk abgeleitet. Dort findet während einer pneumatischen Förderung die Vorcalcinierung der Einsatzstoffe statt, bevor diese dann in einem Drehrohrofen vollständig umgesetzt werden.

Ausgehend vom Calcinierungsprozess in der Zementindustrie wurde das **Flugstrom/Zyklon-Verfahren** der Verbrennung von Biomasse angepasst.

Das Ziel des **Flugstrom/Zyklon-Verfahrens** ist die energetische Nutzung fester Biomasse, in erster Linie Reisstroh und Reisspelzen. Die aus dem Reisstroh freigesetzte Energie im Rauchgas wird zur Dampferzeugung genutzt. Der Dampf wird in einer Turbine entspannt, die einen Generator antreibt, welcher Strom produziert.

Eine Schweizer Firma will dieses neue Verfahren erstmals großtechnisch umsetzen und eine Anlage mit einer Feuerungswärmeleistung von  $50 \text{ MW}_{\text{th}}$  realisieren. **Bild 3-1** zeigt ein Blockschaltbild des Verfahrens.

Die Verbrennung des flugfähig aufbereiteten Strohs beginnt durch den radialen Eintrag in die Brennstrecke gemeinsam mit dem vom Heißgaserzeuger kommenden Zündgasstrom. Durch die gezielte Zumischung von rezirkuliertem Rauchgas und Sekundärluft wird die Verbrennung bei optimaler Luftzahl ( $\lambda$  1,6 bis 1,8 in der Brennstrecke) durchgeführt. Die eintretende exotherme Reaktion setzt die gespeicherte chemische Energie der Biomasse frei und heizt das Rauchgas auf, was, zusammen mit dem Wärmeaustausch zwischen den einzelnen Phasen, zu einer vollständigen Verbrennung des Brennstoffes führt. Innerhalb der Reaktionsstrecke laufen die Prozesse Trocknung, Entgasung, Vergasung und Oxidation nahezu spontan und zeitgleich ab. In der rohrförmig innen ausgemauerten Brennstrecke wird ein Großteil der freigesetzten Energie durch ein Kühlsystem in der Rohrwandung abgezogen um die Temperaturen unterhalb des Ascheschmelzpunktes von Stroh (ca.  $870 - 900 \text{ }^\circ\text{C}$ ) zu halten und ein Verkleben der Anlage zu vermeiden. Um die Energieausbeute zu optimieren werden die Brennstrecke sowie der

nachgeschaltete Zyklon auch von außen isoliert. Die Asche wird im Zyklon abgeschieden. Durch die dort auftretenden Rotationskräfte werden die Feststoffteilchen radial zur Zyklonwand bewegt und zum konischen Austrag hin abgeschieden. Das vom Grobstaub befreite Rauchgas wird über das zentrale Tauchrohr zur nächsten Betriebseinheit, dem Abhitzekessel befördert. Im Abhitzekessel findet der Großteil der Wärmenutzung statt. Das Rauchgas strömt an Wärmetauscherrohren vorbei und erhitzt und verdampft das Speisewasser in den Rohren. Der entstandene Dampf wird in einer Turbine entspannt. Diese treibt einen Generator an, der zur Stromerzeugung dient. Der entspannte Dampf wird in einem Kondensator vollständig kondensiert und wieder dem Abhitzekessel zugeführt.

Das den Abhitzekessel verlassende Rauchgas strömt durch die Abgasreinigung. Hier werden die unerwünschten Gasbestandteile wie z.B. HCl und SO<sub>2</sub> ausgewaschen sowie die Reststäube abgeschieden. Vom gereinigten Abgas wird ein Teil in die Brenn-

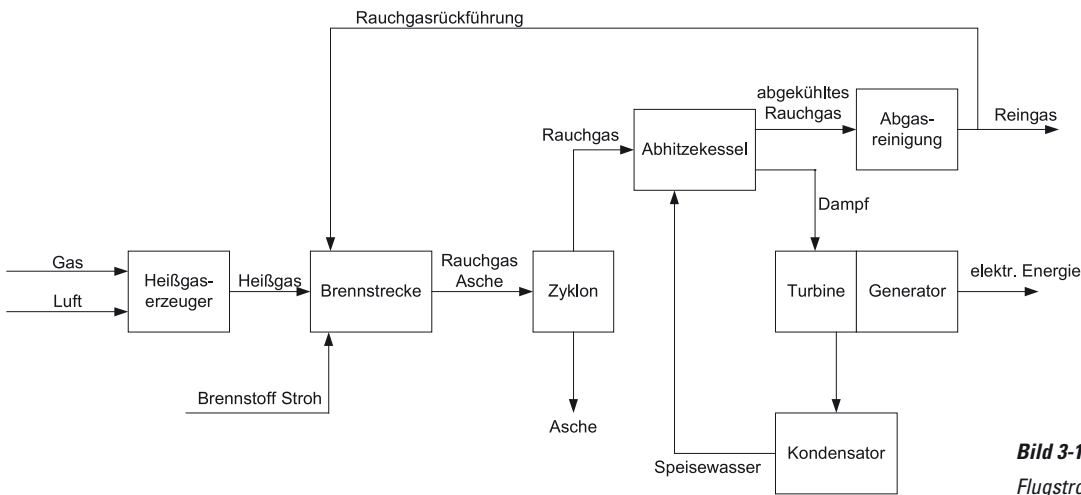
strecke zurückgeführt, um dort die Temperatur zu kontrollieren und die NO<sub>x</sub>-Bildung zu vermindern, der Rest wird über einen Kamin an die Umgebung abgeführt.

Das vorgestellte Verfahren ist für den Bereich der Biomassenfeuerung neu und unerprobt. Somit kann man auf keine Erfahrungswerte aus Technikumsanlagen oder aus dem laufenden Betrieb von Großanlagen zurückgreifen.

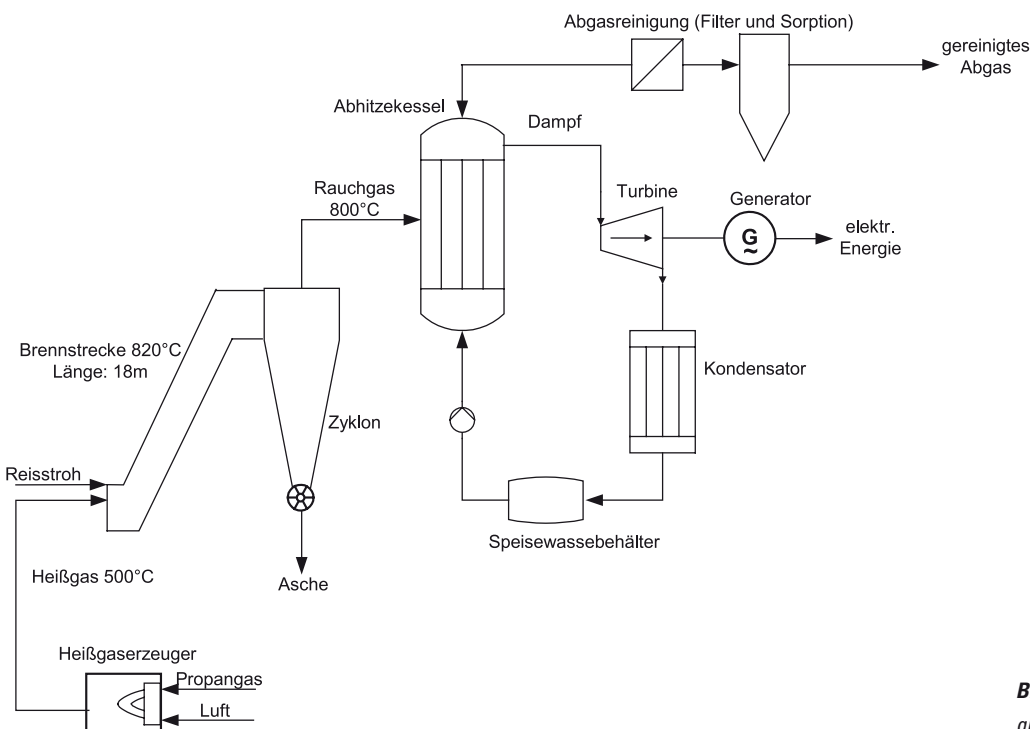
**Bild 3-2** zeigt ein Verfahrensfliessbild der ersten geplanten großtechnischen Anlage in Vercelli, Italien.

#### 4 Vorversuche an einem Demonstrationsmodul / Flammrohr

Die Konstruktion und der Bau eines **Demonstrationsmoduls** aus Plexiglas nach dem Flugstrom/Zyklon-Prinzip diente vor allem für die Präsentation der beiden grundlegenden Elemente der Anlage, der Reaktionsstrecke (Brennstrecke) und dem anschließenden Zyklon



**Bild 3-1:** Blockschaltbild des Flugstrom/Zyklon-Verfahrens



**Bild 3-2:** Verfahrensfliessbild der großtechnischen Anlage



zur Abscheidung der Asche. Dennoch war es auch möglich mit dem speziell konstruierten, tangential angeordneten Druckluftkanal den Anströmwinkel der einströmenden Druckluft zu verändern und damit verschiedene Drallprofile einzustellen. Somit war auch eine grundlegende Beobachtung der Dralleigenschaften innerhalb des Rohres möglich, welche als Grundlage für die Auslegung der Technikumsanlage diente.

Die geplante Technikumsanlage sollte mit einer definierten Rohrlänge und einer möglichst hohen Verweilzeit ausgelegt werden. Zudem ist es notwendig die Drallbewegung so festzulegen, dass die letzte Windung nicht mehr vollständig ausgeführt wird, sondern tangential in den Zulauf des Zyklons führt. Ein Drallerzeuger am Fuß des Steigrohres, vor der Einblasung des Brennstoffes, unterstützt die Drallbildung in der Brennstrecke durch die tangentiale Einblasung des Brennstoffes Reisstroh.

Neben den analytisch und rechnerisch ermittelten Eigenschaften zur Verbrennung der vorgesehenen Brennstoffe Reisstroh und Holz, müssen weitere Eigenschaften experimentell bestimmt werden. Unter anderem werden Grundlagen über das Zündverhalten und der anschließenden Verbrennung innerhalb der Reaktionsstrecke benötigt. Zur Ermittlung dieser Daten wurde ein **Flammrohr** konzipiert.

Die Versuche im Flammrohr ermöglichen es auf die Charakteristiken der Verbrennung und die verbrennungstechnischen Eigenschaften des Brennstoffes in der geplanten Technikumsanlage zu schließen. Ein besonderes Augenmerk liegt auf der Entzündung des Brennstoffes und der nachfolgenden Verbrennung. Für die Technikumsanlage ist eine möglichst rasche Zündung erforderlich, um einen vollständigen Ausbrand innerhalb der Brennstrecke zu erreichen.

## 5 Aufbau der Technikumsanlage

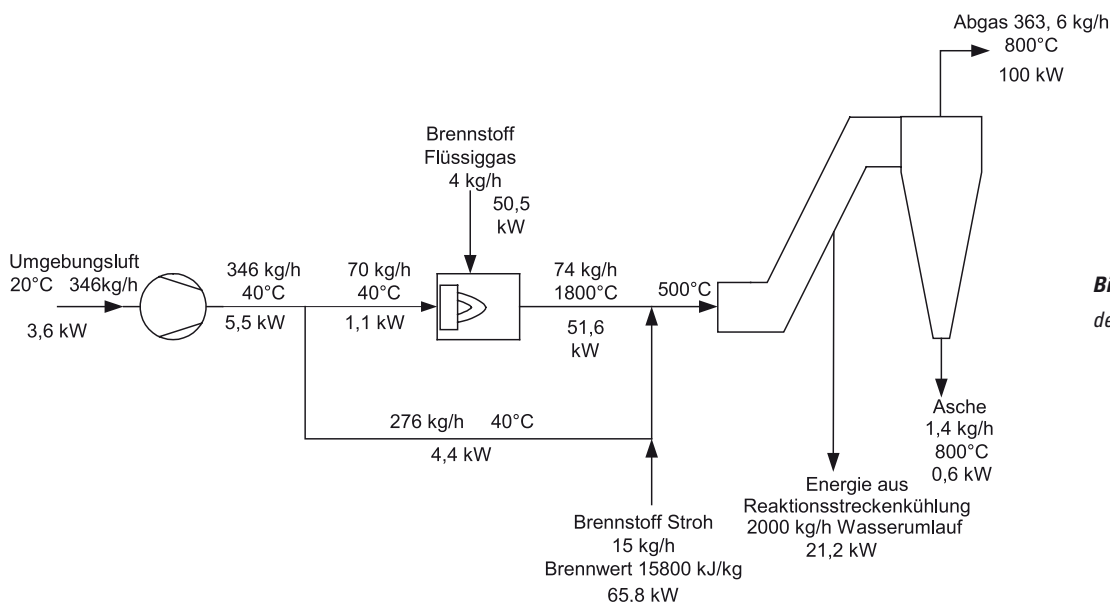
Um grundlegende Aussagen zum Abbrandverhalten des Brennstoffes in einer Großanlage treffen zu können und um abzuschätzen, ob das Flugstrom/Zyklon-Verfahren grundsätzlich für die Verbrennung von fester Biomasse wie Reisstroh geeignet ist,

wurde basierend auf den Versuchen mit dem **Demonstrationsmodul** und dem **Flammrohr** eine Technikumsanlage konzipiert und gebaut, in der Verbrennungsversuche durchgeführt wurden. Diese Versuche sollten zum Verständnis des Prozesses beitragen und eventuelle Probleme aufzeigen, die gelöst werden müssen. Es war nicht bekannt

- wann und wo der Brennstoff (Reisstroh) zündet
- ob ein vollständiger Ausbrand in der Brennstrecke erreicht wird und inwieweit der nach geschaltete Zyklon noch am Ausbrand beteiligt ist
- ob gewährleistet ist, dass sich keine Ascheablagerungen oder Ascheanschmelzungen in der Anlage bilden
- ob die Verbrennung bei feuchtem Brennstoff noch stabil betrieben werden kann
- in welchen Grenzen die Parameter Feuchtigkeit und Partikelgröße liegen müssen, damit ein kontinuierlicher Betrieb der Verbrennung gewährleistet werden kann.

Da bei diesem Prozess viele Komponenten Stand der Technik sind (Abhitzekeessel, Turbine, Kühlturm, Gasversorgung), sollte nur der unbekannt Teil des Flugstrom/Zyklon-Verfahrens gebaut und untersucht werden. Das Blockschaltbild in **Bild 5-1** mit eingetragenen Massen- und Energieströmen gibt einen Überblick über die Technikumsanlage.

Mit einem Gebläse wird Umgebungsluft angesaugt und der Anlage zugeführt. Ein Teil dieses Luftstroms wird in den Brenner geleitet und dient dort als Verbrennungsluft („Brennerluft“). Der andere Teilstrom wird über einen Bypass am Brenner vorbeigeleitet („Mischluft“) und bläst das gehäckselte Reisstroh vor der Brennstrecke in den Heißgasstrom ein. Die Mischluft dient somit sowohl zur Förderung des Brennstoffes als auch zur Regulierung der Temperatur des in die Brennstrecke eintretenden Gasstromes. Das vor der Brennstrecke („Steigrohr“) eingetragene Stroh soll über diesen heißen Mischgasstrom gezündet und verbrannt werden. Im Zyklon soll das Rauchgas von den inerten Aschebestandteilen getrennt werden. Das Abgas verlässt die Anlage über einen Kamin.



**Bild 5-1:** Blockschaltbild der Technikumsanlage

Durch die hohen Temperaturen, die sowohl durch den Brenner als auch durch die Verbrennung entstehen, wurde die Brennstrecke und der Zyklon mit einer feuerfesten Ausmauerung ausgekleidet. Zudem musste die Brennstrecke gekühlt werden, da der Ascheschmelzpunkt von Stroh bei 870-900°C und die Verbrennungstemperatur bei etwa 1100°C liegt. Wird das Stroh ohne Kühlung verbrannt, so bilden sich schnell Ablagerungen und Anbackungen. Die Anlage würde in kurzer Zeit sehr stark verschmutzt, so dass der Prozess nicht mehr aufrecht erhalten werden könnte.

### 5.1 Brennstrecke und Kühlung

Der Materialeintrag (gehäckseltes Reisstroh) in die Anlage erfolgte über einen Schüttguttrichter, der auf einer Zelleradschleuse sitzt. Dieser Trichter ist mit einem Rührwerk ausgestattet, um Brückenbildungen zu vermeiden und einen kontinuierlichen Materialfluss zu gewährleisten. Das Material wird durch die Zelleradschleuse in den Mischluftstrom eingetragen, der den Brennstoff in den Hochtemperaturteil (Brennstrecke und Zyklon) der Anlage fördert.

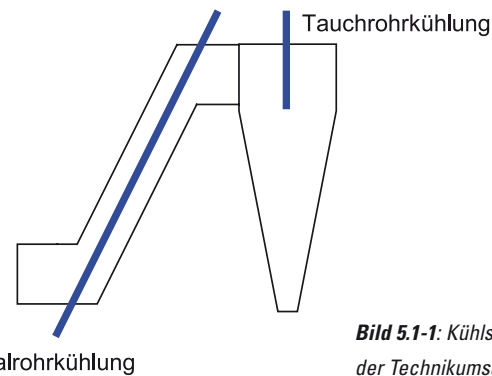
Die schräg ansteigende Brennstrecke ist der zentrale Teil der Anlage. Ausgehend von der geplanten Großanlage wurde die Länge der Brennstrecke etwa im Maßstab 1:10 verkleinert. Die Brennstrecke ist somit ca. 1,8 m lang und hat einen Innendurchmesser von 0,2 m.

Eine weitere Überlegung war, dass vor der Brennstrecke ein Drallerzeuger in den Gasstrom eingesetzt wurde. Dieser erhöht durch die Veränderung der Strömungsführung die Wegstrecke der Partikel und somit deren Verweilzeit. Je höher die Verweilzeit des Materials in der Anlage ist, desto besser wird der Ausbrand.

Da über das Abbrandverhalten der Partikel nur sehr wenig bekannt war, konnte im Vorfeld nicht sicher bestimmt werden, wann die Partikel innerhalb der Anlage zünden und abbrennen. Somit war zunächst unbekannt, wo der Ort der höchsten Wärmeentwicklung ist und wie die Kühlung eingebaut werden muss. Grundsätzlich wird davon ausgegangen, dass die Partikel direkt nach Eintritt in das Steigrohr zünden und sich die Wärmeentwicklung über die gesamte Brennstrecke ausbreitet. Deshalb wurde in die Brennstrecke ein mit Kühlwasser durchströmtes Zentralrohr eingebaut, das die bei der Verbrennung freigesetzte Energie zum Teil aufnimmt. Durch diese Kühlung soll die Temperatur im Steigrohr auf etwa 820°C gehalten werden. Um die Temperatur im Zyklon zu kontrollieren und sicherzustellen, dass sie unterhalb des Strohascheschmelzpunktes bleibt, wurde das Tauchrohr des Zyklons als Doppelmantelrohr ausgeführt und ebenfalls von Kühlwasser durchströmt. Das gesamte Kühlwasser strömt in einen Zwischenbehälter, der mittels eines Kaltwassersatzes gekühlt wird.

In **Bild 5.1-1** sind die geplanten Kühlstrecken im Bereich der Brennstrecke und des Zyklons schematisch dargestellt.

Um eine akzeptable Oberflächentemperatur der Brennstrecke – bestehend aus Steigrohr und Zyklon – von maximal 70 °C zu gewährleisten, mussten die Bauteile mit einer feuerfesten Ausmauerung und Isolierschicht ausgekleidet werden.



**Bild 5.1-1:** Kühlstrecken der Technikumsanlage

Zentralrohrkühlung

Um die Montage und Fertigung einfacher zu gestalten wurden das Steigrohr und der Zyklon aus einzelnen Modulen gebaut. Alle Module wurden miteinander verschraubt. Zur Abdichtung zwischen den einzelnen Modulen wurde eine keramische Isoliermatte verwendet. **Bild 5.1-2** zeigt die fertig montierte und betriebsbereite Technikumsanlage.



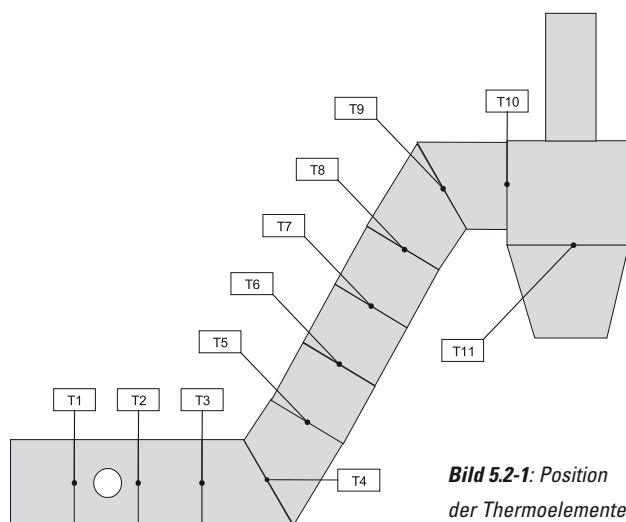
**Bild 5.1-2:** Hochtemperaturteil mit Materialeintrag und Aschebehälter

### 5.2 MSR- Technik der Technikumsanlage

Die Volumenströme der angesaugten Luft und der Brennerluft werden über normierte Messblenden erfasst. Der Bypassvolumenstrom wird über die Differenz aus diesen Strömen berechnet. Brenner- und Bypassluftvolumenstrom lassen sich von Hand über Drosselklappen regulieren. Auch die Kühlwassermengen werden mit Hilfe von Durchflussmessern kontinuierlich erfasst.

Die Brennstrecke bestehend aus Steigrohr und Zyklon – ist mit Thermoelementen bestückt, die eine kontinuierliche Temperaturmessung ermöglichen. Da Temperaturen von maximal 1100 °C erwartet werden, werden Mantelthermoelemente eingesetzt. Diese ermöglichen eine zuverlässige Temperaturmessung bis etwa 1300 °C. Die Skizze in **Bild 5.2-1** zeigt die Positionen der Thermoelemente im Hochtemperaturteil der Anlage.

T1 erfasst die Temperatur des Gasbrenners; zwischen den Messstellen T1 und T2 erfolgt die Zuführung des Mischluftstroms und die Einblasung des Brennstoffes. T2 und T3 messen somit die Temperaturen, die nach der Material- und Mischluftzugabe im Gasstrom herrschen. T4 bis T10 messen die Temperaturen im



**Bild 5.2-1:** Position der Thermoelemente

Steigrohr der Verbrennungsstrecke. T11 misst die Temperatur im Zylinder. T8 ist in der Mitte der feuerfesten Betonausmauerung angebracht und erfasst die Wandtemperatur.

Des Weiteren werden die Zu- und Ablauftemperaturen der Kühlkreisläufe kontinuierlich gemessen. Die Volumenströme können von Hand über Kugelventile angepasst werden.

Am Ausgang des Zylons (Tauchrohr) ist ein Rauchgasanalysegerät an die Abgasleitung angeflanscht. Es werden  $\text{CO}$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2$  und  $\text{NO}_x$  als Gasparameter kontinuierlich gemessen.

Alle Messwerte, mit Ausnahme der Gasmesswerte, werden über eine Multifunktionseinheit erfasst. Die Steuerung und Regelung der Anlage, mit Ausnahme der handbetriebenen Volumenstromregulierung, erfolgt ebenfalls über diese Regeleinheit.

## 6 Versuche an der Technikumsanlage

Mit Hilfe zahlreicher sorgfältig geplanter Versuche sollte geklärt werden, in wieweit ein stabiler Betrieb mit dem technisch unbekanntem thermischen Teil der Anlage (Steigrohr und Zylinder) über einen längeren Zeitraum grundsätzlich möglich ist; ob sich Reistroh als Brennstoff eignet und welche Probleme bei diesem Verfahren noch gelöst werden müssen.

Nach einer jeweils 8-10 stündigen Aufheizphase der Anlage konnten die vorbereiteten Versuche durchgeführt werden.

Bei allen Versuchen wurde, wenn nicht anders angegeben, Reistroh mit einer Halmlänge von ca. 0,5 cm als Brennstoff verwendet. Vor jedem Versuch wurde die Masse des Einsatzmaterials ausgewogen, um zu wissen, wie viel Brennstoff insgesamt durch die Anlage gefördert wurde. Über die Eintragsmenge und die am Ende jedes Versuchs bestimmte Masse der ausgetragenen Asche konnte der prozentuale Anteil des Austrags vom Eintrag errechnet werden.

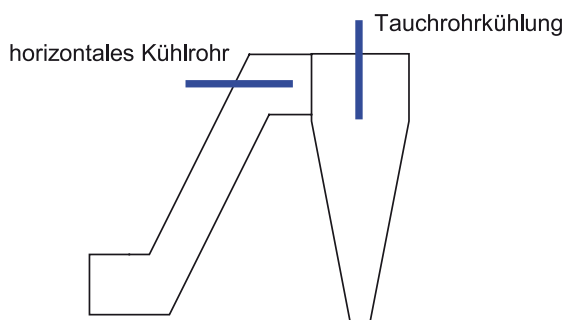
Der Feuchtegehalt des Eintragsmaterials erlaubt eine Aussage darüber, wie viel Wasser im Brennstoff enthalten ist. Abhängig vom Feuchtegehalt verändert sich das Verbrennungsverhalten des Materials.

Die Temperaturangaben (T3 Mischluft, T8 Wandtemperatur) zeigen an, bei welchen Bedingungen der jeweilige Versuch

gestartet wurde. Die maximale Temperatur wurde bestimmt, um zu erkennen, ob die Ascheschmelztemperatur von 870-900 °C erreicht wurde.

Über den Glühverlust der Asche erhält man eine Aussage, wie viel brennbares Material im Rückstand noch vorhanden ist. Je niedriger der Glühverlust der Asche, desto höher ist die Ausbrandgüte und somit die Ausnutzung der im Brennstoff chemisch gebundenen Energie.

Um einen ersten Überblick über die Funktionsweise der Technikumsanlage zu gewinnen, wurden mehrere Vorversuche durchgeführt. Diese zeigten, dass die Technikumsanlage grundsätzlich funktionsfähig ist. Jedoch kam es aufgrund des zentralen Kühlrohres (Bild 5.1-1) zu einer verspäteten Zündung des Brennstoffes. Weitere Versuche zeigten jedoch, dass auf eine Kühlung im Steigrohr nicht verzichtet werden konnte, da es zu Anbackungen im Brennraum kam. Um im Übergang zwischen Steigrohr und Heißzyklon die Temperatur unterhalb des Ascheschmelzpunktes zu halten und die Temperatur im Zylinder selbst abzusenken, wurde das 1,3 m lange zentrale Kühlrohr aus dem Steigrohr entfernt und horizontal in den Übergang zwischen Steigrohr und Zylinder eingebaut. **Bild 6-1** zeigt die Anordnung der Kühlstrecken nach dem Umbau.



**Bild 6-1:** Anordnung der Kühlstrecken nach dem Umbau

Der Umbau der Kühlung wirkte sich positiv aus und damit konnten Langzeitversuche über mehrere Stunden durchgeführt werden. Der Brennstoff zündete im unteren Drittel der Brennstrecke und es konnte ein akzeptabler Ausbrand erreicht werden. Die Temperatur in der Brennstrecke und im Zylinder blieb unterhalb des Ascheschmelzpunktes. Somit bildeten sich keine Anbackungen.

Die Temperaturverläufe waren wesentlich gleichmäßiger als bei allen vorangegangenen Versuchen, was darauf zurückzuführen ist, dass der Materialeintrag bei Erreichen von 800 °C verringert, aber nicht vollständig unterbrochen wurde. Eine gute Balance zwischen Kühlleistung des horizontalen Rohrs und einer Temperaturkontrolle über die zugegebene Mischluft konnte als stabiler Betriebspunkt der Anlage gefunden werden. Die Ascheschmelztemperatur wurde nicht erreicht, wodurch die Anlage kaum verschmutzte. Die Reduzierung des Brennstoffeintrages bei Erreichen von 800 °C wirkte sich positiver auf die Stabilität der Temperatur aus, als ein vollständiger Eintragsstopp.

### 6.1 Langzeitversuche

Nachdem eine Vielzahl an Vorversuchen und diverse Umbauten abgeschlossen waren wurde ein Langzeitversuch über 2 Stun-



den Versuchszeit gestartet. Die Versuche wurden mit folgenden Parametern durchgeführt (**Tabelle 6.1-1**).

Nr.	Eintrags-Menge	Feuchte (Eintrag)	Durchsatz-leistung	Temperatur Mischluft (T3)	Temperatur Wand (T8)
V24	10 kg	10,2 %	25 kg/h	510°C	600°C
V25	50 kg	10,2 %	25 kg/h	550°C	610°C

**Tab. 6.1-1:** Versuchsparameter des Vorversuchs und des Langzeitversuchs

Stieg die Temperatur in der Anlage über 800 °C, wurde automatisch die Eintragsmenge reduziert. Fiel die Temperatur unter 800 °C, so wurde die Eintragsmenge automatisch wieder auf das ursprüngliche Niveau angehoben. Mit dieser Fahrweise konnte ein annähernd stabiler Temperaturverlauf erreicht werden. Die **Tabelle 6.1-2** gibt einen Überblick über Ergebnisse der beiden Versuche.

Nr.	max. Temperatur	Austrag (% Anteil vom Eintrag)	Glühverlust (Asche)
V24	820 °C	715 g (7%)	n.b.
V25	850 °C	3627g (7,25%)	4,5 %

**Tabelle 6.1-2:** Ergebnisse des Vorversuchs und des Langzeitversuchs

In **Bild 6.1-1** sind die Aufzeichnungen der Temperaturverläufe abgebildet.

Die Temperaturverläufe des Langzeitversuchs waren ähnlich konstant wie in den vorangegangenen Versuchen mit horizontaler Kühlung. Die Anlage war kaum verschmutzt und es bildeten sich keine Anbackungen.

### 6.2 Massen- und Energiebilanzierung

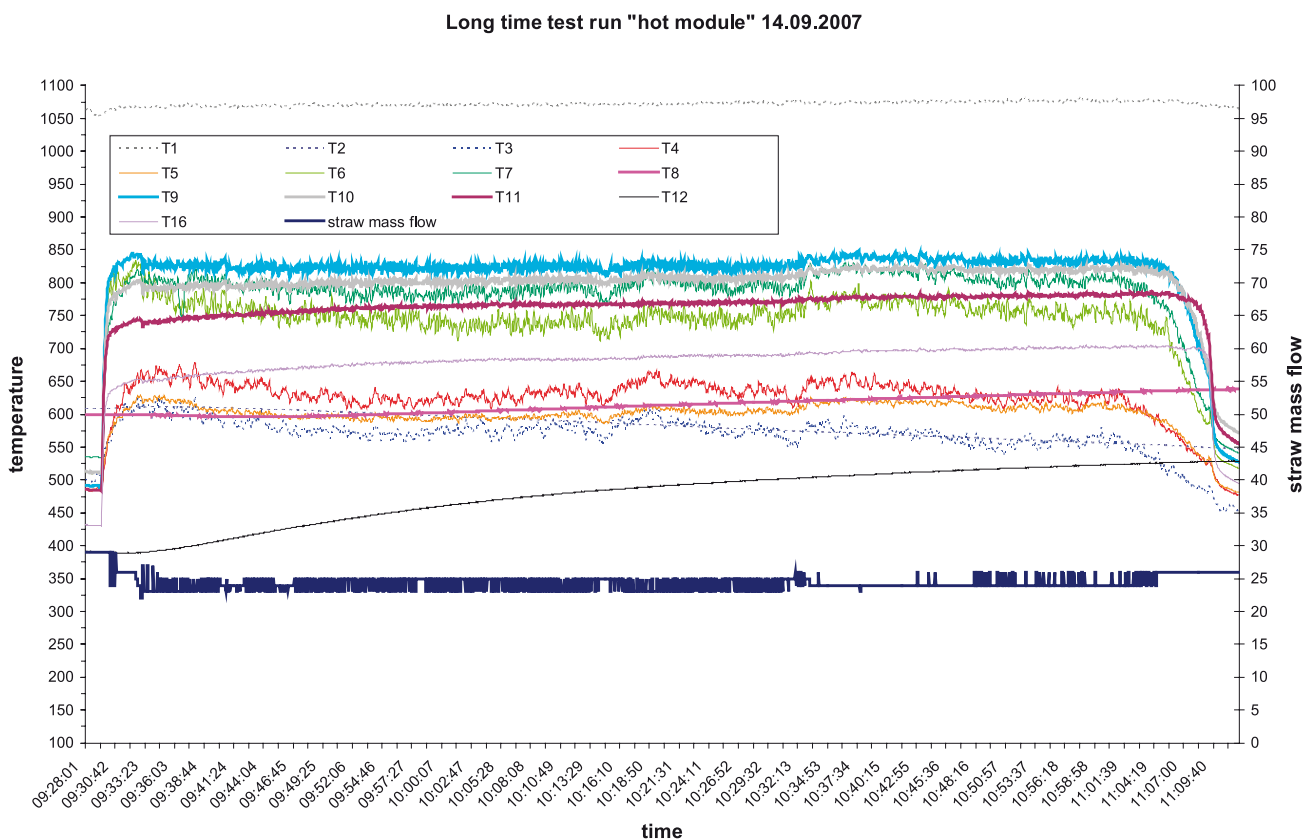
Da der Versuch (V25) über einen längeren Zeitraum sehr stabil verlief und alle erforderlichen Messdaten vorlagen, konnte für diesen Versuch beispielhaft eine Massen- und Energiebilanz für die Anlage erstellt werden. Grundlage der Bilanzierung sind die gemittelten Messwerte des zweistündigen Langzeitversuchs.

Die Aufstellung einer Massenbilanz für ein System setzt eine genaue Erfassung aller ein- und austretenden Massenströme voraus. Dabei gilt nach dem Massenerhaltungssatz: Die Summe aller eintretenden Massen ist gleich der Summe aller austretenden Massen. **Tabelle 6.2-1** zeigt die Massenbilanzierung des Versuches V25.

Die kleine Differenz zwischen der Ein- und Austragsmasse erklärt sich durch die nicht messtechnisch erfassten Staubkonzentrationen des Rauchgases. Die Massenbilanz zeigt eine deutliche Reduzierung der festen Brennstoffmasse. Der Massenanteil an Asche beträgt ca. 7% der Eintragsmasse.

Nach dem Energieerhaltungssatz gilt: Die Summe aller ein- und austretenden Energieströme müssen gleich sein.

In **Tabelle 6.2-2** sind die Werte für die Energiebilanzierung zusammengestellt.



**Bild 6.1-1:** Temperaturverläufe des Langzeitversuchs

Eintragsmassen	kg	%
Verbrennungsluft	497,8	94,5
Propan Gas	3,9	0,8
Stroh	25	4,7
Kühlwasser	674	
Gesamteintrag (ohne Kühlwasser)	526,7	100,0
Austragsmassen		
Rauchgas	524	99,6
Asche	2,3	0,3
Kühlwasser	674	56,1
Gesamtaustrag (ohne Kühlwasser)	526,3	99,9
Differenz Ein- Austrag	0,4	0,1

**Tabelle 6.2-1:** Massenbilanz der Technikumsanlage (V25)

zugeführte Energie	kW	%
Verbrennungsluft	3,9	2,3
Propan Gas	50,1	30,0
Stroh	100,7	60,3
Kühlwasser	12,4	7,4
Gesamtenergie Eintrag	167,1	100,0
abgeführte Energie		
Rauchgas	111,9	67,0
Asche	0,4	0,2
Kühlwasser	39,2	23,5
Gesamtenergie Austrag	151,5	90,7
Differenz Ein- Austrag	15,6	9,3

**Tabelle 6.2-2:** Energiebilanz der Technikumsanlage (V25)

Zwischen den ein- und austretenden Energieströmen wurde eine Differenz von 15,6 kW ermittelt, was 9,3 % der eintretenden Energie entspricht. Diese Differenz resultiert aus Strahlungs- und Konvektionsverlusten der Anlage und wurde durch Nachrechnung bestätigt.

Aus der Energiebilanz wird ersichtlich, dass über die Brennraumkühlung ein wesentlicher Anteil an Energie abgeführt wird, wodurch die Temperatur im Brennraum nach oben begrenzt werden kann. Des Weiteren zeigt die Bilanz einen hohen Energieinhalt des Rauchgases (ca. 110 kW), welcher zur Energieumwandlung verwendet werden kann.

### 6.3 Ergebnisse der Versuche

Im Bereich T6 lässt sich nach Beginn der Materialzufuhr ein schneller Anstieg der Temperatur feststellen, was auf eine Zündung des Brennstoffes im unteren Drittel der Brennstrecke schließen lässt. Im weiteren Verlauf der Brennstrecke (T7) stieg die Temperatur nur unwesentlich an, erst im Übergang zum Zyklon ist ein weiterer Anstieg zu verzeichnen (T9 und T10). Dies deutet darauf hin, dass das Material in diesem Bereich vollständig brennt. Das horizontal eingebaute Kühlrohr (Bild 6-1) verhindert den Anstieg der Temperatur über den Ascheschmelzpunkt, weshalb sich keine Anbackungen gebildet haben. Die Temperatur im

Zyklon (T11) steigt während des Versuchs leicht an und strebt einem stationären Endwert entgegen. Durch die Tauchrohrkühlung wird verhindert, dass die Temperatur über den Ascheschmelzpunkt steigt. Deshalb war der Zyklon nach Öffnung der Anlage wie das Steigrohr sehr sauber. Es bildeten sich keine Ascheanbackungen.

Die Rauchgaswerte verbesserten sich mit steigender Versuchsdauer. Die mittlere Kohlenstoffmonoxid(CO-)konzentration lag bei 258 ppm, was deutlich besser war, als bei allen vorangegangenen Versuchen. Je länger der Versuch dauerte, desto besser wurden die CO-Werte, was auf den Temperaturanstieg im Zyklon und somit auch im Abgas zurückzuführen ist.

Die Stabilisierung des Temperaturverlaufs durch die Reduzierung der Brennstoffmenge konnte im Langzeitversuch reproduziert und bestätigt werden.

Der größte Teil der freigesetzten Energie verlässt als Rauchgas die Anlage. Dieser Energiestrom kann in einer großtechnischen Anlage in einem Abhitzekegel zur Dampferzeugung genutzt werden. Ein weiterer großer Teil der Energie wird dem System durch die Steigrohr- und Tauchrohrkühlung entnommen und könnte z.B. in der Großanlage zur Speisewasservorwärmung genutzt werden. Die durch die Asche aus dem System ausgetragene Energie ist sehr gering und kann vernachlässigt werden.

Die durch den Brenner bereitgestellte Energie entspricht in etwa der Energiemenge, die zur Vorwärmung der Mischluft benötigt wird. Durch eine Luftvorwärmung mit Abwärme könnte dieser Energiebetrag und somit der Gasverbrauch verkleinert werden.

Durch Abstrahlung und Konvektion gehen etwa 10 % der durch die Gas- und Strohverbrennung bereitgestellten Energie verloren. Durch eine Verbesserung der Isolierung im Hochtemperaturteil der Anlage könnten die Wärmeverluste wesentlich reduziert werden.

## 7 Zusammenfassung

Der Einsatz fester Biomasse als Brennstoff in thermischen Anlagen gewinnt zunehmend an Bedeutung. Biomassebrennstoffe sind aber auch im Hinblick auf die Verminderung von fossilen CO<sub>2</sub>-Emissionen bei der Energieumwandlung von großem Interesse. Ein neues nach dem **Flugstrom/Zyklon-Prinzip** entwickeltes Verfahren angelehnt an die Verfahrenstechnik der Zementherstellung wurde ausführlich beschrieben.

Beobachtungen an einem Demonstrationsmodul sowie Versuche mit einem Flammrohr mit dem Brennstoff Reisstroh stellten die Grundlage dar für den Bau einer Technikumsanlage nach dem **Flugstrom/Zyklon-Prinzip**. Durch zahlreiche Versuchsreihen konnten wichtige Erkenntnisse über das Verhalten des Brennstoffes Reisstroh in der Technikumsanlage gewonnen werden. Es wurde gezeigt, dass das **Flugstrom/Zyklon-Prinzip** grundsätzlich für die thermische Behandlung von Reisstroh geeignet ist. Es lassen sich Ausbrandgüten des Einsatzmaterials von kleiner 5 % erreichen und CO-Abgaswerte, die nahe der Emissionsgrenzwerte von 250 ppm liegen. Der Prozess lässt sich über einen längeren Zeitraum stabil betreiben.

Besonderes Augenmerk ist auf die Temperaturregelung zu legen. In der gesamten Anlage muss die Temperatur unterhalb des Ascheschmelzpunktes von Stroh bei etwa 870 – 900 °C gehalten werden, da sich sonst Anbackungen und Ablagerungen bilden, die die Anlage verstopfen und den Zusammenbruch des Prozesses zur Folge haben. Insbesondere für den Bau einer großtechnischen Anlage ist es wichtig zu wissen, an welcher Stelle der Brennstrecke gekühlt werden muss.

Es müssen weitere Versuche und Untersuchungen an der Technikumsanlage durchgeführt und die bestehende Technikumsanlage vergrößert werden, um Erkenntnisse über das Verhalten von anderen Biomassenbrennstoffen zu erhalten. Neben den Versuchen mit Reisstroh sollten Versuche mit anderen Biomassen, z.B. Kastanienholz, ölhaltige Tresterabfälle, durchgeführt werden. Andere Einsatzstoffe haben ein anderes Zünd- und Abbrandverhalten sowie andere brennstofftechnische Eigenschaften. Inwiefern das **Flugstrom/Zyklon-Verfahren** mit unterschiedlichen Brennstoffen beschickt werden kann, ist zu überprüfen.

Es sind u. a. noch folgende Punkte zu überprüfen:

- Ermittlung der maximalen Feuerungstemperatur für Reisstroh (gezielte Verbackungen im Brennraum)
- Ermittlung der maximalen durchsetzbaren Strohmasse unter der Voraussetzung eines Glühverlustes unter ca. 8%
- Ermittlung der minimalen Brennerleistung bei bestimmtem Durchsatz
- Mit Hilfe des variablen Kühlrohres die durchsetzbare Brennstoffmenge maximieren
- Grenze des maximalen Wassergehaltes für den Brennstoff, damit die Verbrennung dennoch stabil und kontrolliert verläuft.

Im Vergleich zu den anderen thermischen Verfahren ist der Wartungsaufwand einer solchen Anlage wesentlich geringer einzuschätzen, da keine bewegten Einbauten in der Brennstrecke untergebracht sind.

Eine abschließende Bewertung und eine allgemeingültige Aussage darüber, welches Potential dieses Verfahren zur energetischen Nutzung von Reisstroh mit der Zielsetzung von 50 MW thermisch hat, kann aufgrund des derzeitigen Entwicklungsstandes noch nicht getroffen werden.

## 8 Literaturverzeichnis

- [1] Gumz, W.: Kurzes Handbuch der Brennstoff- und Feuerungstechnik. Berlin, Göttingen, Heidelberg: Springer Verlag, 1962
- [2] Muschelknautz, E.: Die Berechnung von Zyklonabscheidern für Gase. Chemie-Ingenieur-Technik 44, Nr. 1/2, S. 63/71, 1972
- [3] Strehler, A.: Stroh- und Holzfeuerungen zur Wärmegewinnung. BWK Band 41, Nr. 3, S. 113/119, 1989
- [4] Haeske, J.: Thermische Reinigung von kontaminierten Böden mit dem Zyklon-Wärmetauscher-Verfahren – experimentelle und theoretische Untersuchungen und Vergleich mit Alternativverfahren. Dissertation RWTH Aachen, 1990
- [5] Seeger, K.: Energetische Nutzung von Biomassen in einer Einblasfeuerung in : Tagungsband zum 3. Symposium: Biobrennstoffe und umweltfreundliche Heizanlagen, OTTI (Hrsg.), Regensburg, 1994
- [6] Weber, R., Moxter, W., Pilz, M., Pospischil, H., Rohleder, G.: Begleitende Untersuchungen zur Umweltverträglichkeit der Biomasseverbrennung am Strohheizwerk Schkölen. Thüringer Landesanstalt für Umwelt, Prüssingstr. 25, 07745 Jena, 1995
- [7] Kaltschmitt, M., Wiese, A. (Hrsg.): Erneuerbare Energien. Berlin, Heidelberg, New-York: Springer Verlag, 1997
- [8] VDI Gesellschaft: VDI Wärmeatlas, 8. Auflage, Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag, 1997
- [9] Jenkins, B.M., et al: Combustion of Leached Rice Straw for Power Generation. University of California, USA, 1999
- [10] Marutzky, R., Seeger, K.: Energie aus Holz und anderer Biomasse – Grundlagen, Technik, Emissionen, Wirtschaftlichkeit, Entsorgung, Recht. Braunschweig und Kassel, 1999
- [11] Obernberger, I.: Thermische Nutzung fester biogener Brennstoffe. Technische Universität Graz, Österreich, 2000
- [12] Effenberger, H.: Dampferzeuger. Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag, 2000
- [13] Lund, H. Ch. et al: Strom und Wärme erzeugen mit strohgefeuerten Kraftwerken. WLB Wasser, Luft und Boden, 6 S. 73/75, 2000
- [14] Technische Universität Wien: Energetische Nutzung von Stroh. Schriftenreihe Band 69, 2001
- [15] Hering, Th.: Stroh- und Ganzpflanzenverbrennung am Beispiel der Strohheizkraftwerke Schkölen und Jena. Gülzower Fachgespräche Band 17: „Energetische Nutzung von Stroh, Ganzpflanzengetreide und weiterer halmgutartiger Biomasse“, S. 114/126, 2001
- [16] Sørensen, L.H.: Straw-fired Combined Heat and Power Plant. Gülzower Fachgespräche Band 17: „Energetische Nutzung von Stroh, Ganzpflanzengetreide und weiterer halmgutartiger Biomasse“, S. 103/112, 2001
- [17] Obermair, St.: Einfluss der Feststoffaustragsgeometrie auf die Abscheidung und den Druckverlust eines Gaszyklons. Dissertation TU Graz, 2002
- [18] Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, e.V.: Schriftenreihe „Nachwachsende Rohstoffe“, Band 20: Innovative Verfahren zur Wärme- und Stromerzeugung aus Biomasse. Münster: Landwirtschaftsverlag GmbH, 2002
- [19] Osowski, S., Neumann, J., Fahlenkamp, H.: Nutzung biogener Festbrennstoffe in Vergasungsanlagen. Chemie-Ingenieur-Technik 76, Nr. 7, S. 1004/1012, 2004
- [20] Centre for Biomass Technology, Denmark: Stroh als Energieträger - Technik - Umwelt - Ökonomie. Publikation FORCE Technology, Lyngby, Dänemark, 2004
- [21] Pruckner, E.: Blockvorlesung: Process-Engineering; Erstellung von Massen- und Energiebilanzen an ausgesuchten Beispielen – Einführung. Hochschule Heilbronn / Universität Hefei, 2004
- [22] Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, e.V.: Schriftenreihe „Nachwachsende Rohstoffe“, Band 24: Biomasse-Vergasung – Der Königsweg für eine effiziente Strom- und Kraftstoffbereitstellung. Internationale Tagung, 1./2. Oktober 2003 in Leipzig. Münster: Landwirtschaftsverlag GmbH, 2004



- [23] Rauch, R.: Vergasung von Biomasse. Band 1 – Energie aus Biomasse und Abfall. M. Faulstich (Hrsg.), Reihe Verfahren und Werkstoffe für die Energietechnik, Sulzbach-Rosenberg: Förster Druck und Service GmbH und Co. KG, 2005
- [24] Brautsch, M.: Stand und Perspektiven der energetischen Biomassenutzung. Band 1 – Energie aus Biomasse und Abfall. M. Faulstich (Hrsg.), Reihe Verfahren und Werkstoffe für die Energietechnik, Sulzbach-Rosenberg: Förster Druck und Service GmbH und Co. KG, 2005
- [25] Pruckner, E.: Skript zur Vorlesung „Technische Thermodynamik/Energietechnik“, Hochschule Heilbronn, 2005
- [26] Pruckner, E.: Skript zur Vorlesung „Wärme- und Stoffübertragung“, Hochschule Heilbronn: 2005
- [27] Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft: Leitfaden Bioenergie, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Gülzow, 2005
- [28] Ho, C.A., Sommerfeld, M.: Numerische Berechnung der Staubabscheidung im Gaszyklon unter Berücksichtigung der Partikelagglomeration. Chemie-Ingenieur-Technik 77, Nr. 3, S. 282/289, 2005
- [29] Beckmann, M., Scholz, R.: Aufgabenstellungen der Verfahrenstechnik: Biomasse- und Ersatzbrennstoffe stellen besondere Anforderungen an die Prozessführung und erfahren neue Untersuchungsmethoden und Bewertungskriterien. Müllmagazin 4, S., 2006
- [30] Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, e.V.: Schriftenreihe „Nachwachsende Rohstoffe“, Band 29: Analyse und Evaluierung der thermo-chemischen Vergasung von Biomasse: Münster: Landwirtschaftsverlag GmbH, 2006
- [31] Slabsche, Th.: Auslegung des Heißgaszyklons der Technikumsanlage (unveröffentlicht), Steinbeis Transferzentrum VEU, Heilbronn, 2007
- [32] Samoticha, H.: Verbrennungsrechnungsprogramme HS-Fire, HS-Sklad, Ingenieurbüro Samoticha, Gelnhausen-Haitz: 2007
- [33] Persönliche Mitteilung: ZPF therm GmbH, Siegelsbach: Wärmeübergangs-/Wärmeleitfähigkeitskoeffizienten, 2007
- [34] Persönliche Mitteilung: Wilhelm Tölke GmbH&Co. KG, Nürnberg: Wärmeübergangs/Wärmeleitfähigkeitskoeffizienten, 2007
- [35] Kemmer, S.: Experimentelle und theoretische Untersuchungen an einer Technikumsanlage nach dem Flugstrom/Zyklon-Prinzip. Diplomarbeit (unveröffentlicht) Hochschule Heilbronn, 2007
- [36] Sanwald, St.: Vergleich der wichtigsten thermischen Verfahren zur energetischen Nutzung fester Biomasse. Diplomarbeit (unveröffentlicht) Hochschule Heilbronn, 2007
- [37] Grimm, F.: Versuch einer Antwort auf die Frage: „Was brennt besser, Getreide oder Stroh?“ Band 3 - Biomasse, Biogas, Biotreibstoffe... Fragen und Antworten. M. Faulstich, St. Prechtel (Hrsg.), Reihe Verfahren und Werkstoffe für die Energietechnik, Sulzbach-Rosenberg: Förster Druck und Service GmbH und Co. KG, 2007
- [38] Seifert, H., Kolb, Th., Hornung, A.: Wie sieht die Biomassenutzung in Hochtemperaturprozessen aus? Band 3 – Biomasse, Biogas, Biotreibstoffe... Fragen und Antworten. M. Faulstich, St. Prechtel (Hrsg.), Reihe Verfahren und Werkstoffe für die Energietechnik, Sulzbach-Rosenberg: Förster Druck und Service GmbH und Co. KG, 2007

Hohenstaufenstr. 53  
74074 Heilbronn  
Tel. 071 31-25 1445  
Fax 071 31-57 87 66



Wannenäckerstr. 28  
74078 Heilbronn  
Tel. 071 31-28 52 80  
Fax 071 31-28 52 88

## Strom und mehr ...

Planung und Ausführung von:

- Elektroinstallationsarbeiten
- EIB-Gebäudesystemtechnik
- Beleuchtungsanlagen
- Netzersatzanlagen
- Klimaanlage
- Sicherheitstechnik
- Videoanlagen
- Telekommunikationsanlagen
- Datenanschluss- und Netzwerktechnik
- Sicherheitskonzepte für Serverräume
- Richtfunkstrecken
- Glasfaserdatennetze
- Zugangskontrollen



Als mittelständisches Unternehmen sind wir mit 300 Mitarbeiter/innen einer der weltweit führenden Hersteller von Industriearmaturen für die Mess- und Regeltechnik. Unser Automotive-Bereich trägt mit Karosserieteilen und Komponenten rund um den Verbrennungsmotor zu diesem Erfolg bei.



### Automotive



### Mess- und Regeltechnik



### Großdieselmotoren



Armaturenfabrik Franz Schneider  
GmbH + Co. KG

Bahnhofplatz 12  
D-74226 Nordheim

Telefon 07133 101-0  
Telefax 07133 101-148

[www.as-schneider.com](http://www.as-schneider.com)

## Weltweit präsent, in Wertheim zu Hause.



Zur Lutz-Holding gehören leistungsfähige Unternehmen aus unterschiedlichen Branchen. Die Schwerpunkte der Firmen liegen im Bereich der Pumpen-, Dosier- und Antriebstechnik. Alle Marken genießen einen weltweit guten Ruf und einen hohen Bekanntheitsgrad mit Standorten im In- und Ausland. Über Niederlassungen in USA, Großbritannien, Niederlande, Schweiz, Österreich, Ungarn, Malaysia und Bahrain sowie Vertretungen in mehr als 70 Ländern präsent. Die Lutz-Holding GmbH beschäftigt über 350 Mitarbeiter weltweit.



### Eine starke Gruppe

**Lutz Holding GmbH**  
Erlenstraße 5-7  
D-97877 Wertheim  
Tel. 0 93 42 / 879-0

Pumpen • Mischen • Messen • Dosieren • Regeln



### Wir sind offen für Ihre Fragen.

Unsere Kernkraftwerke in Baden-Württemberg pflegen seit ihrer Errichtung vertrauensvolle Beziehungen zu ihren Nachbargemeinden. Wir sind stolz auf die breite, jahrzehntelange Akzeptanz von KWO, GKN und KKP.

Wir wissen aber auch, dass der Betrieb der Kernkraftwerke immer wieder Fragen aufwirft und für Diskussionen sorgt. Dem stellen wir uns. Wenn Sie etwas wissen möchten über Stromerzeugung, über Sicherheit und Strahlenschutz oder über Entsorgung, dann sprechen Sie uns an. Wir informieren Sie gerne.

Kernkraftwerk Philippsburg - KKP  
Rheinschanzinsel  
76661 Philippsburg  
Telefon: 0 72 56 / 95-4599  
infocenter-philippsburg@enbw.com

Kernkraftwerk Neckarwestheim - GKN  
Im Steinbruch  
74382 Neckarwestheim  
Telefon: 0 71 33 / 13-3297  
infocenter-neckarwestheim@enbw.com

Kernkraftwerk Obrigheim - KWO  
Kraftwerkstraße 1  
74847 Obrigheim  
Telefon: 0 62 61 / 65-496  
infocenter-obrigheim@enbw.com



### Mehr Zeit für andere Dinge...



## E.G.O.

Heiz- und  
Steuerelemente  
für Glaskeramik-  
kochflächen

Kochplatten

Thermostate

Rohrheizkörper

Energieregler

Dickschicht-  
elemente

elektronische  
Steuerungen

### ... inzwischen kümmern wir uns um Ihren Haushalt.

E.G.O. entwickelt und produziert Produkte und Technologien für das Heizen und Steuern in der Haushaltsgeräteindustrie. Wir möchten Ihnen das Leben einfacher machen!

E.G.O. Elektro-Gerätebau GmbH  
75038 Oberderdingen - www.egoproducts.com

## Ihre Stadt. Ihr Leben. Ihre Seite.



## www.alles-deutschland.de

Konzerte, Ausstellungen, Sportveranstaltungen, Restaurants **Alle** Biergärten, Bringdienste, Sportstudios, Kartbahnen **Infos** Schwimmbäder, Saunen, Vereine **über** Hotels, Campingplätze, Ferienwohnungen, Museen **Ihre** Theater, Stadtpläne, Wetter **Stadt** Routenplaner, Radarfallen, Fabrikverkäufe, Immobilien, Jobs ...



# Möglichkeiten und Grenzen interkommunaler Zusammenarbeit im Incomingtourismus aus ökonomischer Sicht

Prof. Dr. Ralf Bochert

## 1 Einleitung

Um die Möglichkeiten interkommunaler Zusammenarbeit aus ökonomischer Sicht systematisch zu beurteilen, bedarf es der Kombination zweier Ansätze. Die betriebswirtschaftliche Sichtweise zeigt in den verschiedenen incomingtouristischen Aufgabenbereichen für die Zielgebiete auf, welche Aufgaben mit welchen Erfolgsaussichten wahrgenommen werden können und teilweise müssen. Die volkswirtschaftliche Sicht stellt dieser Bewertung gegenüber, welche Aufgaben wahrgenommen werden dürfen. Diese Einschränkung erfolgt durch die ordnungspolitischen Begründungen, die den staatlichen Stellen eine Beachtung der grundsätzlich in Marktwirtschaften vorzuziehenden staatlichen Angebote auferlegt. Letzteres bedeutet nicht generelle Zurückhaltung, da es bei vielen Angeboten kollektive Interessen gibt, die ein öffentliches Angebot dem privatwirtschaftlichen überlegen sein lassen – doch bedarf es jeweils einer Begründung dafür im Einzelfall.

## 2 Die incomingtouristischen und ordnungspolitischen Grundlagen

### a) Die incomingtouristischen Grundlagen

Es stehen verschiedene Möglichkeiten der Differenzierung des Incomingtourismus zur Verfügung. Diese reichen von angebotsorientierten Unterscheidungen in Aktivitäten, Attraktionen, Unterhaltung, Nationalparks, Ausflüge, Kultur etc. als die Elemente einer touristischen Destination bis hin zu nachfrageorientierten Unterscheidungen, die den Verantwortlichen in den Tourismusdestinationen ein Hilfsmittel mit einer nach Tourismusformen wie Tagungs- und Kongresstourismus oder Kulturtourismus differenzierten Herangehensweise an die Hand geben.

Um eine Bewertung des Potenzials der interkommunalen Zusammenarbeit zu ermöglichen, bedarf es eines Kompromisses, der die beiden folgenden Grundvoraussetzungen erfüllt: Die Betrachtung muss angebotsseitig so differenziert sein, dass verschiedene Anbieter isoliert betrachtet werden können. Es muss also innerhalb einer Destination das Angebot weiter ausdifferenziert werden, wenn sich diese aus mehreren Angebotsbestandteilen mit unterschiedlichen ordnungspolitischen Möglichkeiten zusammensetzt.

Andererseits kann die nachfrageseitige Betrachtung nicht völlig vernachlässigt werden, da bestimmte touristische Angebote aufgrund der Teilnehmer tourismuspolitische Bedeutung haben. Hier sind können Förderungswürdigkeiten zum Beispiel im Rahmen des Seniorentourismus ausgemacht werden. Tatsache ist, dass es aus politischer Sicht durchaus denkbar ist, bestimmte,



**Prof. Dr. Ralf Bochert** lehrt Volkswirtschaftslehre und Tourismusökonomie im Studiengang Tourismusbetriebswirtschaft an der Hochschule Heilbronn. Seine Arbeitsgebiete sind: Tourismuspolitik, Incomingtourismus, sowie Reiseleitung/ Gästeführung.

Anschrift: Max-Planck-Str. 39, 74081 Heilbronn, Tel. 07131 504-221; E-Mail: bochert@fh-heilbronn.de

eigentlich gleiche touristische Einrichtungen an verschiedenen Orten unterschiedlich zu beurteilen, da unterschiedliche Touristengruppen jeweils nachfragen – das darf im Hinblick auf die Differenzierungen in Kapitel 3 nicht vergessen werden.

Die nachfolgende Liste (Tabelle 1) der tourismuswirtschaftlichen Aufgaben orientiert sich also an dem Erfordernis der differenzierten Antworten auf die Fragen nach dem Wer?, dem Wie?, der Kostenzuordnung und dem Für wen? im Falle von Unterstützungswürdigkeit der Nachfrager.

<b>Gruppe T: Klassisches Tourismusangebot</b>	<b>Gruppe C: Customers Care</b>
Beherbergung Gastronomie Touristische Attraktionen Incoming-Reiseveranstaltung Verkehrsleistungen	Information Verkauf von Souvenirs etc. Gästeführungen andere Serviceleistungen für Touristen Gesundheits- und Erholungsfördernde Angebote
<b>Gruppe D: Distribution</b>	<b>Gruppe I: Infrastruktur</b>
Vermittlung Destination Cards	Verwaltung öffentlicher Einrichtungen Verkehrsinfrastruktur Kur- und Bäderinfrastruktur
<b>Gruppe K: Kommunikation</b>	<b>Gruppe V: Veranstaltungen</b>
Destinationsaußenmarketing Binnenmarketing Organisation von Messebeteiligungen	Geschäftstouristische Veranstaltungen Kultur- und Unterhaltungsveranstaltungen Sportveranstaltungen Schlechtwetterprogramme, Ausflüge etc.
<b>Gruppe Ö: Öffentliche Güter</b>	<b>Gruppe P: Pläne</b>
Pflege und Bereitstellung von (teilweise) frei zugänglichen Angeboten wie Konzerten, Museen oder Stränden	Konzeptionen für nachhaltigen Tourismus Masterpläne und strategische Pläne Auswahl und Entwicklung von Tourismusgebieten und -strategien
<b>Gruppe A: Anbieterservice</b>	<b>Gruppe Z: Weitere zentrale Funktionen</b>
Touristische Ausbildung Finanzierung Marketingunterstützung	Tourismusforschung Standardisierung / Gütesiegel (z.B. für Unterkunft und Verpflegung) Lizenzierung / Kontrolle Internationale Beziehungen

**Tabelle 1:** Differenzierung des touristischen Angebots im Incoming (mit der Zielsetzung der Differenzierung nach Kooperationsmöglichkeiten)

Die meisten der erwähnten Angebotsarten sind selbsterklärend. Unter Incoming-Reiseveranstaltung (Gruppe T) ist die Tätigkeit von Incoming Operators gemeint, die im Reiseland selbst bei lokalen Anbietern Leistungen einkauft und diese an den Outgoing Operator (meist mit Sitz im Land des Kunden) verkauft. Verkehrsinfrastruktur (Gruppe I) und Verkehrsleistungen (Gruppe T) sind unterschiedlichen Gruppen zugeordnet, da diese auf unterschiedliche ordnungspolitische Weise organisiert sein können. Unter touristischen Attraktionen (Gruppe T) sind u.a. Disney-Parks, Bungalow-Parks und Einkaufszentren zu verstehen. Mit öffentliche Einrichtungen (Gruppe I) ist u.a. geschäftstouristische Infrastruktur gemeint; auch Stadien, Bäder oder Bühnen sind hier zu beachten. Als Beispiele für andere Serviceleistungen für Touristen (Gruppe C) können Banken und medizinischer Service genannt.

Gruppe P (Pläne) beinhaltet alle incomingtouristische Angebotsbestandteile, die in mehr oder weniger zentralisierter Form für die Anbieter erstellt werden. Es geht hier um Planungsprozessen im Rahmen des Findens der notwendigen Handlungsschritte aus Sicht des Zielgebietes. Diese planerische Tätigkeit ist als touristisches Angebot im Incoming zu charakterisieren – die Nachfrager sind, wenn es sich bei den Planenden um zentrale Institutionen handelt, u.a. die partizipierenden Unternehmen wie Beherbergungsbetriebe. Das gilt auch für Angebote aus der Gruppe A. Gruppe Z (weitere zentrale Funktionen) ist ein Teil derjenigen Aufgaben, man den Nationalen Tourismusorganisationen zuordnet. Dieser Zuordnung muss durchaus nicht a priori gefolgt werden. Unter Standardisierung ist hier gemeint, dass Prädikatsiegel definiert und vergeben bzw. wieder entzogen werden.

*b) Die ordnungspolitischen Grundlagen*

Es werden Arten von Gütern unterschieden, wenn man diese nach zwei Kriterien ordnet: nach der Möglichkeit, Konsumenten von der Nutzung auszuschließen, und nach der Rivalität beim Konsum des Gutes. Ausschließbarkeit vom Konsum heißt, es muss möglich sein, einem nicht gewollten Kunden den Konsum zu verwehren. Das heißt, dass es definierbare und durchsetzbare Eigentumsrechte an diesen Gütern gibt. Solche Güter werden auch als marktfähig bezeichnet; es gibt einen Anreiz, diese herzustellen und anzubieten, wenn eine ausreichende Nachfrage vorhanden ist.

Nutzungs rivalität beim Konsum heißt, dass sich die Konsumenten stören oder gar einander am Konsum hindern. Man kann diesen Sachverhalt an dem Unterschied zwischen Brot und einem Computerprogramm erklären: während ein Brot nur einmal gegessen werden kann und mit dem Konsum verschwindet, stört es einen Nutzer einer Software keineswegs, wenn er eine Kopie davon zuvor an einen Bekannten abgegeben hat. Beim Brotessen liegt Nutzungs rivalität vor, beim Computerprogramm nicht.

In Tabelle 2 sind die vier aus verschiedenen Kombinationen von Vorliegen und Nichtvorliegen der Nutzungs rivalität und des Ausschlussprinzips entstehenden Güterarten dargestellt. Der Begriff öffentliche Güter soll für die drei Güter gelten, für die nicht gleichzeitig das Ausschlussprinzip und Nutzungs rivalität vorliegen.

Wichtig ist, dass öffentliche Güter nicht gleichzusetzen sind mit staatlichen Gütern. Zwar stellt der Staat viele öffentliche Güter her oder bietet sie an; es gibt jedoch eine ganze Reihe von öffentlichen Gütern, die von privaten Unternehmen angeboten werden oder als natürliche Ressourcen „einfach so da sind“.

Güterart		Vorliegen des Ausschlussprinzips	Vorliegen der Nutzungs rivalität
Privatgut		Ja	ja
Öffentliche Güter	Clubgut	Ja	nein
	Allmende	Nein	ja
	Kollektivgut	Nein	nein

**Tabelle 2:** Güter differenziert nach den Kriterien Ausschlussprinzip und Nutzungs rivalität

Wenn es also, wie bei den Privatgütern, keine Bedenken gibt, dass der Markt diese Güter stellt, dann sollte der Staat sich da heraushalten. Eine Nacht im Hotelbett oder ein Platz in einem Flugzeug auf einer bestimmten Strecke also, das sind Güter, von deren Nutzung man ungewollte Konsumenten ausschließen kann; wenn man auf diesem Sitzplatz Platz genommen hat, dann kann dies auf dem gleichen Flug kein anderer mehr tun: es herrscht Nutzungs rivalität. Das sind ideale Bedingungen für private Unternehmen, mit solchen Gütern lässt sich (wenn man sich geschickt anstellt) Geld verdienen.

Das gilt auch für eine Tennisanlage oder ein Erlebnisbad: hier kann man durch einen Zaun und ein Kassenhäuschen diejenigen Kunden, die nicht (genug) zahlen wollen, ausschließen. Solche Güter werden, wenn eine ausreichende Nachfrage danach besteht, in einer Marktwirtschaft ebenfalls von Unternehmen in ausreichender Form angeboten: der Anreiz, mit Clubgütern wie Minigolfanlagen oder Kinos Geld zu verdienen, ist vorhanden.

Es bleiben zwei problematischere Fälle: diejenigen Güter, um die nicht so einfach ein Zaun gezogen werden kann. Dabei unterscheidet man die „Allmende“ und das Kollektivgut. Der Begriff Allmende kommt aus dem alpinen Raum: es handelt sich um eine übernutzte Weide. Diese Weide, die allen Bauern eines Dorfes zur Verfügung steht, ist zunächst mal ein Kollektivgut, jedes Rind darf fröhlich äsen, und es ist genug Gras da. Wenn aber die Regenerationsfähigkeit der Vegetation durch Überweidung zu sehr eingeschränkt wird, dann wird das Gut zur „Allmende“: das ist ein überfüllter Strand oder auch ein durch zuviel Kicken völlig verratzter Sportplatz.

Ein privates Unternehmen hat naturgemäß wenig Interesse solche Güter herzustellen, die jeder einfach so nutzen kann ohne dafür zu zahlen. Daher ist es hier – jedenfalls auf den ersten Blick – klar, dass der Staat dies tut. Es gäbe keine Straßen, keine hübschen Fußgängerzonen, gepflegten Strände, Promenaden, Parks ..., wenn nicht der Staat sich engagierte.

Dennoch bleibt bis hierher eine Frage unklar: ist die Ausschließbarkeit unausweichlich? Muss der Strand jedem zugänglich sein? Kann man für das Kurkonzert nicht doch Eintritt verlangen?

Da dies natürlich ginge, handelt es sich häufig um Kollektivgüter oder Allmenden, die kurzerhand in ein Clubgut umgewandelt werden könnten. Und damit für den Privatsektor interessant.

Außerdem bleiben alle jene Fälle, bei denen die Kommune andere Ziele, wie Sozial- oder Lenkungsziele, verfolgt. Auch in diesen Fällen kann von einer Überführung potenzieller Club- oder Privatgüter in private Zuständigkeit abgesehen werden.

### 3 Die Möglichkeiten der interkommunalen Zusammenarbeit in den incomingtouristischen Aufgabenbereichen

Die beschriebenen Aufgabenbereiche im Incomingtourismus sind so vielfältig, dass die Untersuchung der Möglichkeiten im Hinblick auf interkommunale Kooperation unter Beachtung der ordnungspolitischen Kriterien an dieser Stelle nur im Überblick erfolgen kann. Dabei soll jeweils tabellarisch jeder Bereich behandelt werden. Es gelten dabei die in Tabelle 3 erläuterten Bewertungen.

Bewertung im Hinblick auf die Möglichkeiten interkommunaler Kooperation (IKZ)		Bewertung im Hinblick auf die ordnungspolitischen Kriterien (Ordn.pol.)	
+	Notwendigkeit und Sinnhaftigkeit der interkommunalen Kooperation ist oft gegeben	+	Eine staatliche Aufgabe
0	Notwendigkeit und Sinnhaftigkeit der interkommunalen Kooperation ist u. U. gegeben	0	Unter Umständen gibt es Begründungen für das öffentliche Engagement
-	Notwendigkeit und Sinnhaftigkeit der interkommunalen Kooperation ist nicht gegeben	-	In der Regel sollte dieser Bereich privatwirtschaftlichen Anbietern überlassen werden
! F	Achtung: Finanzielle Vorteile der öffentlichen Stelle sind zu erwarten	! R	Es besteht die Gefahr der Angebotsreduzierung bei Privatisierung
! T	Achtung: Hohe Transaktionskosten (Kosten der Kooperation selber) oder generelle finanzielle Risiken	! C	Privatisierung birgt oft gute Chancen auf Angebotsverbesserung im Sinne der Nachfrageorientierung

Tabelle 3: Bedeutung der Bewertungen in den verschiedenen incomingtouristischen Bereichen

Es ist hier hinzuzufügen, dass die angegebenen Bewertungen nicht jeden Sonderfall berücksichtigen. Es werden lediglich die vom Autor für eine überwiegende Zahl von Fällen zu erwartenden Auswirkungen dargestellt.

#### a) Gruppe T: Klassisches Tourismusangebot

Angebotsart Gruppe T: Klassisches Tourismusangebot	IKZ	Ordn.pol.
Beherbergung	0	-
Gastronomie	0	-
Touristische Attraktionen	+	0
Incoming-Reiseveranstaltung	0 / !T	- / !R
Verkehrsleistungen	+ / !T	0 / !R

Tabelle 4: Bewertung der Angebotsart Gruppe T (Klassisches Tourismusangebot)

Die Möglichkeiten im Bereich der Beherbergung und Gastronomie, eine öffentliche Unterstützung anzubieten, beschränkt sich auf reine zentrale Marketingfunktionen z.B. über gemeindliche Homepages. Dieser Bereich ist aus ordnungspolitischer Sicht denkbar (aber auch nicht zwingend notwendig).

Die Erfahrungen mit Pauschalangeboten, die von kommunalen Destinationen selber angeboten werden, sind aus finanzieller Sicht oft schlecht. Die Lenkungsmöglichkeiten sind aufgrund der oft schwachen Nachfrage häufig kaum gegeben. Im Bereich des öffentlichen Verkehrs sind interkommunale Kooperationen aufgrund der schlechten Prognostizierbarkeit von Verkehrsströmen häufig ebenfalls problematisch.

#### b) Gruppe D: Distribution

Angebotsart	IKZ	Ordn.pol.
Vermittlung	0 / !F	-
Destination Cards	+	- / !R / !A

Tabelle 5: Bewertung der Angebotsart Gruppe D (Distribution)

Distribution touristischer Leistungen ist keine staatliche Aufgabe. Es ist davon auszugehen, dass privatwirtschaftliche Unternehmen den Aufgaben effizienter nachkommen. Aus kommunaler Sicht bietet freilich die Distribution eine Reihe von Lenkungsmöglichkeiten, die gern wahrgenommen werden, indem z.B. bestimmte kulturelle Angebote über die Möglichkeit, sie in Rabatt- oder All-inclusive-Karten zu integrieren, gefördert werden. Es ergeben sich in diesem Bereich nur über andere Begründungen Möglichkeiten der kommunalen Einflussnahme.

#### c) Gruppe K: Kommunikation

Der Bereich der Kommunikation ist tendenziell ein weniger problematischer (wenngleich

Angebotsart	IKZ	Ordn.pol.
Destinationsaußenmarketing	+ / !F	0 / !R
Binnenmarketing	0	0
Organisation von Messebeteiligungen	0 / !F	0 / !C

Tabelle 6: Bewertung der Angebotsart Gruppe K (Kommunikation)

durchaus nicht ganz eindeutiger) Bereich aus ordnungspolitischer Sicht, da das übergreifende, Imageorientierte Destinationsmarketing ein Kollektivgut ist, das ohne gemeindliches Zutun nicht angeboten würde. Interkommunale Zusammenarbeit in sinnvoll geschnittenen Destinationen, die dem Nachfrageverhalten der Gäste entsprechen, ist hier zu befürworten. Die Grenzen allerdings setzt ein stärker speziellen Nachfragern in der Destination zuzuordnendes Angebot wie das von Messebeteiligungen, wo durchaus privatwirtschaftlichen Unternehmen zuzutrauen ist, dass das Angebot verbessert würde.

#### d) Gruppe Ö: Öffentliche Güter

Die (gewollt) frei zugänglichen Angebote sind nicht dem Marktgeschehen zu überlassen. Eine interkommunale Kooperation bietet sich aus dem nahe liegenden Grund der mit einer so möglichen Konzentration im Angebot verbundenen Kostenreduzierung an.

Angebotsart	IKZ	Ordn.pol.
Pflege und Bereitstellung von (teilweise) frei zugänglichen Angeboten wie Kurkonzerten, Museen oder Stränden	+ / !F	+ / !R

**Tabelle 7:** Bewertung der Angebotsart Gruppe Ö (Öffentliche Güter)

e) Gruppe A: Anbieterservice

Angebotsart	IKZ	Ordn.pol.
Touristische Ausbildung	+ / !F	0 / !C
Finanzierung	-	-
Marketingunterstützung	+ / !F	0

**Tabelle 8:** Bewertung der Angebotsart Gruppe A (Anbieterservice)

Die ungerichtete Finanzierung des privaten Tourismusangebots ist keine öffentliche Aufgabe und wird aufgrund knapper öffentlicher Kassen auch kaum wahrgenommen (schon gar nicht von Kommunen). Eine Kooperation im Bereich der touristischen Ausbildung ist dagegen ein Muss; etwaige Unterstützung im Marketing kann nur im Zusammenhang mit Gruppe K im Bereich des Destinationsaußenmarketings befürwortet werden.

f) Gruppe C: Customers Care

Angebotsart	IKZ	Ordn.pol.
Information	+ / !F	0 / !R
Verkauf von Souvenirs etc.	0	-
Gesundheits- und Erholungsfördernde Angebote	0	0 / !R / !C
Gästeführungen	0	0 / !R / !C
Andere Serviceleistungen für Touristen	-	0

**Tabelle 9:** Bewertung der Angebotsart Gruppe C (Customers Care)

Der Verkauf von Souvenirs durch öffentliche Stellen ist generell abzulehnen – die Finanzierungsfunktion dieser Tätigkeit allein ist kein ausreichendes Argument für das öffentliche Engagement; interkommunale Zusammenarbeit würde hier eventuell Beschaffungsvorteile bringen. Dies gilt auch für Gästeführungen und Information; letztere kann aufgrund ihres Kollektivgutcharakters häufig auch aus ordnungspolitischer Sicht befürwortet werden. Für ein gemeindliches Angebot von Gesundheits- und Erholungsfördernden Angeboten spricht der positive Charakter des Gutes. In den Bereichen Gesundheitstourismus und Gästeführungen muss im Falle des Verzichts des gemeindlichen Engagements von einer gleichzeitigen Reduzierung und qualitativen Verbesserung der Angebote ausgegangen werden; Beachtung finden nurmehr zahlungskräftige und –willige Käuferschichten.

g) Gruppe I: Infrastruktur

Die Chancen der interkommunalen Kooperationen im Bereich der Kur- und Bäderinfrastruktur sind abhängig von der Mobilität der Gäste; es bestehen natürlich große Empfindlichkeiten gegenüber sich vergrößernden Distanzen. Hier ist der gemeinsame Betrieb mehrerer Einrichtungen die zentrale Möglichkeit;

Angebotsart	IKZ	Ordn.pol.
Verwaltung öffentlicher Einrichtungen	+	0
Verkehrsinfrastruktur	+ / !F	0
Kur- und Bäderinfrastruktur	+	0 / !R

**Tabelle 10:** Bewertung der Angebotsart Gruppe I (Infrastruktur)

diese setzt nur Mobilität der Beschäftigten voraus, von der eher auszugehen ist. Es dürfen die Transaktionskosten freilich nicht vernachlässigt werden (daher ist keine Kosteneinschätzung vorgenommen worden). Die Verwaltung öffentlicher Einrichtungen ist da aus ordnungspolitischer Sicht äußerst problematisch, wo sie private Anbieter verdrängt oder ihnen Konkurrenz macht. Das gilt insbesondere im geschäftstouristisch relevanten Bereich des Angebots von Tagungskapazitäten. Diese werden gleichzeitig insbesondere vom Beherbergungsgewerbe gestellt. Aus der Sicht der interkommunalen Kooperation ist der Bereich Infrastruktur sicherlich im Regelfall sehr interessant.

h) Gruppe V: Veranstaltungen

Angebotsart	IKZ	Ordn.pol.
Geschäftstouristische Veranstaltungen	-	-
Kultur- und Unterhaltungsveranstaltungen	0 / !T	0
Sportveranstaltungen	0	-
Schlechtwetterprogramme, Ausflüge etc.	+ / !T	-

**Tabelle 11:** Bewertung der Angebotsart Gruppe V (Veranstaltungen)

Nur mit viel Sophismus lassen sich ordnungspolitische Begründungen dafür finden, dass Veranstaltungen von den Kommunen zu organisieren sind. Charakteristisch für dieses Angebot ist, dass ein Ausschlussprinzip herrscht, dass es also eine privatwirtschaftliche Motivation auf Darstellung dieses Bereiches gibt. Für kulturelle Veranstaltungen lassen sich in bestimmten Fällen immerhin noch Erhaltungsmotive oder etwaige besondere Wertigkeiten eines ansonsten nicht mehr präsenten Bereiches finden. Kulturelle Veranstaltungen, Schlechtwetterprogramme und Ausflüge lassen sich interkommunal integrieren, was eine Verbreiterung des Angebots zur Folge hätte; allerdings ist damit erfahrungsgemäß kaum zusätzliches Geld zu verdienen (eher im Gegenteil: die Transaktionskosten sind hier hoch).

j) Gruppe P: Pläne

Angebotsart	IKZ	Ordn.pol.
Konzeptionen für nachhaltigen Tourismus	+ / !F	+
Masterpläne und strategische Pläne	+	+
Auswahl und Entwicklung von Tourismusgebieten und -strategien	+	+

**Tabelle 12:** Bewertung der Angebotsart Gruppe P (Pläne)

Der Bereich der Planung ist ein staatlicher Bereich. Die Pläne sind Kollektivgüter; es kann von privatwirtschaftlichen Anbietern keine kollektive Rationalität bei der Umsetzung von Nachhaltigkeitszielen oder eine regionalplanerische Zielsetzung bei der



Standortfindung erwartet werden. Daher ist der staatliche Einfluss hier ein Muss. Im Mittelpunkt der Vorteile der interkommunale Zusammenarbeit in diesem Bereich, der vor allem für die tourismusgeographische Komponente von großer Bedeutung ist, stehen nicht finanzielle Ziele, wobei zumindest für den Bereich der operative Nachhaltigkeitsmaßnahmen auch positive finanzielle Auswirkungen für die Beteiligten bei Kooperationen zu erwarten sind.

k) Gruppe Z: Weitere zentrale Funktionen

Angebotsart	IKZ	Ordn.pol.
Tourismusforschung	0	+
Standardisierung / Gütesiegel (z.B. für Unterkunft und Verpflegung)	+ / !F	0
Lizenzierung / Kontrolle	+ / !F	+
Internationale Beziehungen	+	+

Table 13: Bewertung der Angebotsart Gruppe

Wie schon die Bezeichnung „zentrale Funktionen“ für diese Angebotsgruppe zeigt, sind die genannten Aufgaben ordnungspolitisch mehr oder weniger eindeutig der öffentlichen Hand zuzuordnen. Einschränkungen gelten für den Bereich der Gütesiegel und der Standardisierung, die auch von Interessenverbänden wahrgenommen werden können. Die Kontrolle (zumindest die Kontrolle der Kontrolleure) in sensiblen Bereichen (wie der Gewerbeaufsicht) bleibt staatliche Aufgabe. Aus Sicht der interkommunalen Kooperation bieten sich in diesem Bereich viele finanzielle Vorteile versprechenden Synergien, indem Experten sich um die Kontrolle der Anbieter in mehreren Kommunen kümmern. Sinnvollerweise sind diese Funktionen häufig den übergeordneten Behörden sowieso schon zugeordnet. Tourismusforschung und internationale Beziehungen sind ebenfalls in der Regel überkommunaler Natur. Eine Ausnahme bilden hier die Partnerschaften von Kommunen mit ausländischen Gemeinden. Da sich die Part-

nerschaften meist auf spezielle Kommunen beschränken, sind Kooperationen schwer realisierbar. Der touristische Aspekt der Partnerschaften ist zudem häufig nachrangig.

4 Resumé

Es sind unter den Bereichen incomingtouristischer Aufgaben drei unterschiedliche Gruppen auszumachen.

- Interkommunale Kooperationen sind sinnvoll und ordnungspolitisch gerechtfertigt (Öffentliche Güter / Pläne / Zentrale Funktionen)
- Interkommunale Kooperationen sind sinnvoll; die Bereiche sind jedoch ordnungspolitisch teilweise problematisch (Kommunikation / Anbieterservice / Infrastruktur /
- Interkommunale Kooperationen sind meist nicht zielführend (Klassisches Tourismusangebot, Ausnahme: bestimmte Marketingfunktionen / Distribution / Customers Care / Veranstaltungen)

Die Gesamtsicht offeriert nur einen generellen Überblick, der im Einzelfall zu hinterfragen ist. Sinn der Abgrenzung ist hier auch, dass eine Sensibilisierung dafür, dass beide beschriebenen ökonomischen Abwägungen vor der Aufnahme interkommunaler Kooperation zu erfolgen haben, zu schaffen.

Literatur

Bochert, R., Incomingtourismus, Wiesbaden 2006  
 Bochert, R., Tourismus in der Marktwirtschaft, München 2001  
 Deutsches Institut für Urbanistik, Interkommunale Kooperation in der Wirtschafts- und Infrastrukturpolitik, 2005  
 Heinz, W., Interkommunale Kooperationen in Stadtregionen: Das Beispiel der Bundesrepublik Deutschland, in: Heinz, W. (Hg.), Stadt & Region – Kooperation oder Koordination?, Stuttgart 2000  
 Klemz, W., Interkommunale Zusammenarbeit im Fremdenverkehrsbereich, Frankfurt a.M., 1989

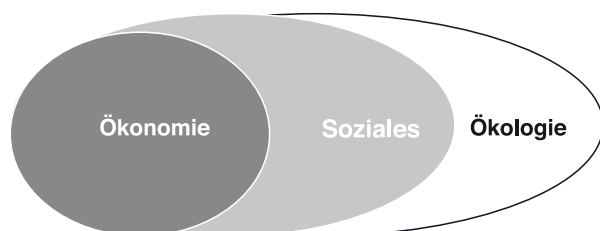
# Nachhaltiger Weinbau im internationalen Überblick – neues Modewort oder ein Leitbild in der Globalisierung?

Von Prof. Dr. Armin R. Gemmrich und  
Diplombetriebswirt (FH) René C.G. Arnold,  
Hochschule Heilbronn, gemmrich@hs-heilbronn.de

Im Zuge der immer zahlreicher und strenger werdenden Regelungen und Gesetze zum Schutz der Umwelt (*Breidenbach, 2002*) – auch und gerade im Zusammenhang mit den Klimaschutzberichten der letzten Monate – richtet sich der Fokus der Aufmerksamkeit wieder auf die Landwirtschaft. Umweltschutz wird nicht nur für Fleisch- und Milchbetriebe gefordert, sondern auch für die Produktion von Wein. Hierbei fällt immer häufiger das Schlagwort „Nachhaltiger Weinbau“. Was aber ist nachhaltiger Weinbau? Handelt es sich um ein reines Modewort, mit dem deutsche Unternehmen ihren Umweltschutz oder das Fehlen desselben beschreiben? Oder stellt Nachhaltigkeit wirklich eine Gelegenheit dar, nicht nur zum Schutz der Umwelt, sondern auch als Chance für die Unternehmen der Weinwirtschaft?

## Nachhaltigkeit ist mehr als Umweltschutz

Für die genauere Beschreibung des Konzeptes der Nachhaltigkeit ist es wichtig, den Begriff von anderen Termini, wie biologisch und biodynamisch, abzugrenzen. Biologischer Weinbau beschränkt sich in der Hauptsache darauf, die Umweltfolgen des Wirtschaftens im Weinberg sowie die Belastung des Weins mit externen Stoffen so gering wie möglich zu halten. Biodynamischer Weinbau, zurückgehend auf *Rudolf Steiners* Thesen Anfang des 20. Jahrhunderts, strebt nach der Ganzheitlichkeit des Wirtschaftens, d. h. Weinbau im Einklang mit der Natur und synchron zu Mondphasen zu betreiben. Bei beiden werden jedoch zwei essenzielle Bestandteile der Nachhaltigkeit nicht berücksichtigt: (1) der Mensch und (2) die Wirtschaftlichkeit der ergriffenen Maßnahmen. Diese formen zusammen mit der Schonung der Umwelt das Dreieck der Nachhaltigkeit. Ein nachhaltiger Weinbau bezieht sich auf die gesamte Produktionskette, von der Traube bis zur Flasche im Regal. Nachhaltiger Weinbau ist ein System, das die Bodenfruchtbarkeit als Grundlage betrachtet, eine Reduzierung der Fremdeinträge anstrebt und die ökonomische Profitabilität, die ökologische Gesundheit und die soziale Verträglichkeit als Ziel hat. Nachhaltiger Weinbau ist ein Prozess, der einerseits gegenwartsorientiert und andererseits in die Zukunft gerichtet ist.



**Abb. 1:** Die drei Bausteine einer nachhaltigen Entwicklung sind auch die Basis für eine nachhaltige Weinwirtschaft.



**Prof. Dr. rer. nat. habil. Dipl. Biologe Armin R. Gemmrich** ist seit 1988 im Studiengang Weinbetriebswirtschaft verantwortlich für die Weinbaulichen/ Kellerwirtschaftlichen Fächer. Seine Arbeits- und Forschungsschwerpunkte sind: Pathodiagnose, Rebenzüchtung, Umweltschutz, Umweltanalyse.



**René C.G. Arnold** ist Absolvent im Studiengang Weinbetriebswirtschaft, Masterstudent an der University of Edinburgh, Forschung und Beratung im Bereich Weinmarketing (Weinresearch).

## Ökologische Grundregeln einer nachhaltigen Entwicklung

- Die Abbaurate erneuerbarer Ressourcen soll ihre Regenerationsrate nicht überschreiten.
- Nicht erneuerbare Ressourcen sollen nur in dem Umfang genutzt werden, wie ein physisch und funktionell gleichwertiger Ersatz in Form erneuerbarer Ressourcen oder höherer Produktivität der Ressourcen geschaffen wird.
- Stoffeinträge in die Umwelt sollen sich an der Belastbarkeit der Umweltmedien orientieren.
- Das Zeitmaß anthropogener Einträge bzw. Eingriffe in die Umwelt muss im ausgewogenen Verhältnis zum Zeitmaß der für das Reaktionsvermögen der Umwelt relevanten natürlichen Prozesse stehen.

## Warum nachhaltige Weinwirtschaft?

Welche Gründe gibt es für die Implementierung eines solchen Konzeptes? *Levitán* (2001) spricht von einer besonderen Relevanz der Nachhaltigkeit für die Weinbranche, da von der Weinproduktion viele Gefahren für die Umwelt wie auch den Menschen ausgehen können. Die Produktion von Wein führt wie die Produktion jedes Gutes zu mehr oder weniger unerwünschten Nebenprodukten. Bei der Weinherstellung kommt dem Abfall und in noch stärkerem Maße dem Abwasser besondere Bedeutung zu. So hat z. B. *Prof. Cellura* von der Universität Palermo mit seinem Team in Sizilien errechnet, dass die Produktion einer Flasche Rotweins insgesamt ein halbes Kilo Müll produziert und 16 Gramm  $\text{SO}_2$  in die Luft freisetzt. (*Rosenthal, 2006*) Andere Forschungen aus Australien beziffern den Wasserverbrauch zur Weinproduktion näher. Die untersuchten Weingüter verwendeten durchschnittlich 2 Liter Wasser pro 0,75 Liter Flasche. Die Spanne des Was-

serverbrauches, die zwischen 400 und fast 12.000 Liter Wasser pro verarbeiteter Tonne Trauben lag, macht das enorme Einsparpotenzial durch nachhaltiges Wirtschaften deutlich (*Frost et al., 2007*). Die Reduktion der Abwassermenge kann bei der nachhaltigen Produktion jedoch nur der erste Schritt sein. Der wichtigere Schritt ist das Vermeiden unnötigen Einbringens von Trester, Most oder Wein in das Abwassersystem.

Neben der Entlastung der Umwelt sichert die Analyse und Verbesserung der Produktionsprozesse eine signifikante Steigerung des am Ende des Produktionsprozesses verfügbaren Weins. Damit wird eine Erhöhung des Umsatzes und des Gewinns für das Weingut garantiert (*Goss, 2007*). In Bezug auf die im Weingut arbeitenden Personen haben selbstverständlich die arbeitsintensiven und gesundheitsrelevanten Abläufe im Weingut besondere Relevanz. Neben dem grundsätzlichen Arbeitsschutz im Weinberg wie im Keller sollte hier auch und gerade die Optimierung der Arbeitsabläufe im Vordergrund stehen. Dies spart letztendlich nicht nur Kosten, sondern kann auch durch eine echte und frühe Einbindung aller Mitarbeiter zur Verbesserung der Unternehmenskultur beitragen. Das Konzept der Nachhaltigkeit umfasst gleichermaßen die langfristige und vertrauensvolle Zusammenarbeit mit Zulieferern und Kunden. Sie hat besonders in der deutschen Weinbranche, die von Genossenschaften geprägt ist, Relevanz und trägt direkt zur Qualität des Produktes bei.

### Beispiele aus aller Welt

International entstanden auf Basis dieser Argumente die unterschiedlichsten Programme. In Bezug auf Selbsteinschätzung stellt die kalifornische Weinindustrie den höchsten Standard auf. Dort entstand bereits 2001 unter der Führung und mit Finanzierung durch das Weininstitut und der „California Association of Winegrape Growers“ (CAWG) der Kodex für nachhaltigen Weinbau: „Code of Sustainable Winegrowing Practices“. Es handelt sich hierbei um ein Selbstdiagnose-Werkzeug für jeden einzelnen Winzer, in dem er sein eigenes Weingut anhand von 15 Kapiteln einschätzen kann. Im Gegensatz zu den meisten deutschen Schutzbestimmungen handelt es sich jedoch nicht um genau definierte und fixierte Vorgaben, die zu erfüllen sind (*Dlott; Birdseye, 2002*). Alternativ steht den Winzern in Kalifornien und via Internet in der ganzen Welt das „Positive Points System“ zur Verfügung. Dieses System zur Selbstkontrolle, das vom Central Coast Vineyard Team entwickelt wurde, gibt anhand einfacher Fragen Auskunft über den derzeitigen Stand und das Potenzial des Weingutes ([www.vineyardteam.org](http://www.vineyardteam.org)).

Ebenso kommt Neuseeland eine Pionierrolle bei der nachhaltigen Produktion von Wein zu. Unter der Dachmarke „CLEAN AND GREEN“, unter der nicht nur Wein, sondern auch viele andere Produkte und Dienstleistungen vermarktet werden, hat sich die Organisation „Sustainable Winegrowing New Zealand“ herausgebildet. Dieser ehemalige Zusammenschluss einer Handvoll Winzer produziert heute auf etwa 60 % der Weinbaufläche Neuseelands nach den Regeln der Nachhaltigkeit, das entspricht etwa 70 % des neuseeländischen Weins (<http://www.sustainable.org.nz>).

In gleichem Maße zeigt sich Australien in diesem Bereich engagiert. Das Dach, unter dem sich alle Nachhaltigkeitsprojekte im australischen Weinbau vereinen, ist die „Sustaining Success“ Strategie, die 2002 etabliert wurde. Auf dieser Basis werden nicht nur regelmäßige Veranstaltungen, wie z. B. das „Wine Industry Waste Management Forum“ organisiert, sondern auch Projekte wie das „Australian Wine Industry Stewardship“ durchgeführt. Bei letzterem werden jährlich alle Aktivitäten der Weinindustrie zusammengetragen und in einem Umweltbericht zusammengefasst (WFA, 2006a und 2006b) Innerhalb Australiens sticht besonders die „Environment Protection Authority“ im Staat Victoria heraus. Sie unterstützt ihre Winzer aktiv bei der Implementierung von Umweltmanagement- und Nachhaltigkeitsprogrammen (EPA Victoria, Webseite, 2007). Ebenfalls im Rahmen der übergreifenden Langzeitstrategie hat 2004 die Region Coonawarra ihren eigenen Umweltmanagementplan zur nachhaltigen Weinproduktion etabliert (*Anonym, 2004*).

In Südafrika macht nachhaltiger Weinbau in Form des IPW (Integrated Production of Wine) seit 1998 von sich reden. Das Projekt wurde freiwillig von allen Partnern entwickelt, zu denen nicht nur Trauben- und Weinerzeuger gehören, sondern auch Weinforschungsinstitute sowie Lieferanten der Pflanzenschutz- und Düngemittelindustrie. Es finanziert sich selbst aus den Mitgliedsbeiträgen, die aufgrund der produzierten Weinmenge berechnet werden. Das System ist extrem erfolgreich. Seit der Ernte im Jahr 2000 werden fast 100 Prozent des südafrikanischen Weins nach den Prinzipien des IPW produziert. Die südafrikanischen Weinproduzenten, die entsprechend wirtschaften, konnten die Produktionskosten durch geringeren Wasserverbrauch, weniger Düngemittel und Pflanzenschutzmittel drastisch reduzieren (*Wosa, 2000*).

Das IPW ist jedoch nicht das einzige südafrikanische Projekt zum Thema Umweltschutz und Nachhaltigkeit. Die 2004 ins Leben gerufene „Biodiversity & Wine Initiative“ (BWI) setzt den Schwerpunkt ihrer Arbeit bewusst auf die Erhaltung der Artenvielfalt am Kap, die durch die Monokultur Wein gefährdet wird. Sie finanziert sich aus Mitteln der Weltbank und den Beiträgen der Mitglieder und findet in Form eines jährlichen Wettbewerbs statt (*Winter, 2004*). Inzwischen sind 40 % der südafrikanischen Winzer in dieser Initiative organisiert und übernehmen damit aktiv Verantwortung für die Artenvielfalt ihrer Weinberge (BWI Webseite). Ebenfalls geht die südafrikanische Weinindustrie auf die besondere Verantwortung der schwarzen Bevölkerungsmehrheit des Landes ein. Black Empowerment heißt die Initiative der Regierung. Das bedeutet, dass bis zum Jahr 2010, 25 % aller Weinbetriebe unter schwarzer Führung sein sollen. Im Rahmen dieser Regelung zeichnet sich besonders das Projekt Thandi aus. Hier werden einheimische Schwarze direkt unterstützt und qualifiziert ausgebildet, um selbstverantwortlich zu wirtschaften. Die produzierten Weine sind vor allem in Großbritannien, aber auch weltweit erfolgreich. Im Jahr 2003 bekam das Projekt als erstes Weingut die Fair-Trade-Akkreditierung zugesprochen. Inzwischen nehmen drei Weingüter am Thandi Projekt teil (<http://www.thandi.com>).

Gerade die Neue Welt bemüht sich sehr aktiv um den Umweltschutz. Dennoch existieren auch in Europa Konzepte zum nachhaltigen Weinbau. An der Universität de Montpellier wird ein

einjähriges Zusatzstudium „Integrated Wine Production“ angeboten, das sich dezidiert mit allen Aspekten der nachhaltigen Weinproduktion, den Gesetzen und Regelungen sowie der Vermarktung auseinandersetzt. Die Alte Welt beweist auch, dass Nachhaltigkeit keineswegs ein neuer Trend ist, der mit hohem technischem Aufwand erkaufte werden muss. So finden sich nicht nur, aber auch in Frankreich traditionelle Terrassen, die die Erosion im Weinberg verhindern und Lebensraum für bedrohte Arten schaffen (Barham, 2003).

In Deutschland zeigen sich vor allem internationale Normen, wie ISO 14001, das z. B. in Australien für die Entwicklung regionaler Umweltmanagementprogramme verwendet wurde, oder EMAS II erfolgreich (WFA, 2006b, S. 14). Auch die Teilnehmer des durch die Hochschule Heilbronn organisierten Programms KONVOI haben den Schritt hin zur nachhaltigen und zertifizierten Produktion von Wein bzw. Obstsaft nicht bereut. Neben der Optimierung der Abläufe und des eingesparten Geldes stehen für diese Betriebe auch Kommunikationsaspekte im Vordergrund der Zertifizierung. Durch das Recht, das Logo der erlangten Zertifizierung verwenden zu dürfen, kann man den internen Wert des Audits auch wirksam nach außen kommunizieren. International betrachtet, stehen das Staatsweingut Weinsberg, die Streker Natursaft GmbH sowie die WG Niedernhall und das Weingut Sonnenhof damit keineswegs allein. Schon im Februar 1998 haben die vier neuseeländischen Weingüter Martinborough Vineyard, C. J. Pask Winery, Palliser Estate und Vidal Estate im Rahmen ihrer gemeinsamen Kooperation „Living Wine“ die Zertifizierung ISO 14001 erreicht und wirksam in internen und externen Erfolg umgesetzt (Hall, 2001).

Land	Programm	Seit
Kalifornien	Code of Sustainable Winegrowing Practices	2001
Neuseeland	Clean and green Sustainable Winegrowing New Zealand	1995
Südafrika	Integrated Production of Wine Biodiversity & Wine Initiative	1998 2004
Australien	Sustaining Success	2002
Schweiz	VitiSwiss	
Frankreich	Viticulture raisonnée Vitiviniculture durable	2002 2004

Tab. 1: Ausgewählte Beispiele von Programmen für nachhaltigen Weinbau

### Umweltmanagement, ein Baustein der Nachhaltigen Weinwirtschaft

Während international das Konzept der Nachhaltigkeit in großem Umfang und durchaus erfolgreich angewandt wird, scheint es, als ob die deutsche Weinbranche diesen Aspekt der Produktion nur zögerlich aufgreift. Mancher Winzer mag, wie dies auch von Reynaud und Simon (2006) geäußert wird, seine Wettbewerbsvorteile und Einzigartigkeit durch die Implementierung eines solchen Systems in Gefahr sehen. Dem kann jedoch die Innovationskraft und Optimierung der Organisation, die von einer solchen Maßnahme ausgeht, entgegengesetzt werden (Walther, 2004). Darüber hinaus handelt es sich bei ISO 14001, wie auch bei

EMAS II, um Systeme, die zwar einen strikten Rahmen für das weitere unternehmerische Handeln vorgeben, es jedoch in keinem Fall – auch nicht durch die obligatorischen Umweltberichte – so offen legen, dass Konkurrenten exakte Rückschlüsse auf die Produktionsmethoden ziehen und damit Produkte eventuell kopieren könnten. Ebenso ist die Sorge um die Kosten der Implementierung eines Systems zur nachhaltigen Bewirtschaftung des Weinguts immer wieder im Mittelpunkt der Diskussion. Kurzfristig ist diese sicher berechtigt, mittel- und langfristig rentieren sich die Maßnahmen jedoch eindeutig.

Das Problem der konkreten Umsetzung im Weingut oder in der Genossenschaft wiegt wesentlich schwerer. Unabhängig von der Implementierung eines speziellen Systems muss nachhaltiger Weinbau auf jeder Ebene des Unternehmens stattfinden (Gemrich, 2003). Er sollte sich nicht auf ein Korsett aus Regelungen beschränken. Für den Erfolg aller Maßnahmen ist es entscheidend, alle Mitarbeiter in den Implementierungs- und Konzeptionsprozess direkt und aktiv mit einzubinden. Hier sind entgegen der landläufigen Meinung gerade kleine Weingüter mit ihren kurzen Entscheidungswegen und flachen Hierarchien im Vorteil.

### Zusatznutzen

Auch unter Kommunikationsgesichtspunkten ist nachhaltiges Wirtschaften positiv zu bewerten. So integrieren Neuseeland und Süd-Afrika ihre Bemühungen um den nachhaltigen Weinbau in die Landesmarketing-Pläne und nutzen sie so direkt als Wettbewerbsvorteil in der globalisierten Weinwelt. „CLEAN AND GREEN“ zieht sich durch das gesamte Marketing Neuseelands – nicht nur auf Wein beschränkt. Wein wird hier nicht zuletzt auch in einem größeren Kontext begriffen. Süd-Afrika nimmt nicht nur seine Verantwortung für die Artenvielfalt wahr, sondern nutzt diese geschickt für den weinbaulichen und touristischen Vorteil. Einerseits kann durch Artenvielfalt die Gesamtgesundheit des Weinbergs gestärkt werden, andererseits ist sie zum Beispiel in Form einer Straße der Artenvielfalt (Biodiversity Route) auch gleichzeitig als touristischer Anziehungspunkt und interessanter Türöffner zum Weinverkauf geeignet. Auch die kalifornischen Winzer wollen mehr aus ihrem Nachhaltigkeitskonzept machen und planen, durch einen Weifond eine breit angelegte Kampagne zu starten und so ihr Weinanbaugebiet in den Köpfen der Verbraucher mit dem Prädikat nachhaltig zu versehen (Warner, 2006). Ebenso wollen die französischen Winzer unter ihrem Motto „viticulture raisonnée“ den nachhaltigen Weinbau intensiv als Kommunikationsinstrument nutzen. Denn sie sehen hier die Chance, dem Verbraucher durch die Zertifizierung und das nachhaltige Wirtschaften einen echten Zusatznutzen sowie ein klares Profil und damit Orientierung und Sicherheit bieten zu können (Viti-net, 2006).

### Fazit

Nachhaltigkeit ist also mehr als ein Modewort, mehr als nur Umweltschutz. Es ist ein Konzept, mit dem die internationale Weinbranche schon seit längerer Zeit erfolgreich handelt. Sie setzt es, wie gezeigt werden konnte, nicht nur zur Optimierung



und Kostenkontrolle im Produktionsprozess ein, sondern auch und gerade in den gesamten Kommunikationsabläufen von PR über Werbung bis hin zur direkten Kundenansprache. Auch die deutsche Weinbranche sollte sich auf freiwilliger Basis positiv vom gesetzlichen Rahmen abheben und durch nachhaltiges Wirtschaften echten Mehrwert für sich und die Kunden schaffen. Gerade Genossenschaften könnten hier einen gewaltigen Schritt nach vorne tun und sich zu Kompetenzzentren weiterentwickeln.

## Quellen

- ANONYM (2004): Coonawarra launches environmental management plan. *The Australian & New Zealand Grapegrower & Winemaker*, 491, 47-48.
- BARHAM, E. (2003): Translating terroir: the global challenge of French AOC labelling. *Journal of Rural Studies*, 19(1), 127-138.
- BREIDENBACH, R. (2002): Umweltschutz in der betrieblichen Praxis – Erfolgsfaktoren zukunftsorientierten Umweltmanagements Ökologie – Gesellschaft – Ökonomie. 2. aktualisierte Auflage, Wiesbaden
- BOLAND, A.-M., TEE, E. (Hrsg.): Good Environmental Management Guidelines: Vineyard Water Use Management, (elektronisch verfügbar unter <http://www.crcv.com.au/resources/Environment>; 04.04.2007).
- DLOTT, J., BIRDSEYE, K. (2002): Code of Sustainability Workbook. *Wine Business Online*, August 2002 (elektronisch veröffentlicht unter: <http://www.winebusiness.com/Html/MonthlyArticle.cfm?dataId=18032>, 04.04.2007).
- DYCKHOFF, H. (2000): Betriebliches Umweltmanagement im Überblick. In: DYCKHOFF, H. (Hrsg.): *Umweltmanagement – Zehn Lektionen in umweltorientierter Unternehmensführung*. Berlin/Heidelberg/New York/u.a., 1-39. –
- EPA Victoria (Hrsg.): *Winemakers' Environmental Management Kit* (elektronisch veröffentlicht unter: <http://www.epa.vic.gov.au/bus/EMS/WineEMS/welcome/index.shtml>, 08.03.2007).
- FREIMANN, J. (1995): Ökologisierungprozesse im Gefolge von Öko-Audits. In: FREIMANN, J. et al. (Hrsg.): *Praxis der betrieblichen Umweltpolitik – Forschungsergebnisse und Perspektiven*. Wiesbaden, 173-197.
- FROST, P., KUMAR, A., CORRELL, R., QUAYLE, W., KOOKANA, R., CHRISTEN, E., OEMCKE, D. (2007): Current practices for winery wastewater management and its reuse: an Australian industry survey. *The Australian and New Zealand Wine Industry Journal*, 22(1), 40-46.
- GEMMICH, A.R. (2003): Umweltmanagement in der Weinwirtschaft. *Deutsches Weinbau-Jahrbuch 2004*, 55, 27-33.
- GOSS, P. (2007): Cleaner production, it's easier than you think. *The Australian & New Zealand Grapegrower & Winemaker*, 517, 43-44.
- HALL, L. S. (2001): Is Viticulture Getting Enough Attention in Bordeaux? Different Forms of Sustainable Farming are Beginning to Be Popular. *Wine Business* (elektronisch unter: <http://winebusiness.com/html/PrinterVersion.cfm?dataId=14409>, 04.04.2007).
- LEVITAN, L. (2001): Not by wine alone: environmental impacts, risks and consequences of viticulture. Paper prepared for the 11th Australian Wine Industry Technical Conference, October 2001.
- REYNAUD, E., SIMON, E. (2006): The secrets of a good winery: core competences. *British Food Journal*, 108(4), 243-255.
- ROSENTHAL, E. (2006): Rating a Sicilian red's true cost to the Earth. *International Herald Tribune*, 16.10.2006 (Internet: <http://www.iht.com/articles/2006/10/13/business/wbwine.php>).
- VITI-NET (Hrsg.) (2006): *Viticulture raisonnée – Une piste pour vendre plus de vin*. [www.viti-net.fr](http://www.viti-net.fr), publiziert am 03.12.2006, verfügbar unter <http://www.viti-net.fr/outils/fiches/fichesdetail.asp?idRub=24&id=34178> (04.04.2007).
- WALTHER, M. (2004): *Umweltmanagementsysteme und Unternehmenskultur – Unternehmenskulturelle Passung als Wirkungsdeeterminante von Umweltmanagementsystemen? Eine empirische Untersuchung in sechs Unternehmen*. München/Mering.
- WARNER, M. (2006): Growers Consider Campaign to Promote California Grapes. *Wine Business online*, 2006(Dec) (elektronisch unter <http://www.winebusiness.com/html/PrinterVersion.cfm?dataId=>
- WFA (Hrsg.) (2006a): *Australian Wine Industry – Public Environment Report, Key Findings: 2005*, Kent Town, 2006a.
- WFA (Hrsg.) (2006b): *Wine & Environment, What's going on in the Australian wine industry? AWIS System Map: Version 5.2*, 2006b.
- WINTER, S. (2004): *The Biodiversity & Wine Initiative; Why a Biodiversity & Wine Initiative? Wynboer – A Technical Guide for Wine Producers*, 2004(Dec) (elektronisch unter: <http://www.wynboer.co.za/recentarticles/0412bio.php3>, 04.04.2007).
- WWQA – Washington Wine Quality Alliance. [http://www.washingtonwine.org/sub\\_page.cfm?action=wwqa&page=21](http://www.washingtonwine.org/sub_page.cfm?action=wwqa&page=21) (08.03.2007).
- Besuchte Webseiten:
- <http://www.vineyardteam.org> (08.03.2007)
- <http://www.sustainable.org.nz/newsitem.asp?r=national&id=1681> (30.03.2007)
- <http://www.bwi.co.za> (20.04.2007)
- <http://www.thandi.com> (21.04.2007)

# E-Learning im Rechnungswesen – Umsetzung der IHK-Ausbildung zum „Bilanzbuchhalter international (IHK)“

## 1. Vorbemerkungen:

Der Begriff E-Learning ist sehr verbreitet und steht als Abkürzung für Electronic Learning. Dieses umschreibt in einer sehr weiten Definition des Begriffs alle Formen des Lernens, bei denen digitale Medien für die Präsentation und Distribution von Lernmaterialien und/oder zur Unterstützung zwischenmenschlicher Kommunikation zum Einsatz kommen. Der E-Learning Begriff beinhaltet ferner alle Ausformungen einer medienunterstützten Lernumgebung, von einer bloßen Einbindung digitaler Medien in konventionelle Distributionsangebote, bis hin zu einer Form des E-Learning, bei dem das Medium selbst der „alleinige Lehrer“ ist.

Die folgenden Ausführungen beschränken sich auf die Erstellung einer wissensvermittelnden E-Learning-Umgebung in der Form eines Computer Based Training (CBT) und Web Based Training (WBT). d.h. Lernprogramme mit optionaler Einbindung von Multimedia.

Das Programm selbst nimmt beim Computer Based Training die Mittlerrolle zwischen dem Lehrenden und dem Lernenden ein, zwischen denen kein direkter Kontakt herrscht. Es kann daher auch als „indirektes Lernen“ bezeichnet werden. CBT-Programme haben eher ein Selbststudium als ein „echtes“ Tutorial zum Thema.

Dagegen wird Web Based Training, also internet-gestütztes Training, über Internet oder Intranet zugänglich gemacht und nutzt netzbasierte Oberflächen und Technologien. Web Based Training ist eine Weiterentwicklung des Computer Based Training und besitzt ihm gegenüber gewisse Vorteile, z.B. eine einfachere Aktualisierung oder eine praktisch unbegrenzte Teilnehmerzahl.

Vorteil der beiden genannten Lernformen ist die Ermöglichung eines autonomen selbstbestimmten und individuellen Lernens durch selbständige Bestimmung der Lerngeschwindigkeit und jederzeit mögliche Wiederholung des Lernstoffes.

Den Vorteilen ist indes gegenüber zu stellen, dass sie einen schematischen Aufbau mit einer starren Struktur besitzen und die Realität nicht komplex wiedergeben können. Bisherige konventionelle Bildungsformen können nicht ersatzlos durch E-Learning ausgetauscht werden.

In diesem Artikel sollen die Erfahrungen im Rahmen der Umsetzung des IHK-Lehrgangs „Internationaler Bilanzbuchhalter (IHK)“ als Blended-Learning-Kurs in Form eines CBT/WBT dargestellt werden. Im Zeitraum Februar 2006 bis Juni 2007 wurden hier in Zusammenarbeit zwischen Prof. Dr. Siegfried Kling (HS Heilbronn, Studiengang BK), Prof. Dr. Klaus Henselmann (Uni Erlangen, Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre, insbes. Rechnungswesen und Prüfungswesen) und dem Unternehmensberater Dipl.-Volksw. Kai Schmidt sowie der IHK-Akade-



**Prof. Dr. Siegfried Kling** lehrt im Bachelor- und Masterstudiengang Betriebswirtschaft und Kultur-, Freizeit-, Sportmanagement (BK/MBK) BWL, Rechnungswesen und Controlling

mie Oberfranken GmbH, Geschäftsbereich e-Learning, Bayreuth die Fächer Internationale Rechnungslegung, Konzernrechnungslegung und Internationales Steuerrecht als E-Learning-Anwendung umgesetzt.

## 2. Die Planung- und Analysephase

Die Einführung von E-Learning in der Wissensvermittlung beginnt oft in Form einzelner, nicht koordinierter Projekte. Die wenigsten Projekte scheitern in ihrer Umsetzung an technischen Problemen – vielmehr bleibt das Gros im Sumpf von mangelhaftem Projektmanagement stecken. Mit Hilfe eines angemessenen Projektmanagements sind geeignete Grundlagen zu schaffen, um die Projekte effektiv zu planen, zu entwickeln und zu implementieren.

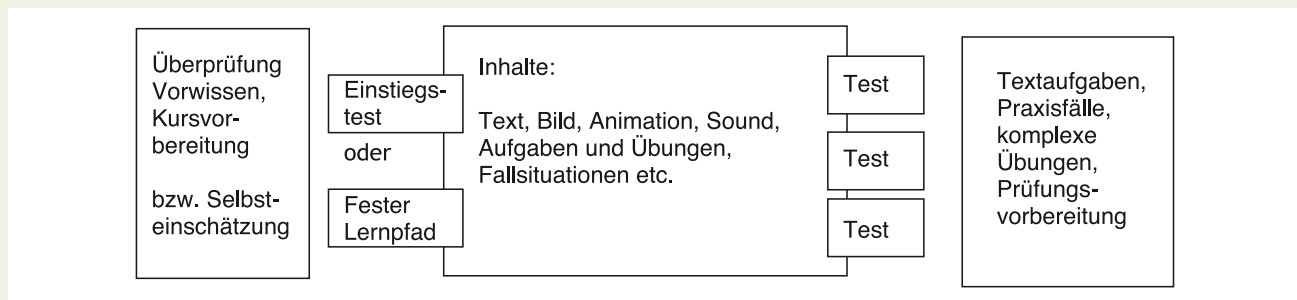
Bevor überhaupt ein Projekt im Bereich E-Learning angegangen werden kann, steht somit zuerst die Analyse des konkreten Bedarfs, der Zielgruppe usw. an.

Im vorliegenden Fall handelt es sich um einen Aufbaukurs für den „Bilanzbuchhalter (IHK)“ mit einem typischen Präsenzstundenumfang von 180 Unterrichtsstunden. Die Zielgruppe besteht somit aus Inhabern dieses Abschlusses sowie Mitarbeitern des Rechnungswesens international ausgerichteter Unternehmen. Es wird dabei vorausgesetzt, dass ein entsprechendes Vorwissen zur Rechnungslegung nach deutschem HGB sowie Kenntnisse zur Behandlung nationaler Vorfälle nach deutschem Steuerrecht vorhanden ist.

Da dieser Lehrgang mit einer Abschlussprüfung durch die IHK verbunden ist, kann die Vermarktung eines solchen Kurses nur in Form des Blended-Learning, d.h. E-Learning in Verbindung mit begleitenden Spezialveranstaltungen sowie einer Klausurvorbereitung, erfolgreich sein. Die Gründe hierfür liegen in den fehlenden individuellen Feedback-Möglichkeiten eines reinen computer- oder webbasierten Systems, welche nur standardisierte Prüfungsaufgaben nach dem MultipleChoice-, Lückentext- oder definierten Berechnungsschema erlauben.

Für die Umsetzung des Kurses wurde folgendes in Ausrissen dargestelltes Konzept gewählt:

## Auszug aus dem Konzept für den Kurs „Bilanzbuchhalter International (IHK)“

*Überprüfung Vorkenntnisse oder Selbsteinschätzung*

Über ausführliche und klar definierte Vorkenntnisse erfahren Teilnehmer, was vorausgesetzt wird bzw. worauf die folgenden Inhalte aufbauen. Dieses Vorwissen kann über zwei unterschiedliche Wege abgefragt werden:

- Ein interaktiver Wissenstest überprüft das vorhandene Wissen mit Hilfe von Multiple-Choice, Singel-Choice oder true&false Aufgaben. Die Auswertung lässt erkennen, wie gut vorbereitet man ist bzw. welche Lücken zu füllen sind.
- Eine Selbsteinschätzung soll unkompliziert aufzeigen, wie der aktuelle Wissensstand des Teilnehmers ist. Klar gestellte Fragen werden mit ja und nein beantwortet. Die Auswertung verläuft ähnlich wie bei dem interaktiven Wissenstest. Der Unterschied besteht lediglich in der unterschiedlichen Art der Abfrage des Wissens.

...

*Einstiegstest oder fester Lernpfad*

Über gezielte Fragen und deren richtiger Beantwortung kann der Kurs auf individuelle Anforderungen oder Wissenslücken reduziert werden. Somit werden nur die Inhalte angezeigt, die noch unbekannt sind. Teilnehmern mit ersten Erfahrungen und bereits existierendem Wissen können sich so auf wesentliche Inhalte konzentrieren.

Aufgaben und Inhalte müssen so konzipiert werden, dass sich das abgefragte Wissen auf Teilbereiche bezieht, die bei richtiger Beantwortung weggelassen werden können, ohne den Gesamtfluss der Inhalte zu unterbrechen.

Die Einstiegstestaufgaben müssen sich auch von den Testaufgaben am Ende jedes Moduls unterscheiden. Trotz richtiger Beantwortung der Einstiegsfragen muss dem Teilnehmer die Chance gegeben werden, auch sein bereits vorhandenes Wissen nochmals zu üben bzw. zu überprüfen.

...

*Inhalte*

Je nach Komplexität und Vermittlungsgehalt der Inhalte können diese verschieden dargestellt werden. Text, Bild, Grafik, Animation, Interaktion, Audio oder Fragen und Übungsaufgaben zum Erarbeiten von Inhalten oder Schlussfolgerungen sind möglich. Merksätze und Zusammenfassungen (auch Zwischenzusammenfassungen) helfen beim Überblick, beim Strukturieren und Setzen von Schwerpunkten.

Wichtig ist die Anforderung, dass der Mehrwert eines e-Learning Kurses im Vordergrund steht. Bildschirmseiten, die auch als Buch abgedruckt werden könnten, sollten vermieden werden. Daher ist es wichtig, vorab zu wissen, was in welcher Tiefe vermittelt werden sollte, um sich entsprechend für die Darstellung zu entscheiden.

...

*Testaufgaben*

Am Ende eines Moduls wird über verschiedene interaktive Testaufgaben das vorher erarbeitete Wissen überprüft. Die Aufgaben beziehen sich auf jedes einzelne Kapitel, um möglichst alle Sachverhalte dem Teilnehmer nochmals vor Augen zu führen. Über ein einfaches Punktesystem/ Prozent erfährt der Teilnehmer seinen Wissensstand. Das Prinzip entspricht dem der Überprüfung der Vorkenntnisse.

...

*Prüfungsaufgaben, Praxisfälle*

Über e-Learning lassen sich interaktive Aufgaben mit eindeutigen Antworten am besten darstellen. Das Wissen kann direkt ausgewertet werden. Komplexe Transferaufgaben oder freie Textaufgaben mit freien Antworten können nur über ausführliche Musterlösungen aufgezeigt werden. Der Teilnehmer muss seine Antworten selbst mit dem Lösungshinweis vergleichen oder von einem Fachmann korrigieren lassen.

Prüfungsaufgaben oder komplexe Praxisfälle bedienen sich meist dieser Fragestellung. Um die Geschlossenheit/ Einmaligkeit der bisher beschriebenen Kursbestandteile nicht zu unterbinden, empfiehlt sich eine gesonderte Darstellung: ein Lernmodul für die Erarbeitung von komplexen Aufgaben und Fällen.

...

### 3. Die Detailplanungsphase

Sobald geklärt ist, für wen, mit welchen Ressourcen und nach welchem Projektplan entwickelt wird, geht es um die Detailplanung. Dazu gehören u.a. die Zerlegung des Themengebietes in sinnvolle Teilgebiete und die Anreicherung der Textinformationen über Nutzer-Nutzer- und Nutzer-Computer-Interaktionen, Video, Animationen, Sound usw.

Ein typisches Problem größerer E-Learning-Projekte ist die Integration mehrerer Content-Lieferanten (Drehbuchersteller) in das Projekt. Auf Grund unterschiedlicher Lehr- und Schreibstile

der Autoren sowie ihrer bisherigen Erfahrungen im Bereich E-Learning entstehen üblicherweise sehr unterschiedliche Beiträge, welche in der Phase der technischen Umsetzung durch Programmierer und Grafiker ohne entsprechendes Fachwissen nicht oder nur mit sehr hohem Nacharbeitungsaufwand in ein einheitliches Layout gebracht werden können.

Umso wichtiger ist es deshalb, durch die Erstellung von Grob- und Feingliederungen zu den Themengebieten eine Abstimmung der Stile und die frühzeitige Überprüfung der technischen Umsetzbarkeit einschließlich Abschätzung des Umsetzungsaufwands zu ermöglichen.

#### Von der Grobgliederung zur Feingliederung

1.3 Aufstellungspflicht	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Erläuterung der Begriffe "Gesamt- und Konzernabschluss"</li> <li>- Nennung der größenabhängigen Anforderungen an einen Konzernabschluss (Befreiungen, Konzernlagebericht)</li> <li>- Exkurs "Konzernabschluss nach internat. Recht" zur Einleitung des Fachs II</li> </ul>
1.3.1 Grundbegriffe (Einführung)	
1.3.2 Pflicht zur Aufstellung	
1.3.3 Befreiung von der Aufstellung	



<b>Lernobjekt</b>	<b>2.2.4 Vollständige größenabhängige Befreiung</b>	
Lernziel	1-größenabhängiges Befreiungswahlrecht nach HGB kennen 3-Größenberechnungen verstehen und anwenden können	
Geschätzter Umfang	mittel	
Aufbau	abstrakter Bedarf einer Befreiung für kleine Konzerne → § 293 HGB → Anwendung im Einzelfall	
Inhalt	Erleichterungen für Kleinunternehmen (Bedarf nach HGB, nicht nach PubG, faktisch nicht nach IFRS) Vorgaben des § 293 HGB Unterschiede Brutto- und Nettomethode	
Visualisierung	Tabelle, Schaubild zur Berechnung	
<b>Lernobjekt</b>	<b>2.2.5 Befreiung von Teilkonzernabschlüssen</b>	
Lernziel	1-Begriff von Teilkonzernabschlüssen 2-Argumente für Befreiung verstehen 2-Erkennen und Begründen des Schutzes von Minderheitsgesellschaftern als Grenzen der Befreiung	
Geschätzter Umfang	mittel	
Aufbau	Fallbeispiel mehrstufiger Konzern → allgemeine Probleme und Lösungsmöglichkeiten	
Inhalt	Entstehen von Teilkonzernabschlüssen in mehrstufigen Konzernern Kostensparnis als Ziel Befreiung als Lösung Grenzen der Befreiung, wenn Schutz verletzt würde (Minderheitsgesellschafter, Börsennotierung)	
Visualisierung	Organigramm	
<b>Lernobjekt</b>	<b>2.2.6 Abgestufter Konsolidierungskreis</b>	
Lernziel	1- Nennen der Stufen der Integration von Einheiten mit dem Konzern 2-Beschreiben der Verbindungen mit der Einbeziehungstechnik	
Geschätzter Umfang	mittel	
Aufbau	abstrakte Regel → konkrete Beispiele	
Inhalt	MU mit TU (verbundene Unternehmen) Gemeinschaftsunternehmen Assoziierte Unternehmen Beteiligungunternehmen	
Visualisierung	Schaubild	



### Beispiel einer Checkliste für die Feingliederung

Inhaltslernobjekte		
	Inhalt (Beispiele)	Kommentar
Lernziel	Kennen der Grundzüge des Wechselkurssystems (Tax. 1)	- Mindestens 1 Lernziel pro Lernobjekt - Angabe der Taxonomiestufe jedes Lernziels (entsprechend des Niveaus des zu vermittelnden Wissens)
Geschätzter Umfang	klein (1-3 Seiten) mittel (bis 10 Seiten) groß (11-20 Seiten) sehr groß (über 20 Seiten)	- Angabe des geschätzten Umfangs in Bildschirmseiten  (1 DIN A4 Seite Arial 11pt Standardeinstellungen entspricht 2-3 Bildschirmseiten (Lesedauer pro Seite ca. 90 Sekunden))
Aufbau	Einstieg über Fallsituation, anschließend Entwicklung der entsprechenden Theorie. Abschließend Interpretation und Übertragung auf andere Situationen  oder  Einstieg über die Theorie, Darstellung und Erklärung von Formeln, anschließend Anwendung am Fallbeispiel. Interpretation der Daten und Übertragung auf andere Situationen.  Andere Aufbauversionen denkbar	- Skizzierung des allgemeinen Aufbaus des Lernobjekts  - Überlegungen zur Strukturierung des Lernobjekts.  (Notwendig, um die nachfolgenden Schritte effektiv bearbeiten/planen zu können.)
Inhalt		- Nennung der geplanten Fachinhalte (Theorien, Formeln, Abläufe, Zusammenhänge, etc.)  - Nennung der geplanten Praxisbeispiele zur Veranschaulichung (Fallsituationen, etc.)
Visualisierung		- Angaben zu Grafiken, Animationen, Formeln, Interaktionen etc. - Audiounterstützung: Ja/Nein

Die erstellten Gliederungen sollten sowohl durch die Drehbuchautoren als auch die mit der Umsetzung betrauten Mitarbeiter an Hand einer Checkliste geprüft werden.

Ziel ist die Erstellung eines Basis-Layouts für alle Lerngebiete mit einer Toolbox einheitlich zu verwendender Grafik- und Multimedia-Elemente.

#### 4. Die Gestaltungsphase

In der Gestaltungsphase werden die Lernobjekte mit fachlichem Hintergrundwissen angereichert. Bei der Erstellung der Inhalte ist zu berücksichtigen, wie man den Nutzer motiviert, das E-Learning-Programm intensiver zu nutzen.

Typische Gestaltungsmittel, welche die Möglichkeiten des E-Learning nutzen, sind:

#### ■ Hotwords/Tooltipp und Links

Hotwords sind kleine Zusatzfenster, die sich öffnen, sobald der User den Mauszeiger über den entsprechenden Begriff bewegt. Hotwords werden verwendet, um Begriffe mit kurzen Zusatzinformationen zu versehen, beispielsweise für die Übersetzung/Erklärung eines Fachbegriffs bzw. Fremdworts. Durch den Einsatz von Hotwords können die meisten Textklammern vermieden werden, dieses wirkt sich positiv auf den Lesefluss aus.

Links können genutzt werden, um Zusatzdokumente und Datenblätter aus der Dokumentenbox aufzurufen oder um Grafiken und Animationen in neuen Fenstern zu öffnen.

### Beispielumsetzung von Hotword und Link

#### Abschreibungsvolumen

Ausgangsbasis der planmäßigen Abschreibungen bilden die Anschaffungs- oder Herstellungskosten. Das Abschreibungsvolumen von Sachanlagen ergibt sich gem. [IAS 16.53 Satz 1](#) grundsätzlich durch Abzug des voraussichtlichen Restwerts. Jedoch betont [IAS 16.53 Satz 2](#), dass der Restwert in der Praxis oft unbedeutend ist und daher für die Berechnung des Abschreibungsvolumens als unwesentlich gilt.

Insofern gibt es keinen grundsätzlichen Unterschied zum HGB. Wenn der Restwert nicht relativ und absolut ins Gewicht fällt, braucht er hier nicht berücksichtigt werden.

**Z. B. bei Schiffen**

Für immaterielle Vermögenswerte mit begrenzter Nutzungsdauer gibt IFRS grundsätzlich einen Restwert von Null vor.

■ **Lernfragen im Kurstext**

Lernfragen dienen der Aktivierung des Lernenden, indem eine Frage aufgeworfen wird, ohne dass deren Lösung zunächst sichtbar ist. Erst durch einen Klick auf einen Antwort-Button

kann der Teilnehmer die richtige Antwort abrufen. Der Lernende wird dadurch animiert, sich Gedanken zu machen und eine eigene Antwort zu entwickeln. Es handelt sich hier um keine Test- oder Prüfungsaufgaben, folglich sind für diese Fragen keine Auswertungen erforderlich.

**Beispielumsetzung einer Lernfrage**

- ▶ Eigenkapitalveränderungsrechnung
- ▶ Kapitalflussrechnung
- ▶ Segmentberichterstattung
- ▶ **Zwischenberichterstattung**
  - Merkmale
  - Bestandteile
  - Besonderheiten
  - Zusammenfassung

Ein Unternehmen stellt Quartalsberichte auf. Das Geschäftsjahr entspricht dem Kalenderjahr.

Welche Berichts- und Vergleichsperioden umfasst der Zwischenbericht zum 30.09.?

Klicken Sie hier.

**IAS 34.8: Bestandteile**

<b>IAS 34.20(a): Bilanz</b>	
<b>IAS 34.20(b): Gewinn- und Verlustrechnung (inkl. Angabe Ergebnis je Aktie)</b>	
<b>IAS 34.20(c): Eigenkapitalveränderungsrechnung</b>	
IAS 34.20(d): Kapitalflussrechnung	
IAS 34.15-19: Anhang	

■ Berichtsperiode/-zeitpunkt  
■ Vergleichsperiode/-zeitpunkt

Die Eigenkapitalveränderungsrechnung ist für das bisherige Geschäftsjahr und die Vergleichsperiode zu erstellen.

■ **Interaktive Grafiken**

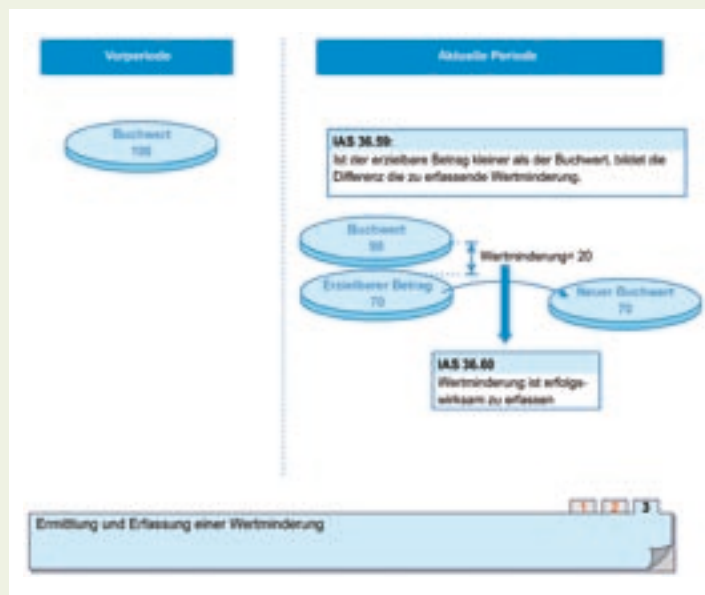
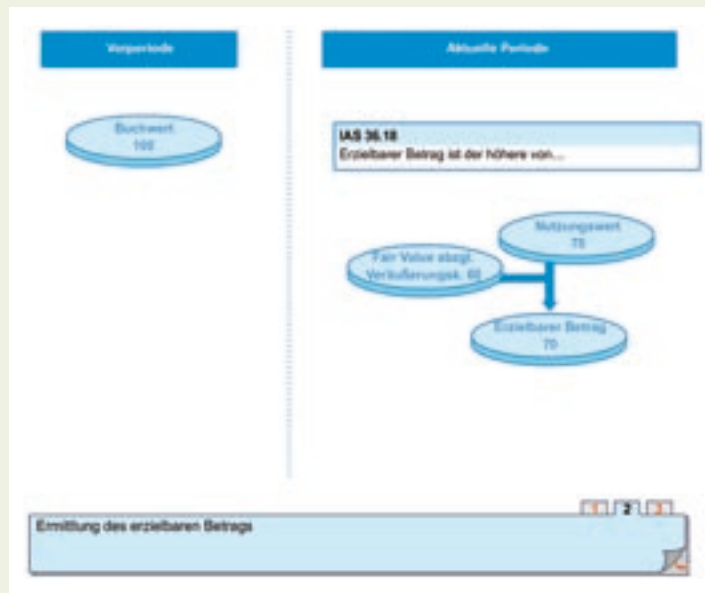
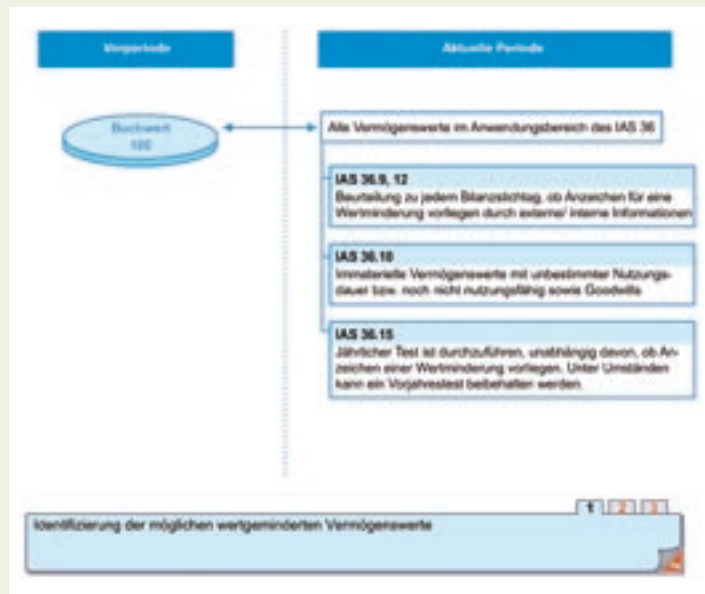
Der Nachteil konventioneller Selbstlerninstrumente wie Fachbücher oder Lehrbriefe gegenüber der typischen Präsenzveranstaltung ist das Fehlen geeigneter visueller Darstellungsmöglichkeiten komplexer Sachverhalte. In Präsenzveranstaltungen werden Berechnungen oder Grafiken üblicherweise „stufenweise erarbeitet“, wozu Printmedien nur eingeschränkt fähig sind.

in komplett neues Rechtsgebiet erarbeiten. Aus diesem Grund wurde das Instrument mehrstufige Animation (mit/ohne Audio-Unterstützung) vorrangig zur Erarbeitung von Übersichten über die einzelnen IFRS/IAS-Texte verwendet.

Bei E-Learning-Anwendungen jedoch sollte insbesondere auf diesem Aspekt ein besonderes Augenmerk liegen, da hier der Lerner auch gegenüber den Präsenzveranstaltungen den Vorteil hat, durch Interaktion eine Anpassung an das eigene Lerntempo vorzunehmen oder bestimmte Schritte mehrfach zu wiederholen.

Im vorliegenden Kurs muss sich der Teilnehmer im Bereich Internationale Rechnungslegung einen Überblick über ein für

### Umsetzung der Wertminderung nach IAS 36 als Übersichtsgrafik



Daneben bietet sich vor allem im Fach Konzernrechnungslegung die Darstellung komplexer Konsolidierungsberechnungen als mehrstufige Grafik mit Audiunterstützung an.

**Erstellung der Konzernbilanz nach der Neubewertungsmethode als Übersichtsgrafik**

Bilanzpositionen	Bilanz MU		Bilanz TU		Summenbilanz	
	Ursprungsbilanz vgl. HB I		HB II			
	A	P	A	P	A	P
<b>Aktiva</b>						
Geschäftswert						3.800
Anteile an verbundenen Unternehmen	1.800				3.800	- 400
Sonstige Aktiva	2.000		4.240		6.240	- 400
<b>Passiva</b>						
Gesetzliches Kapital		1.200		400		1.600
Kapitalrücklage		400		400		800
Gewinnrücklagen		1.200		1.800		2.800
Jahresüberschuss/ Jahresfehlbetrag		800		400		1.200
Neubewertungsdifferenz				340		340
Sonstige Passiva		2.000		1.200		3.200
<b>Summen</b>	<b>5.800</b>	<b>5.800</b>	<b>4.240</b>	<b>4.240</b>	<b>9.840</b>	<b>9.840</b>

Ein Vergleich des Beteiligungsbuchwertes der Mutter mit dem Eigenkapital der Tochter unter Einschluss der Neubewertungsdifferenz zeigt eine verbleibende Aufrechnungsdifferenz von 500. Diese Differenz stellt den Firmen- oder Geschäftswert dar.

Bilanzpositionen	Bilanz MU		Bilanz TU		Summenbilanz		Kapitalkonsolidierung Aufrechnung BetrieBEX	
	Ursprungsbilanz vgl. HB I		HB II					
	A	P	A	P	A	P	S	H
<b>Aktiva</b>								
Geschäftswert								500
Anteile an verbundenen Unternehmen	1.800				1.800			3.800
Sonstige Aktiva	2.000		4.240		6.240			
<b>Passiva</b>								
Gesetzliches Kapital		1.200		400		1.600	400	
Kapitalrücklage		400		400		800	400	
Gewinnrücklagen		1.200		1.800		2.800	1.800	
Jahresüberschuss/ Jahresfehlbetrag		800		400		1.200	400	
Neubewertungsdifferenz				340		340	340	
Sonstige Passiva		2.000		1.200		3.200		
<b>Summen</b>	<b>5.800</b>	<b>5.800</b>	<b>4.240</b>	<b>4.240</b>	<b>9.840</b>	<b>9.840</b>	<b>3.800</b>	<b>3.800</b>

Die Konsolidierungsbuchung zur Verrechnung der Beteiligung mit dem Eigenkapital der Tochter (samtlich der Neubewertungsdifferenz) und dem Ausweis des Geschäftswerts erfolgt in der Spalte Kapitalkonsolidierung.

Bilanzpositionen	Summenbilanz		Kapitalkonsolidierung Aufrechnung BetrieBEX		Konzernbilanz	
	A	P	S	H	A	P
<b>Aktiva</b>						
Geschäftswert			500		500	
Anteile an verbundenen Unternehmen	3.800			3.800		0
Sonstige Aktiva	6.240				6.240	
<b>Passiva</b>						
Gesetzliches Kapital		1.600	400			1.200
Kapitalrücklage		800	400			400
Gewinnrücklagen		2.800	1.800			1.200
Jahresüberschuss/ Jahresfehlbetrag		1.200	400			800
Neubewertungsdifferenz			340	340		0
Sonstige Passiva		3.200				3.200
<b>Summen</b>	<b>9.840</b>	<b>9.840</b>	<b>3.800</b>	<b>3.800</b>	<b>6.800</b>	<b>6.800</b>

Die Bilanzen von Mutter- und Tochterunternehmen werden nicht mehr benötigt. Fasst man die Summenbilanz mit der Konsolidierungsspalte zusammen, so erhält man die Konzernbilanz.

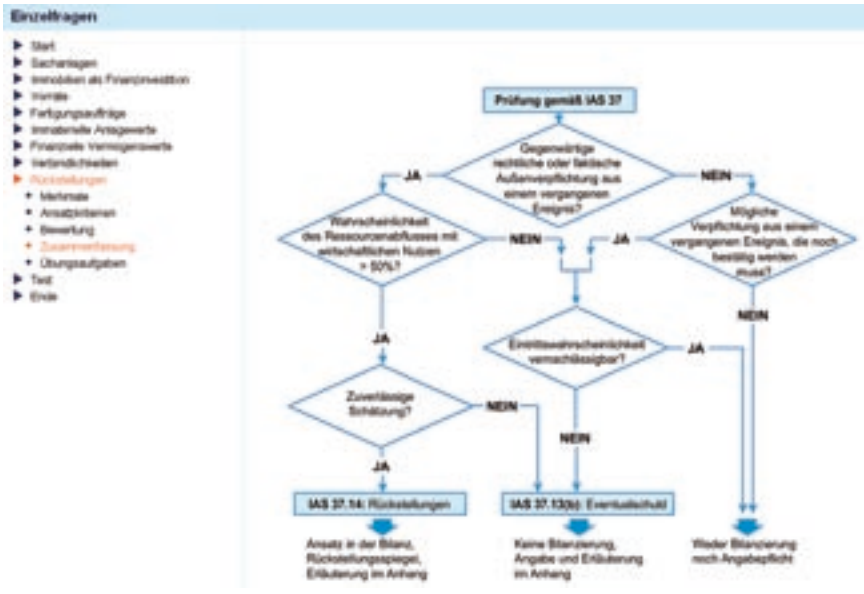


**Zusammenfassung**

In der Zusammenfassung können die wesentlichen Inhalte, Grafiken und Rechtsquellen im Karteikartenprinzip kurz dargestellt

werden. Dies ist insbesondere bei erneuter Bearbeitung des Kurses als eine Art Wiederholung oder Kurzlernpfad sinnvoll.

**Beispiel Zusammenfassung mit wesentlichen Inhalten, Grafiken und Rechtsquellen im Karteikartenprinzip**



Die nachfolgend aufgeführten Vorschriften dienen dazu, Ihnen einen Überblick über die rechtlichen Kernpunkte dieses Abschnitts zu liefern. Die Liste umfasst nicht sämtliche in diesem Kurs verwendeten Rechtsquellen.

Rückstellungen	
IAS 37.09	Begriff
IAS 37.19, IAS 37.63	Künftige Verluste
IAS 37.14	Verpflichtungen gegenüber Dritten
IAS 37.04 E	Angebotspflichten
IAS 37.02	Verzicht auf Angaben bei Rechtsunsicherheit
IAS 37.08	Keine Außenverpflichtungen
IAS 37.19, IAS 37.23	Wahrscheinlich
IAS 37.26, IAS 37.86	Eventualschulden
IAS 37.24	Stichtagsliche Verpflichtungen
IAS 37.26, IAS 37.86	Nicht verlässliche Schätzung
IAS 37.36, IAS 37.61, IAS 37.86	Wandelnde Verträge
IAS 37.16, IAS 37.70 E	Restrukturierungsmaßnahmen
IAS 37.28	Restschulden
IAS 37.07	Zweckvermögen
IAS 37.60	Stichtagswert
IAS 37.61 E	Aufholung
IAS 37.86	Kosten der Restrukturierung

**5. Zusammenfassung**

In E-Learning-Umgebungen werden die Vorteile eines selbstbestimmten Lernens mit den technischen Visualisierungsmöglichkeiten verbunden, welche auch in Präsenzveranstaltungen angewendet werden. E-Learning stellt damit eine interessante Alternative zu konventionellen Selbstlernmethoden dar, ohne jedoch Präsenzveranstaltungen komplett ersetzen zu können.

Um ein E-Learning-Projekt erfolgreich abschließen zu können, ist jedoch die Beachtung des Instrumentariums des Projektmanagements notwendig. Insbesondere ist frühzeitig im Projektablauf festzulegen, welcher Inhalt welcher Zielgruppe vermittelt werden soll und vor allem, mit welchen Visualisierungstechniken.

Der Erfolg oder Misserfolg eines E-Learning-Kurses hängt maßgeblich davon ab, inwieweit der Teilnehmer einen Vorteil in dieser Form der Wissensvermittlung erkennen und nutzen kann. Einer Umsetzung als „abgetipptes Lehrbuch“ wird er immer das Original vorziehen. Die vorstehenden Ausführungen sollten deshalb den Fokus auf Instrumentarien zur Schaffung eines möglichen Mehrwerts lenken.

Kling, Siegfried, unter Mitarbeiter von Henselmann, Klaus und Schmidt, Kai, E-Learning-Kurs „Internationaler Bilanzbuchhalter“, 90 Stunden Interaktiver Kurs mit den Modulen „Internationale Rechnungslegung“, „Konzernrechnungslegung“, „Internationales Steuerrecht“, bundesweit online im Angebot der IHK-Akademie ab 1. Juli 2007, Zugang erhältlich bei [ihk-lernen](http://ihk-lernen.de) Geschäftsbereich e-

Learning der IHK-Akademie Oberfranken GmbH Friedrich von Schiller-Straße 2a, D-95444 Bayreuth oder online im Internet unter: [http://www.ihk-lernen.de/xist4c/web/Internationaler-Bilanzbuchhalter\\_id\\_5301\\_\\_searchDetailId\\_108240\\_.htm](http://www.ihk-lernen.de/xist4c/web/Internationaler-Bilanzbuchhalter_id_5301__searchDetailId_108240_.htm).

**Veröffentlichungen**

- Kling, Siegfried: Angebotslücken im Dienstleistungssektor als Chancen zum Markteintritt in Russland, in: Oberfränkische Wirtschaft, Zeitschrift der IHK für Oberfranken Bayreuth, Ausgabe 05/2007, S. 42 ff.
- Kling, Siegfried: Wo der Rubel rollt, in: Wirtschaft konkret, Magazin der IHK Regensburg, Ausgabe 01/2007, S. 8 ff.
- Kling, Siegfried: Boom beim Bären – Im „neuen“ Russland haben Dienstleistungen Zukunft, in: w.news – Wirtschaftsmagazin der IHK Heilbronn-Franken, Oktober 2006, S. 32 ff.

## Debates are for Losers

**Peter R. Schrott**, University of Applied Sciences, Heilbronn, Germany

**David J. Lanoue**, University of Alabama

Published in: *Political Science & Politics* (2008)

**Abstract:** This paper re-examines how we determine which candidates win and lose U.S. presidential debates. We argue that current measures do not allow us to distinguish between particularly good and bad debate performances. We suggest a new way of measuring winning and losing that emphasizes the degree to which candidates over- and under-perform relative to expectations. In addition to identifying the best and worst debaters of the past forty-five years, we also find that 1) debates are far more often lost than won; and 2) incumbents are particularly vulnerable to devastating losses. We discuss the implications of these findings for debating strategy and electoral politics.

Perhaps the most overused sports analogy in all of political journalism is the treatment of presidential debates as boxing matches. Indeed, a quick search of Google in January, 2007, combining the terms “presidential debate” and “knockout”, provides 17,600 results. If the word “presidential” is omitted, that number balloons all the way up to 1,010,000.

Despite its popularity, however, it is, in the main, a poor metaphor. The winner of a championship prizefight immediately captures the title and all the riches that go with it. The winner of a presidential debate, on the other hand, may very well (and often does) lose on Election Day. Moreover, despite the promiscuous use of the word, no presidential debate has ever resulted in a knockout. Even the worst performers go the distance.

Nevertheless, the comparisons between debating and boxing do serve to point out the importance of the concept of the winner. Immediately after each debate concludes, the first question on the lips of almost every viewer is, “Who won?” That is also among first questions asked by the major polling organizations, some drawing their samples within minutes of the candidates’ closing statements.

Most early studies of presidential debates concluded that these events have relatively little impact on voters’ attitudes, at best reinforcing pre-existing candidate preferences (see, e.g., Katz and Feldman 1962; Sears and Chafee 1979; see also Yawn et al. 1998, p. 155-6). More recently, however, scholars have determined that much of the earlier research failed to account for the variety of factors and influences that come into play when viewers watch candidates on television. Pfau (2002), for example, contends that many traditional debate analyses neglect the subtle effects of “relational messages”, including various non-verbal cues that trigger positive and negative reactions in voters. By ignoring such messages, he says, these scholars underestimate the



**Prof. Dr. Peter Schrott** lehrt im Studiengang Internationale Betriebswirtschaft und Interkulturelle Studien (IB-IS) Sozial- und Wirtschaftswissenschaften



**David J. Lanoue** ist Professor der Politikwissenschaften an der University von Alabama

impact of debates on voters, particularly those effects that take time to develop, and thus can not be measured by immediate post-debate questionnaires.<sup>1</sup>

As students of political communication have become more sensitive to these and other factors, they have increasingly found that, under the right conditions, presidential debates can be quite influential. Lanoue (1992), for example, demonstrates that the 1980 debate between Ronald Reagan and Jimmy Carter had a measurable impact on the outcome of the election, in Reagan’s favor. Hillygus and Jackman (2003) similarly document a positive impact of the 2000 debates on the fortunes of George W. Bush. Holbrook (1996) finds that debaters’ “net performance” ratings explain 75% of the variance in the aggregate change in post-debate vote intentions between 1960 and 1992 (see also Geer 1988).

Despite both the interest in, and apparent importance of, debate performance, it is surprising how little is actually known about winning and losing. Pundits emphasize transcendent sound bites (Ronald Reagan chiding Jimmy Carter by saying, “There you go again” in 1980, or Gerald Ford bizarrely claiming that Eastern Europe was free of Soviet domination in 1976), but they tend to treat debates as discrete, non-comparable events. Journalists provide information on post-debate polls, but the numbers are rarely placed in any usable context.

<sup>1</sup> Early researchers may also have erred by failing to consider fully the context and content of debates. Benoit and Wells (1996), for example, suggest that the importance of any given debate will depend not only on the makeup of the electorate during the year in question (e.g., how many voters are undecided about the candidates or ill-informed about their positions on the issues), but also on the rhetorical strategies employed by the debaters.

This article will suggest a different method of understanding voters' assessments of debate performance. First, we will discuss the proper interpretation of polling results. Second, we will use these results to identify the most, and least, successful debaters since 1960. Finally, we will argue that most debates are, in fact, lost, rather than won.

Before delving into our analysis, we should make one critical point. In this paper, we are interested in the winning and losing of presidential debates themselves, as opposed to the link between winning and losing and the outcome of the election. It should be clear that the impact of a debate on a presidential election will depend on a number of contextual factors that are out of the hands of the participants. In 1980, for example, it is likely that one of the reasons the Carter-Reagan debate significantly influenced the final result was the fact that it was held just one week prior to Election Day (Lanoue 1992). In addition, we know that debates are most likely to be influential when the race is close, when there are large numbers of undecided voters, and when support for the candidates is "soft" (Lanoue and Schrott 1991).

To borrow an entirely different sports analogy, consider the softball player who hits three home runs in a game that her team loses 10-3. Although her performance was outstanding, it did not have a meaningful impact on the outcome of the game because of the context in which she was operating. Likewise, a candidate (say, Walter Mondale in 1984) who trails by a wide margin in the polls against a well-known incumbent is very unlikely to alter his fate regardless of how well he fares in any given encounter. Nevertheless, it is still important to consider winning and losing in all their various contexts because we know that winning can improve a candidate's odds of success at the polling place (just as home runs can increase a softball team's chance of victory), and it is therefore valuable to learn as much as possible about how debate performances are evaluated.

### Interpreting Debate results

We will begin by considering just what it means to win and lose a presidential debate.<sup>2</sup> Table 1 provides a list of all candidates who won or lost their debates by 10 points or more, according to the first available post-debate Gallup poll.<sup>3</sup> In nearly every case,

<sup>2</sup> In this study, we will ignore the 1980 debate between Ronald Reagan and independent candidate John Anderson, as it did not include both major party candidates for president.

<sup>3</sup> In order to maintain as much consistency as possible, we use data from the Gallup organization, as collected either from the monthly Gallup Report, from reports in the New York Times, or more recently, from websites such as CNN.com (for 1960, we also used Gallup Poll data reported by Theodore White, 1961, in *The Making of the President 1960*). For pre- and post-debate "horse race" polls, we select the Gallup survey taken most immediately before and after each debate, recognizing that the frequency of such polls is much greater today than during the 1960s, 1970s, or even the 1980s. For our analysis of who won each debate, we also use the first available post-debate Gallup data. Because the Gallup Poll did not ask about the winner after the second, third, and fourth debates in 1960, we average the findings of all national surveys presented by Katz and Feldman (1962) and use the resulting figures.

of course, the winner's and loser's numbers are mirror images. If one candidate wins the debate by 15 points, his opponent, by definition, loses by 15. The one exception is the three-candidate debates of 1992 between Bill Clinton, George H.W. Bush, and Ross Perot. In that case, the winner's margin of victory is measured as the amount by which he beat the second place finisher; the losers' margins are calculated as the distance behind the winner, regardless of whether the candidate in question finished

Winners (Year:Debate)	Margin	Losers (Year:Debate)	Margin
Clinton (1992:2)	42	Perot (1992:2)	-43
Clinton (1996:2)	30	Bush I (1992:2)	-42
Kennedy (1960:1)	21	Bush I (1992:1)	-31
Mondale (1984:1)	19	Dole (1996:2)	-30
Clinton (1996:1)	19	Nixon (1960:1)	-21
Perot (1992:1)	17	Reagan (1984:1)	-19
Bush I (1988:2)	16	Dole (1996:1)	-19
Kerry (2004:1)	16	Clinton (1992:1)	-17
Nixon (1960:3)	14	Dukakis (1988:2)	-16
Carter (1976:2)	13	Bush II (2004:1)	-16
Bush II (2000:2)	13	Kennedy (1960:3)	-14
Kerry (2004:3)	13	Ford (1976:2)	-13
		Gore (2000:2)	-13
		Bush II (2004:3)	-13

**Table 1:** Candidate Who Won and Lost Debates by at Least Ten Percent

in second or third place.

While these figures give us some idea of which presidential candidates have been the most and least successful debaters, they ignore one of the critical issues of context discussed above. In 1984, for example, according to the polls, Walter Mondale won his first debate with Ronald Reagan by 19 percentage points. A dozen years later, Bill Clinton defeated Bob Dole in their first meeting by an identical margin. These 19-point victories are, in fact, among the most lopsided in the history of televised debating, having only been exceeded three times over the course of 23 debates held between 1960 and 2004.

Nevertheless, while Mondale and Clinton may have enjoyed the same margin of victory over their opponents, that does not necessarily mean that they should be seen as equally successful. We know from individual-level research that viewers' assessments of debate performance are heavily filtered by party loyalty and candidate preferences (see, e.g., Hagner and Rieselbach 1978; and Lanoue and Schrott 1989;1991). The best predictor of which candidate a voter will select as the debate winner is that voter's prior attitudes. An underdog, therefore, faces an uphill climb in convincing voters to set aside their pre-existing biases and give credit for an outstanding performance to their least preferred candidate.

In 1984, Mondale trailed Reagan in the race for the presidency by 16 points, according to the final pre-debate "horse race" poll. Clinton, on the other hand, led Dole by a 20-point margin. Indeed, the percentage of voters naming Clinton as the winner of the debate (51) actually fell four points below the proportion favoring him in the race for president (55). By contrast, Mondale, who had the support of only 39% of the electorate in the battle for the White House, was named as the victorious debater by 54% of all respondents. Clearly, Mondale's was the more impressive

accomplishment.

Another way to think about debating success, then, is to consider the extent to which each candidate over-or under-performs relative to his position in the horse race polls. In the example above, Mondale over-performed by 15%, while Clinton, though the winner of the debate, actually under-performed, if only slightly. It may be helpful here to think, as journalists often do, of over-and under-performers as those candidates who have either exceeded or fallen short of expectations.

Table 2 provides a list of all the candidates who have either over-or under-performed by at least ten points. While these lists may correspond reasonably well with our recollections of which debaters have been the most and least successful over the years, several points deserve mention. First, there is an obvious bias in favor of candidates whose pre-debate horse race numbers were especially low, and against those whose numbers were particularly high. By definition, the former have more to “gain”,

Over (Year:Debate)	Margin	Under (Year:Debate)	Margin
Perot (1992:1)	37	Carter (1976:1)	-29
Perot (1992:3)	24	Nixon (1960:1)	-23
Mondale (1984:1)	15	Kennedy (1960:3)	-21
Clinton (1992:2)	11	Reagan (1984:1)	-20
		Clinton (1992:1)	-20
		Clinton (1992:3)	-19
		Ford (1976:2)	-18
		Bush I (1992:1)	-18
		Bush I (1992:2)	-18
		Carter (1976:3)	-15
		Reagan (1984:2)	-15
		Bush II (2004:1)	-15
		Kennedy (1960:2)	-14
		Ford (1976:3)	-14
		Kennedy (1960:4)	-13
		Dukakis (1988:1)	-12
		Nixon (1960:4)	-11
		Bush I (1988:1)	-11
		Nixon (1960:2)	-10
		Dukakis (1988:2)	-10

**Table 2:** Candidate Who Over-Performed and Under-Performed by at Least Ten Points

and the latter more to “lose”.

Second, candidates from the early years (especially 1960 and 1976) seem, in general, to under-perform relative to their more recent counterparts. This is largely because voters in the 1960s and 1970s were more likely to rate each debate as a draw. After the first Kennedy-Nixon debate in 1960, only 67% of Gallup respondents named either candidate as the winner; in 1976, only 56% selected either Jimmy Carter or Gerald Ford as the strongest performer in their first televised encounter. By contrast, the corresponding numbers for the first Bush-Gore debate in 2000 and the first Bush-Kerry debate in 2004 were, respectively, 89% and 90%. Obviously, when fewer voters are willing to name a debate winner, it is more likely that one or both candidates will under-perform vis-à-vis their horse race numbers.

Finally, it is clear from this table that, in terms of our performance measure, there are more big losers than big winners. While 20 candidates under-performed by 10% or more, only 4 over-performed by

a similar amount. We will explore this issue in greater detail below.

Before we move on, however, it may be useful to correct for the distortion in our figures caused by the fact that candidates who are far ahead in the polls are more likely to be extreme under-performers, regardless of their debating skills, while those who trail badly in the horse race are better situated to be strong over-performers. To do this, we will recalculate our measure of relative performance by dividing our current variable by the candidate’s share of the horse race “vote”. The resulting figure will define over-and under-performance as a percentage of each candidate’s support in the pre-debate polls.

Thus, if a politician stands at 60% in the horse race and under-performs by 15 points (i.e., is seen as the debate winner by 45% of respondents), his new score will be recorded as -25% (15/60). A candidate with a pre-debate vote share of 45% who under-performs by the same amount will receive a score of -33% (15/45). This new measure corresponds with the commonsensical notion that under-performance by an underdog is more potentially devastating than

Over (Year:Debate)	Margin (in %)	Under (Year:Debate)	Margin (in %)
Perot (1992:1)	370	Carter (1976:1)	-54
Perot (1992:3)	185	Bush I (1992:1)	-53
Mondale (1984:1)	38	Bush I (1992:2)	-53
Clinton (1992:2)	23	Nixon (1960:1)	-50
Kerry (2004:1)	20	Kennedy (1960:3)	-43
Clinton (1996:2)	16	Ford (1976:2)	-40
Perot (1992:2)	15	Clinton (1992:1)	-40
Bush II (2000:2)	11	Clinton (1992:3)	-40
Gore (2000:3)	10	Reagan (1984:1)	-36
		Ford (1976:3)	-34
		Carter (1976:3)	-32
		Kennedy (1960:2)	-29
		Dukakis (1988:1)	-29
		Bush II (2004:1)	-29
		Kennedy (1960:4)	-27
		Reagan (1984:2)	-26

**Table 3:** Candidate Who Over-Performed and Under-Performed Performance Relative to Horse Race Standing (Cut-Off of 10% for Over-Performers and 25% for Under-Performers)

the same degree of under-performance by a frontrunner.

Using this new variable, Table 3 reports the list of candidates who significantly over-and under-performed relative to their position in the pre-debate horse race polls. Because the number of under-performers once again greatly exceeds the number of over-performers, we will set different cut-off points for each group. The table, then, lists all candidates who have over-performed by at least 10% and all who have under-performed by at least 25%.

For the most part, the winners and losers who appear in Table 3 are the same ones whose names appear in Table 2, indicating that the distortion in our previous measure was relatively minor. Still, two differences bear mentioning. First, it is clear that this new variable, as desired, does far less to penalize strong front-runners. Second, Ross Perot’s numbers for 1992 are extraordinarily high, primarily because our baseline measure, Perot’s pre-debate share of vote intentions, never exceeded 13%, a figure 21 points below that of any other debater in history.

By considering the degree to which candidates meet – or fail



to meet – expectations, we are able to put winning and losing in context. Nevertheless, in our efforts to identify the best and worst debaters since 1960, we should not lose sight of the fact that, even given our emphasis on over-and under-performing, it still matters who wins and loses in the traditional sense. By our measure, for example, Ronald Reagan under-performed during his second 1984 debate with Walter Mondale by 26%. Despite this fact, he actually “beat” Mondale by 3 points in the post-debate poll, making it difficult to argue that Reagan should be considered a loser in any meaningful sense of the word. Our final exercise, then, will be to merge the data from Tables 1 and 3, in an effort to identify those candidates who fared particularly well or badly by both the traditional measure of winning and losing and by the measure of relative performance created above. These will be candidates who not only won or lost the debate by at least ten points, but who also over-or under-performed expectations by a sizable margin (10% for winners,

Most (Year:Debate)	Least (Year:Debate)
Perot (1992:1)	Bush I (1992:1)
Mondale (1984:1)	Bush I (1992:2)
Clinton (1992:2)	Nixon (1960:1)
Kerry (2004:1)	Kennedy (1960:3)
Clinton (1996:2)	Ford (1976:2)
	Clinton (1992:1)
	Reagan (1984:1)
	Bush II (2004:1)

**Table 4:** Most and Least Successful Debate Performances, 1960-2004

25% for losers). Their identities can be found in Table 4. Before considering the fate of the individual politicians, we should first consider what these results tell us about the overall impact of debates on viewers. Specifically, the findings in Table 4 appear to buttress the argument that debates help challengers more than incumbents. Of the five big winners named in this table, four represented the “out” party in the election (including, for our purposes, Ross Perot in 1992). Of the eight biggest losers, six were either serving as the sitting president or vice president at the time of their weak performance.<sup>4</sup>

At the individual level, the results presented in Table 4 are generally consistent with conventional wisdom regarding which debaters have been the most and least successful over the years. Our list of big losers, for example, includes three performers

<sup>4</sup> We should note that this phenomenon is not simply an artifact of the arbitrary cut-off points that we used. If we drop our under-performance limit from 25% to 10%, our list of losers would include Michael Dukakis (1988, debate 2), Al Gore (2000, debate 2), and George W. Bush (2004, debate 3). If we include all candidates who, according to Gallup, won their debates by eight, rather than ten, points, we would add Dukakis’s first 1998 debate. If we lowered the floor for both variables, we would capture the losing performances of Jimmy Carter in 1980 and George H.W. Bush in his third and final 1992 debate. All of the candidates named above, of course, were members of the incumbent party, with the exception of Dukakis. Excluding Dukakis and Gore, all were sitting presidents.

whose failings have become the stuff of debating folklore: Richard Nixon in his first 1960 debate with John F. Kennedy, in which he appeared sickly, sweaty, and ill at ease; Gerald Ford in his second 1976 debate with Jimmy Carter, in which he committed his notorious “gaffe” about Eastern Europe; and the first President Bush in 1992, who was caught by the cameras looking at his watch while his opponents were speaking, an iconic moment that came to symbolize his supposed discomfort and ineptitude as a debater.<sup>5</sup> Among those who follow politics closely, it would also come as no surprise to see that Ronald Reagan in 1984 and George W. Bush in 2004 are listed as big losers of their first debates.<sup>6</sup>

The list of the biggest winners would also come as little shock to most long-time political observers. The performances of Ross Perot (1992), Walter Mondale (1984), and John Kerry (2004) in their first presidential debates were recognized at the time as solid victories.<sup>7</sup> The same is true of Bill Clinton’s mastery of his second debate with Perot and George H.W. Bush in 1992, the first time the “town hall” format was employed.<sup>8</sup>

The list of successful and unsuccessful debaters, however, also includes three surprises, mostly involving long-forgotten debates that provided no memorable sound bites or defining moments. For example, Bill Clinton’s impressive triumph over Bob Dole in their second confrontation in 1996 has largely been lost to history. Similarly, few Americans recall John F. Kennedy’s rather substantial loss to Richard Nixon in their now-obscure third presidential debate in 1960. Finally, despite his own reputation for forensic excellence, Bill Clinton’s first experience in a general election presidential debate, in 1992, was actually rather disappointing (though he may have benefited from the fact that, despite losing badly to Ross Perot, he finished well ahead of the first President Bush, his main rival for the White House).

### Are Debates won or lost?

Because traditional measures of winning and losing typically represent a zero-sum game, it has generally been difficult to assess the degree to which one candidate wins a debate and the other loses. As noted above, in a two-candidate race, a 15 point victory for one debater automatically means a 15 point defeat for the other. Even in the three-way debates of 1992, winners’ and losers’ margins were strongly related.

By measuring over-and under-performance, however, we can determine whether voters’ assessments of the candidates are driven more by the winner exceeding expectations or the loser failing to live up to them. In the analysis above, the findings are clear and persuasive. Debates are far more likely to be lost than to be won. Indeed, there are only two debates, out of 23, in which the

<sup>5</sup> See Schroeder (2000) for information on Nixon (p. 98) and Bush (p. 110). See Steeper (1978) for further information on Ford and his “gaffe”.

<sup>6</sup> See Schroeder (2000:107) for information on Reagan. See Newsweek (2004) for information on Bush.

<sup>7</sup> See Schroeder (2000) for information on Perot (p. 119) and Mondale (p. 103). See Newsweek (2004) for information on Kerry.

<sup>8</sup> Schroeder (2000:116)

winner over-performed to a greater degree than the loser under-performed. In the first debate of 1992, Ross Perot emerged as the surprise victor, though the extent of his over-performance was largely a product of his third-party status and consequent low pre-debate standing in the polls. In addition, Walter Mondale not only beat Ronald Reagan in their first 1984 debate by 19 points, but his over-performance “score” was actually higher (in absolute value terms) than Reagan’s under-performance “score”. It could be argued, therefore, that Perot and Mondale are the only two candidates ever to have truly “won” a presidential debate, though even Mondale’s edge (38%-36%) was slight.<sup>9</sup>

Other than these two cases, however, the evidence tells a consistent tale. By any measure, the number of under-performers and the extent of their failure dwarfs the number of success stories. The unmistakable conclusion in these and most other cases is that failure is a far more common phenomenon in presidential debates than success, and that success and failure are not, in fact, mirror images of one another.

Along these same lines, it is interesting to note that, despite the discussions of charisma and forensic ability that so often dominate media coverage of presidential debates, this study suggests that context may matter at least as much as inherent skills. George H.W. Bush, who bested Michael Dukakis twice in 1988, lost badly in 1992. His son escaped the 2000 debates unscathed, but was clearly much less successful four years later. And even the Great Communicator himself, Ronald Reagan, followed up a relatively strong performance in 1980 with an overwhelming defeat in 1984, at least in the first debate. What all three of these candidates have in common, of course, is that their failures occurred when they debated as incumbent presidents (though it should be noted that the first President Bush did represent the incumbent party as Vice President in 1988). In short, our data suggest that incumbency may be as big a factor in debating success as any notion of oratorical eloquence or personal magnetism.

Once again, we must bear in mind that debating success is only one of many factors that influence the outcomes of presidential elections. Indeed, the two biggest debate winners identified above, Perot and Mondale, not only trailed badly before the debates, but also lost overwhelmingly on Election Day, despite their success in head-to-head encounters with their opponents. Nevertheless, research has shown that, under the

right circumstances, debate performance can be electorally significant, even in cases (such as 1980), when the winner and loser are not separated by an especially wide gap.<sup>10</sup>

Further, it is important to recognize that voters’ debate assessments are both direct (i.e., based on their reactions to the candidates themselves), and also mediated by the post-debate analysis presented by journalists and pundits (see, e.g., Kendall 1997). There is some evidence, for example, that Gerald Ford’s Eastern Europe blunder was not generally recognized by the electorate until it was dissected and replayed multiple times by newscasts in the days following the second Ford-Carter debate (Steeper 1978). Our decision rule was to analyze the first available Gallup Poll taken after each debate.<sup>11</sup> In some cases, these polls were taken on the evening of the debate; in others, they were taken over a longer period. Because of this, it is possible that we may have missed some portion of the post-debate media effects that were triggered by coverage of these events (although we do seem to have captured the devastating impact of Ford’s debacle). In general, however, our findings regarding winners and losers are, as noted above, consistent with the extant scholarly and journalistic literature.<sup>12</sup>

It is, of course, beyond the scope of this article to suggest strategies for debating candidates and their handlers. Nevertheless, if losing matters more than winning, it might (to reprise our sports analogy) be less important to hit a home run, and more important to avoid striking out. If that is the case, then a cautious, defensive strategy on the part of each campaign may be justified, regardless of how unsatisfying the result might be for viewers. Moreover, incumbents may be well advised to

<sup>9</sup> Analyzing the candidates’ performance in the 2004 presidential debates, Friedenber (2005) suggests that John Kerry should be regarded as the winner of the series, based largely on his strong performance in his first debate with George W. Bush. While this would seem to contradict our finding that Bush “lost” this debate, we would view this as a relatively narrow difference of emphasis. In fact, as our tables indicate, we also see John Kerry, in his first debate, as one of the strongest performers in debating history. Moreover, the gap between Kerry’s over-performance (+20) and Bush’s under-performance (-29) is one of the smaller that we recorded. Finally, Friedenber also acknowledges Bush’s weaknesses in this debate, pointing out that “Kerry’s attacks often placed Bush on the defensive” (p. 126), and quoting Bush advisor Karen Hughes’s negative assessment of her boss’s non-verbal cues and physical appearance.

<sup>10</sup> While the 1980 debate participants did not make our list, the debate did represent a substantial loss for Jimmy Carter. In addition to losing by nine percentage points in the Gallup Poll, he also under-performed by nine points on our unadjusted measure, and by 20% on our adjusted measure.

<sup>11</sup> We made this choice for two reasons. First, because the findings of different polling organizations often differ substantially, we wanted to maintain consistency by selecting just one pollster. Gallup, of course, is one of the oldest of all respected polling organizations and thus has data going back to the 1960s. Second, we chose the first post-debate poll in order to remain consistent across multiple years, and not to risk unwittingly cherry-picking polls that best made our argument. As a practical matter, however, most polling agencies only run a single poll addressing the question of who won a given debate.

<sup>12</sup> One recent case in which Gallup may not have entirely captured the post-debate media impact was Al Gore’s first meeting with George W. Bush in 2000. While immediate post-debate polls showed that viewers regarded Gore as the strongest performer, later media emphasis on the Vice President’s audible sighs and his alleged fib about meeting with the FEMA director after some Texas wildfires may well have driven Gore’s stock down in the manner discussed by Pfau (2002). Indeed, as noted above, Hillygus and Jackman (2003) showed that the net impact of the 2000 debate series was in Bush’s favor. Of course, if it is the case that Gore’s annoying non-verbal behavior and supposed exaggerations were ultimately costly, that, too, would be consistent with our thesis that debates are more often lost than won.

limit, as much as possible, their participation in debates, and to negotiate for the most restrictive ground rules possible. Although Bill Clinton proved in 1996 that the incumbent's lot is not inherently hopeless, the preponderance of evidence does not favor the current resident of the White House in any given year.

In the end, of course, no two debates are exactly alike. Indeed, in 2008, we will, for the first time, witness a series of debates lacking either a sitting president or vice president.

Regardless, if history is any guide, when analyzing the debates and their potential impact, voters, scholars, and pundits should not be asking "Who won?", but rather, "Who lost?"

## References

- Benoit, W.L. and W.T. Wells. 1996. *Candidates in Conflict: Persuasive Attack and Defense in the 1992 Presidential Debates*. Tuscaloosa, AL: University of Alabama Press.
- Friedenberg, R.V. 2005. "The 2004 Presidential Debates." In R.E. Denton, Jr. (ed.), *The 2004 Presidential Campaign: A Communications Perspective*. Lanham, MD: Rowman and Littlefield.
- Geer, J.G. 1988. "The Effects of Presidential Debates on the Electorate's Preference Candidates." *American Politics Quarterly*, 16, 486-501.
- Hagner, P.R. and L.N. Rieselbach. 1992. "The Impact of the 1976 Presidential Debates: Conversion of Reinforcement?" In G. Bishop, R. Meadow, and M. Jackson-Beeck (eds.), *The Presidential Debates*. New York: Praeger.
- Hillygus, D. S., Jackman, S. 2003. "Voter Decision Making in Election 2000: Campaign Effects, Partisan Activation, and the Clinton Legacy." *American Journal of Political Science*. 47: 583-596.
- Holbrook, T.M. 1996. *Do Campaigns Matter?* Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- Katz, E. and J.J. Feldman. 1962. "The Debates in the Light of Research: A Survey of Surveys." In *The Great Debates: Background, Perspective, Effects*, S. Kraus (ed.). Bloomington: Indiana University Press.
- Kendall, K.E. 1997. "Presidential Debates Through Media Eyes." *American Behavioral Scientist* 40: 1193-1207.
- Lanoue, D. J. 1992. "One that Made a Difference: Cognitive Consistency, Political Knowledge, and the 1980 Presidential Debate." *Public Opinion Quarterly*, 56, 168-184.
- Lanoue, D.J. and P.R. Schrott. 1989. "Voters' Reactions to Televised Presidential Debates: Measurement of the Source and Magnitude of Opinion Change." *Political Psychology* 10: 275-85.
- Lanoue, D. J. and P.R. Schrott. 1991. *The Joint Press Conference: The History, Impact, and Prospects of American Presidential Debates*. New York: Greenwood.
- Newsweek. 2004. "Face to Face." November 8, 2004. <http://www.msnbc.msn.com/id/6420968/site/newsweek/>
- Pfau, M. 2002. "The Subtle Nature of Presidential Debate Influence." *Argumentation and Advocacy*, 38, 251-262.
- Schroeder, A. 2000. *Presidential Debates: Forty Years of High-Risk TV*. New York: Columbia University Press.
- Sears, D.O. and S.H. Chaffee. 1979. "Uses and Effects of the 1976 Debates: An Overview of Empirical Studies." In S. Kraus (ed.), *The Great Debates: Carter vs. Ford 1976*: Bloomington: Indiana University Press.
- Steeper, F.T. 1978. "Public Response to Gerald Ford's Statements on Eastern Europe in the Second Debate." In G. Bishop, R. Meadow, and M. Jackson-Beeck (eds.), *The Presidential Debates*. New York: Praeger.
- White, T.H. 1962. *The Making of the President 1960*. New York: Atheneum.
- Yawn, M., K. Ellsworth, B. Beatty, and K.F. Kahn. 1998. "How a Presidential Primary Debate Changed Attitudes of Audience Members." *Political Behavior*, 20, 155-181.

# Gainsharing: An Experiment in Sustainable Organisational Change

The 5th International Conference „Business and Management 2008“ at Vilnius Gedeminas University, Lithuania

**Prof. Dr. Margarete Seidenspinner**

Faculty of Business, Heilbronn University, 39 Max-Planck-Str.,  
74081 Heilbronn, Germany, Email: seidenspinner@hs-heilbronn.de

**Abstract:** Term ‚gainsharing‘ stands for a diverse category of performance-related incentive schemes aimed at maximising corporate gains. Such schemes have found widespread usage in manufacturing but they now also include corporate areas which provide services and management functions. Contrary to individual merit payments and egalitarian profit sharing, gainsharing is based on team efforts and needs to be supported by a holistic organisational philosophy. Gainsharing and its multiple facets have been extensively researched in the last two decades but there are hardly any long-term studies that explore the factors that have sustained gainsharing plans over time. This paper uses a successful gainsharing experiment to specify how productivity gains can be achieved and shared between employers and employees. Moreover, it outlines the history of gainsharing and its advent in Western Europe as well as the transformational change process companies undergo if they adopt gainsharing plans. By way of conclusion, this paper looks at how pay schemes may develop in future.

**Keywords:** Gainsharing plans; continuous improvement, transformational organisational change, measures of productivity, calculation of base rates and premiums.

## Introduction

Historically, the term gainsharing has at times invited controversy as some of the early attempts at offering the workforce a stake in the company reflected philanthropic and patriarchal employer attitudes which were intended mainly to smooth over class-based conflicts. As a result, there was no shortage of sceptics in the incipient Labour movements, who regarded such schemes as „opposed to the principles of collective bargaining and trade unionism“[1].

By contrast, gainsharing was praised as an instrument of industrial democracy capable of forestalling industrial disputes and – more recently – as an exciting experiment to achieve genuine organisational development.

To researchers, gainsharing schemes are of continued interest as they touch upon a broad scale of organisational issues. Thus, academics and practitioners have investigated the generic and specific features of different gainsharing systems. They have analysed their role in employee participation policies and how they are perceived by those directly involved. Their strategic importance for change and diversity management has been emphasised, as have the risks and opportunities such schemes present.



**Prof. Dr. Margarete Seidenspinner** lehrt im Studiengang Internationale Betriebswirtschaft und Interkulturelle Studien (IB-IS) die Fachgebiete Internationales und Interkulturelles Management, Anglophone Welt, Angewandte Sprachwissenschaft

Although gainsharing systems are widely used in manufacturing, it is not exactly known which factors sustain them over time. This paper, which uses the findings provided by a long-term study of a global equipment manufacturer and gainsharing pioneer, seeks to fill this gap. The findings are based on literature analysis, survey responses and case methodology.

## 1 A Brief History of Gainsharing

Unlike across-the-board profit sharing and individualized merit payments, gainsharing is a group-based incentive scheme which uses the skills, experience and responsibility of work teams to improve work routines and production outputs. The first gainsharing plan to deserve this name evolved from the ideas of JOSEPH SCANLON, the president of a local branch of the North American United Steelworkers Union in the mid-1930s when he saved his employer, Empire Sheet and Tube, from financial ruin by allowing the workers to suggest ways to make the company more profitable. Scanlon’s plan originally had no bonus formula but with growing profitability, monthly bonuses were paid to all employees when labour costs were pushed below predetermined base levels while output levels were maintained. In order to maintain job security and to share the risks incurred, e.g. during economic downturns, this plan also made provision for periods when production goals could not be met by paying a small part of the bonuses into reserve funds.

The Rucker Plan (aka Share of Production Plan) developed by ALLAN W. RUCKER, a US economist, was first implemented in 1948. It related labour cost to production and calculated the value added to a product by this product’s sales value (aka Sales Value of Production). Because of its multicost formula, it was appropriate for organisations that also wanted to check on other non-financial variables, e.g. waste levels. This type of gainsharing later became known as ‚goalsharing‘.

A popular variety of gainsharing was IMPROSHARE® aka Improved Productivity Through Sharing. This plan was devised in 1981 by MITCHELL FEIN [2], an Industrial Engineer. IMPROSHARE® rewards all participating employees equally „whenever the actual number of labour hours ... is less than the estimated number it would have taken to produce to the current level of output in the base period“ [3]. The estimated base period



was taken from engineering time studies. These calculations were easy to make and to monitor by the work teams whose commitment was honoured by financial rewards.

In 1988, 26 per cent of US companies used some kind of gainsharing [4], mostly modified Scanlon plans which „typically distribute[d] 75 percent of gains to employees and 25 per cent to the firm“ [5] and in the 1990's such plans represented „one of the fastest growing non-traditional pay-for-performance reward systems“ [6] in the US industry. In the last decade, high-involvement goalsharing schemes have evolved from tactical measures aimed at improving production efficiency to effective expedients of line-driven cultural change which have enabled business organisations to turn into stakeholder and value-oriented enterprises while achieving a high level of employee commitment. Moreover, gainsharing has moved from the shopfloor to many other organisational levels.

However, the transition from regular salaries to performance-related team remuneration has not always been plain sailing. In the US health sector, for instance, gainsharing schemes between hospitals and physicians had to be abandoned in 1999 „after informal guidance from the Department of Health and Human Services ... indicated that the practice would violate federal law“ [7] and it took the Office of Inspector General (OIG) over five years to reconsider their position.

## 2 The Rise of Gainsharing in Western Europe

In the 1980's, when gainsharing was becoming a pervasive management topic in the US, many Western European manufacturers still held on to their traditional structures. As most of them had enjoyed impressive growth rates in the 1960's and 1970's and benefited from buyerseller relationships of long-standing, they felt no „need for a new paradigm“ [8] and failed to realize that they were part of economic „clusters“ [9] which were held together by allegiance and habit rather than joint development. In these protectionist clusters, interdependent suppliers and buyers mostly traded with each other. The Taylorist structures of those producers, their inefficient communication channels and cumbersome work processes had gradually undermined their operational efficiency, productivity and competitiveness. A further side-effect of the preceding prosperous decades was that companies had become reluctant to review their strategies in order to offset existing local factor disadvantages.

At the same time, markets were changing rapidly and customers began to demand product quality and technical sophistication. As a result, manufacturers were often unable to balance market demands and rising rejuvenation costs. High non-wage labour costs combined with antagonistic labour-employer relations constituted an additional stumbling block. Manufacturers reacted to those problems by depleting their corporate resources, which frequently exposed them to hostile takeovers [10], and/or by shedding jobs. Others moved to cheap labour countries, a trend that was reinforced by the growing attractiveness of business locations in Central and Eastern Europe. Managerial attempts to tackle quality and output deficiencies by introducing advanced ICT systems were able to stem the tide in the short term but were

no long-term remedy for low and faulty production outputs and poor employee morale.

When Western European companies finally looked for inspiration overseas, they began to refocus on their core competencies and on improving their operational efficiency. This anticipated the Total Quality Management movement which, from the 1980's onwards, gradually integrated all agents of corporate life into a commonly owned commitment to value creation. According to TQM philosophy sustainable businesses result from sound people management which integrates suppliers, employees and customers directly in the design of corporate quality processes. As a result, the focus of HR policies shifted from the selection of staff and the control of labour costs to staff motivation, in-company training and performance management. Companies began to claim that their success was not only due to state-of-the-art technology, patents, expertise or strategic ploys but to efficient people management and fair employment agreements.

## 3 The Generic Features of Successful Gainsharing Schemes

There is a broad consensus amongst gainsharing experts about the fact that gainsharing plans only succeed in companies that are capable of moving from incremental transitional changes to comprehensive organisational transformation. Those that undertake the gainsharing experiment should be pragmatic and open to new ideas. New schemes should first be tried and tested in areas that promise positive outcomes and are important to the organization as successful ventures tend to be more readily accepted. Moreover, in order to implement gainsharing in a sustainable way, companies should be able to meet the requirements listed below:

### 3.1 Building a Learning Organisation

The economic survival of many organisations has often been founded on their ability to create enabling and entrusting corporate cultures. In an environment where people feel safe to express their ideas more contributions are made and more lessons are learnt. Rather than doling out personal blame for apparent deficiencies in the unit outputs, front-line staff and supervising managers should acknowledge that „legitimate errors, which arise from the uncertainty and lack of control in a situation, can be used as a resource for new learning“ [11] and focus on creating processes that, according to a well-received TQM tenet, efficiently eradicate errors at the project design stage.

A great number of reputable authors have contributed to the issue of organisational learning. PETER SENGE has described „The Art and Practice of the Learning Organisation“ and identified its five disciplines, namely „systems thinking“, „personal mastery“, „mental models“, a „shared vision“, and „team learning“ [12]. RALPH STACEY has detailed how this complex processes of knowledge acquisition [13] can be managed and GARETH MORGAN has emphasised that leaders of learning organisations must „have a capacity to remain open and flexible, suspending immediate judgements whenever possible until a more comprehensive view of the situation arises“ [14]. They must be prepared to tackle conventional operating norms and seek insight

into their own status and into the legitimacy of diverse interests. They establish an interdisciplinary double-loop learning process whose most vital element is the shared experience between all levels of organisational life. Moreover, managers should be familiar with the work they oversee and should consequently expose themselves to hands-on lessons on the shopfloor. This can be an excruciating experience for those who are used to managerial dominance.

The business leader who emerges from this learning process is able to challenge his own assumptions, to share discretionary power and to promote self-esteem in others, qualities that are indicative of a caring and sharing corporate culture.

### 3.2 Establishing Teamwork Throughout the Organisation

Team learning is an essential ingredient of gainsharing schemes and should be supported by sufficient resources and an adequate infrastructure such as training facilities, suggestion systems and cross-departmental staff committees. All gainsharing teams commit to commonly defined values, goals and methods. Moreover, they are taught to tackle fears and resistance through group-based problem diagnosis.

Gainsharing teams, in particular, must be composed so that they represent skill pools that cover all the tasks allocated to the them. In addition, the Human Resources Managers in charge need to employ professional group facilitators who assist the team members and ensure that the agreed rules are adhered to. Furthermore, they intervene in cases of stalemate and conflict. All team members need to be precisely instructed about the options and implications of their gainsharing scheme.

Regular group meetings keep the optimisation processes alive. Many problems that arise are of a physical nature, such as machine downtimes or late deliveries, but they may also be caused by undesirable behaviour, e.g. absenteeism. Gainsharing teams identify a function for each member and elect a group leader who does not receive extra pay. Group leaders represent their teams in external meetings, organise shifts and holiday periods. They record the group's performance and enlist grass-roots support for the improvement process.

A survey conducted in the late 1980's in five manufacturing organizations positively relates enlarged job complexity due to performance gainsharing to desirable employee attitudes [15]. Employees that are highly involved in the goals and values of their organisation make more and better suggestions than those working for businesses which simply demand compliance with prescribed roles and tasks. Moreover, they are more critical of dysfunctional work attitudes and reject them. Gainsharing is thus a logical and psychological tool to drive organisational learning and desirable staff behaviour.

### 3.3 Committing to Total Quality

In the case to which this paper makes reference, defective quality and cumbersome work routines had cost the organisation up to € 100 million per year before gainsharing was implemented and a total quality commitment policy was adapted. This integration of gainsharing into a holistic quality strategy, which eventually phases out all non-value-adding stages of organisational processes, is essential. It leads to leaner and more flexible

processes but also requires comprehensive re-engineering measures which include, inter alia, IT-managed inventories, JIT deliveries, Kanban approaches and ISO standards. Waste prevention needs to become a pillar of the corporate value system and all processes that permit work deviations, errors or 'close enough' attitudes must be rejected. Employees who are familiar with the golden rules of TQM - such as

- Work smarter, not harder!,
- Get it right first time!
- Prevent rather than mend!

will communicate these principles convincingly across departmental barriers.

Restructuring also aims at establishing task-oriented quality cells throughout the organisation in which interdependent processes can be effectively coordinated. This not only improves the execution of orders but enables producers to react flexibly to changing levels of customer demand. Suppliers, too, are requested to adhere to the same quality standards as those of the manufacturer-purchaser. Last but not least, quality commitment needs to be disseminated in an adequate way to current and potential customers. Key accounts in particular, should be integrated into corporate design and development processes.

### 3.4 Creating Consensus-Based Industrial Relations

Longitudinal analyses of labour-management relations have highlighted the fact that companies whose „work areas operate in team structures with high levels of informal dispute resolution, information sharing, and problem solving activity“ [16] were found to enjoy higher levels of economic performance.

Gainsharing schemes are adverse to dichotomist attitudes (e.g. top-down versus bottom-up management) and can easily be jeopardized by power struggles, backstage intrigues and „political gamesmanship“ [17].

However, Western European industrial relations are historically encumbered as the co-determination laws in many countries were arrived at from antagonistic positions. This time-honoured interaction pattern also explains the antipathy of some influential unions to schemes that deviate from the unionist principle of, the same pay for the same job', an attitude which clashes with the belief „that it is fairer to reward in relation to personal contribution than for length of service“ [18]. In the US, for instance, „the equity principle that people should get what they 'deserve' based on their contributions wins out over competing principles like equality - to each the same“ [19].

Managers who seek consensus rather than confrontation should use multi-layered consultative-conciliatory approaches to decision making and conflict resolution which rely on „non-dramatic, gradual and routine means“ [20] to achieve their goals. Such systems allow for complex issues to be solved in harmony “by ensuring that leadership initiatives have broad-based support before they are adopted “ [21].

The core concern of consensus-based management is to use both the common and the competing interests to improve corporate performance. This integrates valuable internal competition and leads to flexible internal agreements which create a positive corporate social reality.

### 3.5 Understanding Performance Appraisals

In the midnineties, when gainsharing was introduced on a larger scale, over 90 percent of performance appraisals were conducted by managers vis-à-vis the subordinate functions. 64 percent used the results to diagnose employee needs and to make adequate training decisions, 32 percent for determining salary increases, and 25 percent for bonus payments. [22] In combination with gainsharing, performance appraisals obtain a new quality and purpose. They overcome, for instance, the mere technical supervisions of work processes by monitoring the way in which employees understand and employ their new responsibilities and discretionary authority.

**Peer appraisals** also play a major role in gainsharing teams. Observatory monitoring by ones fellow workers is more immediate and perceptive as all group members work closely together and become intensely aware of faulty routines. Advisory monitoring is more efficient, too, as peers can react to individual behaviour more adequately from within the group [23]. Peer monitoring, on the whole, creates less anxiety in a team and is therefore more reliable.

Appraisals also include **self-audits**. Teamwork moves the focus of control from outside the individuals to within their heads. As a result, employees are invited to assess their own tasks and to indicate possible areas for savings and improvement. Thus, everyone establishes their own internal quality control system which is self-imposed and therefore more stringent than top-down commands. In many cases, the intrinsic control mechanisms developed in the groups proved to be so successful that they were emulated at other corporate levels.

In addition, there should be regular **executive audits** which can best be achieved by upward or 360-degree appraisals. Firstly, these should offer an insight into how key employees behave and work in different corporate environments; secondly, they ought to allow employees to state if they have been kept sufficiently informed about corporate goals and all matters affecting their workplace and if they were encouraged to improve their own skills and performance. Job satisfaction, too, is an important assessment area.

### 3.6 Providing Clear and Transparent Productivity Measures

There are numerous publications which have examined how gainsharing plans have measured group productivity levels and the different ways in which the gains made have been shared. Companies tend to be reluctant to reveal all details but the overall approach, in itself, is indicative of the corporate culture that has engendered it. „Taken together, the words for labelling and defining measures and units tell a story about the managers’ or ganisational world“ [24]. Employees understand those stories as well as their subtext. For this reason, if the methods chosen are to inspire trust, they must be

- clearly defined,
- broadly accepted,
- easily applicable,
- precisely measurable and
- open to necessary modifications by the team.

Contributions and gains made by the work team must be „directly traceable to employee intervention“[25] and rewards must be

equally shared among the members of a group regardless of individual contribution.

Many gainsharing schemes place great emphasis on the **physicality of performance** in order to side-step motivational questions. This attitude is founded on the assumption that ‚what can be measured, can be managed‘ and that high quality output and low performances express themselves as quantifiable group behaviour.

#### 3.6.1 Quantifying productivity

For similar pragmatic reasons, most companies determine partial productivity rather than multi-factor or total factor productivity. However, as productivity improvement is the result of a variety of inputs, it might be interesting for managers to establish how much capital has been utilized to increase the capability of labour by means of multi-factor measurements which add up labour and capital inputs. Total factor measurements would relate gross outputs to all production factor inputs, for instance. The results are often weighted (e.g. by their base year value) or adjusted (e.g. for inflation) to arrive at constant values that are comparable to other items such as competitive figures [26]. The reason for the popularity of partial productivity rates lies in the fact that multi-factor methods are more complex and the data may be less readily available.

Some gainsharing calculations use **cost items**, as a single parameter. Cost-based schemes take into account the multiple parameters contingent on the improvement areas and develop a multiple factor formula that comprises the cause of the costs incurred. However, the output / input formula usually applied is only suitable for costs that can be entered into a linear equation, behave proportionally to the base productivity or efficiency rates and can be identified as independent cost items. Managers looking for efficient performance measurements that offer flexible solutions might therefore conclude that using time units is the most practical and the most quickly accepted approach. Moreover, if a group’s productivity were affected by organisational changes for which the group is not accountable, time units can be easily modified.

The equation below may serve to illustrate the pragmatism of time-based calculations.

$$P = \frac{\sum \text{direct labour output hours for zero defect units}}{\sum \text{direct and indirect attendance input hours}}$$

In this equation, the **output hours** equal the genuine value added to the product by the employees. Output hours are divided by **input hours**, i.e. the accumulated employee attendance time which not only counts direct attendance also the hours wasted on duplicated efforts, for instance, or on reworking defective products from other departments. This underlines the message that work teams can only raise their performance level if, and when, they continually produce zero defect products.

Output and input hours are recorded on time sheets on a regular, mostly quarterly, basis. This time span allows the teams to compensate for negative impacts on their score which may be caused, for instance, by continued machine downtimes, delivery problems or illness. The

determined period cannot be shortened but if there are substantial grounds, it may be extended at a team’s request.

In order to obtain a point of reference that warrants the comparability of all results, a **performance baseline** or **base production rate** is determined whose mathematical value equals 1. This rate represents the ratio between the average of productive hours used by each team to „put out“ a flawless unit and the average attendance hours recorded for producing this unit. The direct labour hours can be founded on ‚historical‘ figures such as the work output/input in the current month or the previous year. In order to ensure the viability of their calculations, companies also take work studies and employee experience into account. Alternatively the base production rate can be a target line against which improvements are compared. „The target can come from anywhere; the budget or profit plan is probably the most common source“[27].

In addition, each team can work out its current productivity rate, e.g. on a monthly basis:

$$P_c = \frac{\sum \text{current output}}{\sum \text{current input}}$$

Example: Nowadays, it does not take much longer than 5.5 hours for a tractor to be assembled. In a team of 8 persons, the value adding hours would amount to 220 per week and to about 4,840 in one particular month. If Team A requires 5,420 hours for the predetermined output its current productivity would therefore be 0.892%.

$$4,840 : 5,420 = 0.8929$$

The quotient in this example shows the time the group has spent with productive work. Any mathematical value < 1 shows a lack of efficiency. In the above example, 10.79% of the work would have been used up by unproductive activities.

In the case relevant to this paper, work groups who exceed the base performance line, accumulated their time savings in **time accounts** which could hold a predetermined maximum of hours. These time savings were converted into ‚cash premiums‘ which were derived from the average of the group’s wages. After three months, the surplus achieved was split equally between the company and the workteams and paid out as a lump sum. Alternatively, the time savings of the group could be converted into ‚time off‘ for team members who wished to work shorter hours. For organisational reasons, shorter working times had to be announced beforehand and were not allowed to interfere with crucial organisational or group interests.

The contributions transferable to the time account were calculated as follows:

$$h_t = \text{input} \times \frac{(\text{actual productivity})}{100} - 1$$

This signifies that if a group has 500 hours in their account and if its current productivity rate is 110 percent, 50 hours can be used as spare time by its members. Alternatively, they can be invested in upskilling and further training measures.

### 3.6.2 Adjusting Performance Levels

Whereas earlier gainsharing versions used fixed baselines, contemporary models adjust the baseline upwards for the following reasons:

1. Fixed baselines seem dated in view of steadily increasing technological advancement and continuous improvement plans.
2. Once a productivity hurdle has been removed for good, the new improvement level has become the standard.
3. In many countries, e.g. Germany, labour legislation does not allow any ‚penalty‘ for lagging performance and negative financial results cannot translate into lower wages. On the one hand, this renders reserve funds to compensate for temporary wage losses superfluous but, on the other hand, this means that the employer shoulders the majority of economic risks.

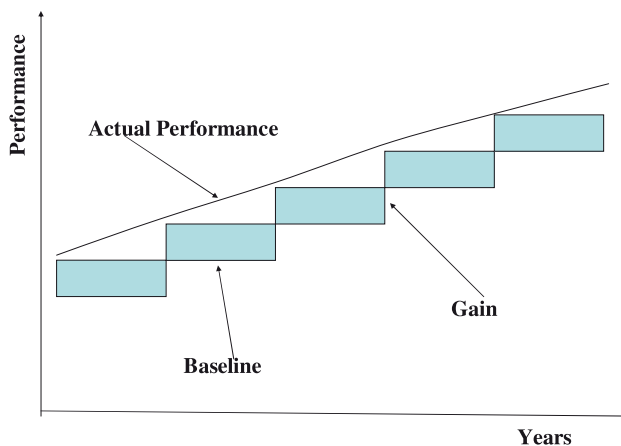


Fig. 1: A ratcheting baseline

Adjustments can be based on the performance of the previous year and thus occur at regular intervals as indicated in Figure 1. In times of economic growth, this creates a ratchet effect which takes current economic developments into account and prevents the baseline from falling below previous performance levels.

Other adjustment models are founded on current performance levels. Companies that use this method, define an intervention line which roughly represents the demarcation between two pay grades (e.g. 6 %).

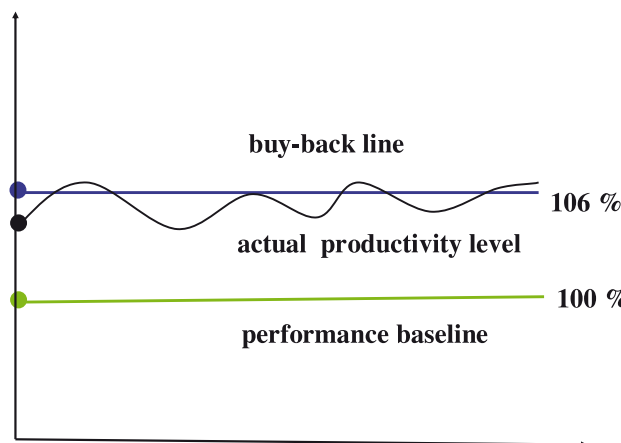


Fig. 2: Buy-back line based on actual performance (an example)



If work groups exceed this line three quarters in succession, this triggers off a higher base production rate against which all future efforts are measured. In return, the gains achieved are not split but paid out in full to the team members. By doing this, the company ‚buys back‘ a higher performance level.

In this model, workteams are faced with three options:

- 1) Group A increases productivity on average by less than 6 percent in one quarter: The gains are split between the company and the team. The baseline remains constant. The team members decide how they would like to be paid out. Groups that decide to maintain the current performance level for a longer period of time, would make sure that their productivity level does not exceed an average of 5.99 per cent.
- 2) Group B exceeds the ‚buy-back‘ line for three consecutive quarters and benefits from the gains as outlined above. The company intervenes at the end of the third quarter and raises the baseline by 6% and pays out the gains in full.
- 3) Group C manages to increase productivity by more than 6% in one quarter. Its members feel confident that they can maintain this level in future. They suggest that the company should ‚buy back‘ a 3% higher baseline in exchange for the full gains. Alternatively, they might exchange a 6% increase for twice the amount that is due to them.

If these options lead to disputes between the members of the workgroup or the group and the management, the works council will negotiate a consensus between all parties concerned.

Most groups are able to work out when the results they have achieved should be consolidated or sold. However, there is usually some debate among the members of a workgroup as to whether the intervention line should be adjusted upward or not.

Apart from giving the work team a fair say in how to benefit from their efforts, the main function of the intervention line is to ensure that premiums will not push beyond established salary levels. Thus, the buy-back line is a natural adaptation mechanism which adjusts itself to the general level of productivity in the organisation as well as to collectively agreed on pay hikes: Moreover, it takes account of productivity boosts resulting from new technological investments.

#### 4 Future Developments

A number of suggestions have been made with regard to the future potential and development of gainsharing schemes. The majority of contemporary employers would possibly prefer remuneration schemes to be entirely performance related whereas employee representatives have frequently demanded higher levels of employee ownership in corporations.

In view of the tradition and structure of European labour relations, it seems more realistic to assume that dynamic hybrid forms of remuneration (as shown in Figure 3), will be the pay schemes of the future. They could be based, for instance, on a regular salary that takes each employee's qualifications, skills and occupational capabilities into account. This salary could be supplemented by incentives based on productivity or efficiency gains. In times of corporate growth and excellent corporate

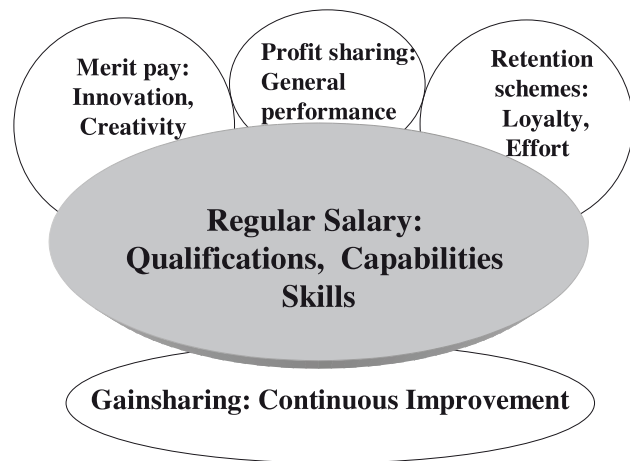


Fig. 3: A dynamic hybrid pay system

performance, companies might additionally dole out annual bonuses. Individual contributions (e.g. improvement suggestions and innovative ideas) could be rewarded by individual merit pay schemes.

In order to attract and retain high performers, a greater degree of employee ownership (e.g. share options, regular contributions to corporate pension or insurance schemes) could be considered. Years of service, loyalty and long-term effort should likewise be rewarded.

#### 5 Conclusion

In spite of the initial reservations expressed by some unionists, gainsharing represents a corporate success story. Apart from giving those that produce corporate gains at all organisational levels, a fairer share in their distribution, it has been a formidable agent of organisational and cultural transformation. Over 80 years of experience, above all in the manufacturing industry, have shown that its sustainability is based on pragmatism, cooperation and, above all, the capability to learn together. Sound management-employee relations and an open exchange of ideas are further essential ingredients of this ‚winning recipe‘.

Looking back at the role that gainsharing schemes have played in labour emancipation and corporate improvement over the years, in times of a global employment market, growing income gaps and a grossly imbalanced distribution of wealth, gainsharing seems more topical and necessary than ever.

#### References

1. POOLE, M. The Origins of Economic Democracy: Profit-Sharing and Employee-Shareholding Schemes, New York: Routledge, 1989. p. 9.
2. FEIN, M. IMPROSHARE®: An Alternative to Traditional Management, Hillsdale, NJ: Mitchell Fein Inc., 1981
3. KAUFMAN, R. The Effects of Improshare on Productivity, Industrial and Labor Relations Review, Vol. 45, No. 2, 1992, p. 312.
4. BAND, D.C., SCANLAN, G. & TUSTIN, C. M. Beyond the Bottom Line: Gainsharing and Organisational Development, Personnel Review, Vol. 23, No. 8, 1994. p.17.

5. KANTER, R. M. *When Giants Learn to Dance*, London: Thomson Business Press, 1996. p. 242.
6. HANLON, S.C., MEYER, D.C. & TAYLOR, R. *Consequences of Gainsharing: A Field Experiment Revisited*, *Group and Organisational Management*, 1994. p. 87.
7. REYNOLDS, M.& GOODROE, J. *The Return of Gainsharing, Healthcare and Financial Management*, p. 114.
8. PORTER, M. E. *The Competitive Advantage of Nations*, New York: Simon and Schuster, 1998. p. 12.
9. PORTER, M. E. *The Competitive Advantage of Nations*, New York: Simon and Schuster, 1998. p. 148.
10. BHAGAT, S. et al. *Hostile Takeovers in the 1980s: The Return to Corporate Specialization*, *Microeconomics*, 1990, pp. 1-84
11. MORGAN, G, *Images of Organisations*, London: Sage, 1997, p. 94
12. SENGE, P. M. *The Fifth Discipline: The Art & Practice of the Learning Organisation*, London: Century Business, 1990.
13. STACEY, R. D. *Complex Responsive Processes in Organisational Learning and Knowledge Creation*, London: Taylor & Francis Ltd., 2001
14. MORGAN, G, *Images of Organisations*, London: Sage, 2006, p. 4.
15. HATCHER, L., ROSS, T.L & COLLINS, B. *Pro-social Behavior, Job Complexity, and Suggestion Contribution Under Gainsharing Plans*, *The Journal of Applied Behavioral Science*, , Vol. 25, No. 3, 1989. p. 231-248.
16. CUTCHER-GERSHENFELD, J. *The Impact on Economic Performance of a Transformation in Workplace Relations*, *Industrial and Labor Relations Review*, Vol. 44, No. 2, 1991. p. 241.
17. COLLINS, D. *Case Study: 15 Lessons learned From the Death of a Gainsharing Plan: How power struggles and political gamesmanship killed one company's gainsharing plan*, *Compensation Benefits Review*, Vol. 28, No. 2, 1996. p.31-40.
18. ARMSTRONG, M. & MURLIS, H. *Reward Management. A Handbook of Remuneration Strategy and Practice*, London: Kogan Page, 1996. p.18.
19. KANTER, R. M. *When Giants Learn to Dance*, London: Thomson Business Press, 1996. p.234.
20. BATE, P. (1994), *Strategies for Cultural Change*, Oxford: Butterworth Heinemann, 1994. p. 180.
21. SALAMAN, G., editor, *Human Resource Strategies*, London: Sage, 1995. p. 179.
22. THATCHER, M., *Allowing everyone to have their say*, *People Management*, 1996. p. 28-30.
23. WELBOURNE, T. M. & FERRANTE, C. J. *To Monitor or Not to Monitor: A Study of Individual Outcomes From Monitoring One's Peers Under Gainsharing and Merit Pay*, *Group Organization Management*, Vol. 33, No. 2, 2008. p. 139-162.
24. ECCLES, R. G. & NOHRIA, N. *Beyond the Hype*, Harvard Business School Press, 1992. p. 149.
25. GOMEZ-MEJA, L. R., WELBOURNE, T. M. & WISEMAN R. M: *The Role of Risk Sharing and Risk Taking under Gainsharing*, *Academy of Management Review*, Vol. 28. No. 2, 2000, p. 483.
26. BERNOLAK, C. *Productivity gainsharing*. [http://www.ilo.org/dyn/empent/docs/F111PUB98\\_01/PUB98\\_01.htm](http://www.ilo.org/dyn/empent/docs/F111PUB98_01/PUB98_01.htm)
27. BELCHER, J. G. Jr. *Gainsharing*, Houston: Gulf Publishing Company, 199. p. 101-102.

# Skandale im NPO-Management und Instrumente der Gegensteuerung

Achtes Internationales NPO-Forschungscolloquium  
**Steuerung und Kontrolle in Nonprofit-Organisationen**

Christoph Tiebel

## 1. Fehlentwicklung: Skandale bei NPO

Das Bild der gemeinnützig tätigen Helfer in der Öffentlichkeit hat durch heftige Skandale aber auch Insolvenzen gelitten. Die politischen Verflechtungen zwischen Politik und Freier Wohlfahrtspflege sind ebenfalls ein wichtiger Grund, mehr Transparenz und öffentliche Kontrolle zu fordern, damit Steuergelder und Sozialbeiträge nicht der Kontrolle der Beitragszahler entzogen werden. Eine Etablierung von Controlling- und Revisionswerkzeugen ist überfällig!

In folgendem Beitrag soll untersucht werden

1. welche Ursachen haben Skandale und
2. welche Möglichkeiten der Gegensteuerung stehen dem NPO Management zur Verfügung?

Es wird bei den Instrumenten auf den Werkzeugkasten des DRK im Landesverband Nordrhein zurückgegriffen. Konkrete Vorgehensweisen wurden dort gemeinsam mit dem Institut für Sozialmanagement der Reinhold Würth Hochschule entwickelt.

## 2. Ausgangssituation: Wandlung zu professionellen Dienstleistern

Ihre wirtschaftliche Bedeutung verdanken die Wohlfahrtsverbände vor allem dem Ausbau sozialstaatlicher Leistungen, die zu einem wesentlichen Teil vom Staat an sie ausgelagert werden. Die Verbände und ihre Einrichtungen haben sich von privaten karitativen Hilfsorganisationen zu professionellen Dienstleistern gewandelt. Zugleich sind sie als „Sozialanwalt“ und „Armutsfunktionär“ erfolgreiche politische Akteure. Gleichzeitig befindet sich die Freie Wohlfahrtspflege in einer ausgeprägten rechtlichen und finanziellen Abhängigkeit von den öffentlichen Haushalten. Zurzeit stammen schätzungsweise 83 % der Gesamteinnahmen der Freien Wohlfahrtspflege aus öffentlichen Haushalten. 69 % dieser Zahlungen sind Leistungsentgelte der Sozialhilfeträger, Kranken- und Pflegekassen usw.; hinzu kommen staatliche Zuwendungen in Form von Subventionen. Die eigenen Mittel der Wohlfahrtsverbände bilden den Rest von 17 %.

## 3. Skandalursachen: Keine Planung- und Kontrollinstrumente

Für die Entscheider einer NPO existieren oft keine oder untaugliche Steuerungsmechanismen und nur minimale Controllinginstrumente: Ein schlüssiges System, welches Strategien in operative Zielvereinbarungen umsetzt, existiert in einer nachvollziehbaren Form nicht.



**Prof. Dr. Christoph Tiebel** lehrt im Bachelor- und Masterstudiengang Betriebswirtschaft und Kultur-, Freizeit-, Sportmanagement (BK/MBK) und ist Leiter des Instituts für Sozialmanagement

## 4. Instrumente des Krisenmanagements

Im Folgenden gehen wir auf die mögliche Gegensteuerung, das Krisenmanagement, ein.

Unser Stufenplan sieht vor, dass folgende Schritte umgesetzt werden:

1. Instrumente für Sofortmaßnahmen einsetzen,
2. Betriebswirtschaftliche Instrumente der mittelfristigen Steuerung implementieren und
3. Werkzeuge für eine langfristige Sicherung der DRK-Arbeit umsetzen.

### a) Controlling-Instrumente der Sofortmaßnahmen MK

Oft steht in einer Krise die Vermutung einer drohenden Zahlungsunfähigkeit im Raume. Es werden als erstes die Prüfung des Liquiditätsstatus sowie die Entwicklung eines (bis dahin oft in den Krisen-NPO nicht vorhandenen) Liquiditätsplans übernommen. Dieser Liquiditätsplan muss zum einen eine Planung für 12 Monate enthalten um die mittelfristige Überlebenschance der NPO zu analysieren, als auch eine sehr kurzfristige (wöchentliche Liquiditätsplanung) um die akute Zahlungsproblematik der ersten Wochen zu erkennen und gegenzusteuern.

Die Schwierigkeiten bestehen neben dem großen Zeitdruck von Anfang an darin, dass oft auf keinen vorhandenen Liquiditätsplanungssystem aufgesetzt werden kann. So müssen auf Basis der Vergangenheitszahlen der GuV und Bilanz die liquiditätswirksamen Elemente herausgefiltert werden. In Gesprächen mit den Kostenstellenleitern (ehrenamtlich und hauptamtlich) wird versucht, die Zahlen in die Zukunft fortzuschreiben oder zu ändern.

Es muss dann gelingen kurzfristig diesen Plan zu erstellen, der in den folgenden 3 Wochen noch vom externen Controlling erstellt und dann der Verwaltung der NPO zur selbständigen Fortführung übergeben werden kann. Wesentlich ist, dass die betroffenen NPO schnellstmöglich auf eine eigene monatliche Liquiditätsplanung umgestellt werden kann.

Im gleichen Arbeitsschritt muss eine Risikostrukturanalyse der Erlöse erstellt werden, die einen deutlichen Hinweis auf die kritischen Erfolgsfaktoren gibt. Parallel muss das neue Management – oftmals der Notvorstand - versuchen in öffentlichkeits-

wirksamen Aktionen dem Abschmelzen der Erlöse in diesen kritischen Bereichen zu beugen.

Im Rahmen der vorläufigen Analyse der Wertschöpfung im Verwaltungsbereich (Verwaltungsrationalisierung) muss versucht werden durch beispielsweise informelle Zusammenarbeit in Form von Wissenstransfer mit einer benachbarten NPO über die dort eingesetzten (evtl. gleichen!) Steuerungswerkzeuge zusammenzuarbeiten und Synergie zu schöpfen.

#### b) Controlling-Instrumente der mittelfristigen Steuerung

Da in Skandal-NPO kaum Controllinginstrumente vorhanden sind, werden im ersten Schritt nur die für die wirtschaftliche Konsolidierung/Steuerung notwendigsten (operativen) Instrumente implementiert.

Hierbei handelt es sich um:

- die **monatliche Liquiditätsplanung**
- der **monatliche Soll-Ist-Vergleich** jeder Kostenstelle mit anschließender Abweichungsanalyse. Aufgrund des Zeitmangels besteht die monatliche Planzahl oft noch aus der linear auf 12 Monate aufgeteilten Jahresplanzahl. Dies wird bei den anschließenden Kostenstellenleiterrunden berücksichtigt. Im nächsten Jahr werden die Planzahlen dem normalen Jahresverlauf angepasst.
- die **Kostenstellenleiterrunde** als Kernelement der mittelfristigen Controllingsteuerung, da hier die Soll-Ist-Analysen mit den jeweiligen Kostenstellenverantwortlichen besprochen und analysiert werden. Es werden Folgerungen für die zukünftige Entwicklung der Kostenstelle gezogen und – bei abweichender Entwicklung – bereits hier die entsprechenden Maßnahmen besprochen und eingeleitet.
- der **monatliche Vorstandsreport** der als Report auf einem Blatt mittels Anwendung von Ampelfarben über die wirtschaftlichen Ergebnisse der einzelnen Bereiche informiert. Dieser Report ist somit auch für die nicht zahlengewandte Vorstandsmitglieder auf den ersten Blick verständlich. Hiermit wird im Gegensatz zu früheren Zeiten der Vorstand in das wirtschaftliche Geschehen der einzelnen Geschäftsbereiche einbezogen.

#### c) Controlling-Instrumente der langfristigen Steuerung

Wesentlich für das Krisenmanagement ist die Entwicklung von strategischen Zielen. In NPO werden strategische Ziele zwar von oben initiiert, aber im „bottom-up“-Verfahren entwickelt (wenn überhaupt vorhanden). Durch die enge Vernetzung von Haupt- und Ehrenamt ist die Mitarbeiterbeteiligung der Erfolgsfaktor der wirksamen Strategieumsetzung.

In einem Zukunfts-Workshop mit Vertretern aller Betätigungsfelder werden die Stärken und Schwächen in den einzelnen Betätigungsfeldern den Chancen und Risiken des „Marktes“ gegenübergestellt. Die Mitglieder des Workshops definierten ISE-Projekte (Initiative Schnelle Ergebnisse): mit Hilfe des Projektmanagements schnell umsetzbare Projekte. Die Projekte sind oft so erfolgreich, dass sich daraus eine Strategieguppe mindestens einmal jährlich trifft und aktiv an strategischen Themen sowohl der gesamten NPO als auch der einzelnen Bereiche mitarbeitet.

Um den von den Mitgliedern neu gewählten Vorstand in das Entwickeln von Strategien einzubinden und strategische Eckpunkte, z. B. die Aufnahme von neuen Geschäftsfeldern festzulegen, wird einmal jährlich eine 2-tägige Klausurtagung für den Gesamtvorstand abgehalten. Gleichzeitig dient diese Tagung auch der umfassenden Information aller Vorstandsmitglieder zu Themengebieten, die innerhalb der monatlichen Vorstandssitzungen nicht besprochen werden, und ist ein Element der Fortbildung für Vorstandsmitglieder in betriebswirtschaftlichen Instrumenten des NPO-Managements.

### 5. Erfolgsfaktor: Controllingorientiertes NPO-Management

Der Erfolgsfaktor für die Sanierung einer derart in der Krise steckenden NPO ist controllingorientiertes NPO-Management. Dieses Reizwort mag dazu verleiten, betriebswirtschaftliche Kennzahlen als das Non-Plus-Ultra zu bezeichnen. Im Gegenteil: Die Betriebswirtschaftslehre ist Berater und advocatus diaboli bei der Formulierung von sozialpolitischen Strategien.

Es stellen sich 5 Erfolgsfaktoren bei der Sanierung heraus:

1. Empfängerorientiertes Berichtswesen:  
Das Berichtswesen muss von Führungskräften und Mitarbeitern im Haupt- und Ehrenamt verstanden werden. Es soll Navigator sein, um die Transparenz der inhaltlichen Entscheidungen zu sichern.
2. Kleines Team von Agitatoren:  
Ein kleines Kern-Team von multidisziplinären Teammitgliedern muss über betriebswirtschaftliches Know-How und eine verbandsinterne starke Gemeinwesenorientierung verfügen. Die Teammitglieder müssen im permanenten Austausch gegenseitig alle relevanten Informationen besitzen.
3. Einbinden der Mitarbeiter:  
Die Mitarbeiter müssen von Anfang an in den Prozess eingebunden werden. Gerade der Mitarbeiter in einer NPO stellt hohe Ansprüche an das Management.
4. Öffentlichkeitsarbeit:  
Offenheit gegenüber der Presse ist eine wesentliche Voraussetzung für den Erfolg von PR-Maßnahmen wie auch die Einbindung der Fördermitglieder in den Sanierungsprozess.
5. Kooperation mit Nachbarn:  
Gerade im Markt abgewandten Bereich der administrativen Tätigkeiten ergeben sich viele Synergienmöglichkeiten wie z.B. die gemeinsame Mitgliederverwaltung.

Prof. Dr. Christoph Tiebel

Professur für Unternehmensführung und Management der Reinhold Würth Hochschule der Hochschule Heilbronn, Schwerpunkt NPO-Management; Leiter des Institutes für Sozialmanagement der Hochschule Heilbronn; Vorsitzender des DRK Kreisverbandes Aachen e.V.



# Evaluation der Einführung der elektronischen Gesundheitskarte in der Testregion Heilbronn

Nicola Marsden, Franziska Drescher, Oliver Kalthoff, Shara Kalthoff

## 1 Überblick über die Evaluationsstudie

In Deutschland wird die so genannte elektronische Gesundheitskarte (eGK) die herkömmliche Krankenversichertenkarte ablösen. Vor einer flächendeckenden Einführung wird die Karte und das damit zusammenhängende telematische System in mehreren Testregionen, darunter Heilbronn, getestet.

Die Hochschule Heilbronn evaluiert in den Jahren 2007 und 2008 im Auftrag des Ministeriums für Arbeit und Soziales Baden-Württemberg die Einführung der elektronischen Gesundheitskarte in der Testregion Heilbronn, Baden-Württemberg. Die Evaluation wird in der Fakultät für Informatik durchgeführt, von Dipl.-Psych. Franziska Drescher, Prof. Dr. Oliver Kalthoff, Dipl.-Inf. Shara Kalthoff und Prof. Dr. Nicola Marsden. Es finden eine technische sowie eine sozialwissenschaftliche Evaluation statt, beide Evaluationsstränge sind eng miteinander verwoben. Ziele der Evaluation sind die Untersuchung der Akzeptanz der Rahmenbedingungen, die Untersuchung der Akzeptanz der Prozesse, die Evaluation spezieller Anwendungsfälle, Zeitaufwände, Sicherheit des telematischen Systems, Wartung, Aktualisierung, Pflege der Hard- und Software sowie Wahrung der Patientenrechte.

Die Herangehensweise umfasst zwei unterschiedliche Phasen: eine qualitative und eine quantitative Phase. Die qualitative Phase ist gekennzeichnet durch Exploration des Forschungsgegenstandes, Bildung von Hypothesen und einer Basis zur Interpretation der Ergebnisse. Hierzu wird zunächst der Ist-Stand erhoben und geeignete Untersuchungsmethoden werden entwickelt. Es folgen qualitative Experteninterviews, Feldbegleitungen/teilnehmende Beobachtungen und Anwendungstests in der Musterumgebung. Die anschließende quantitative Phase dient der Vergleichbarkeit und ermöglicht die Überprüfung statistischer Zusammenhänge. In dieser Phase werden die teilnehmenden Leistungserbringer und ihr Personal, Angestellte der beteiligten Krankenversicherungen sowie ca. 400 teilnehmende Versicherte mittels Fragebogen befragt.

Auf der technischen Seite ist geplant, die teilnehmenden Leistungserbringer zu analysieren sowie systematische Systemtests vor Ort durchzuführen. Es wird die praktische Einsatzfähigkeit der elektronischen Gesundheitskarte bewertet und die Anwender- und Funktionsakzeptanz erfasst.

Im November 2007 wurde ein Zwischenbericht an den Auftraggeber, das Ministerium für Arbeit und Soziales Baden-Württemberg eingereicht: Die qualitative Phase war abgeschlossen und die quantitative Phase vorbereitet. Die Inhalte des Zwischenberichts



**Nicola Marsden** war selbstständig als Personal- und Organisationsentwicklerin bevor sie 2002 als Professorin an die Hochschule Heilbronn berufen wurde. Sie lehrt Medien- und Sozialpsychologie in der Fakultät für Informatik, ihre Schwerpunkte sind Management und soziale Prozesse im Software Engineering, computervermittelte Kommunikation und Wissensmanagement. Sie ist verantwortlich für die sozialwissenschaftliche Evaluation der Einführung der elektronischen Gesundheitskarte in der Testregion Heilbronn. [marsden@hs-heilbronn.de](mailto:marsden@hs-heilbronn.de)



**Franziska Drescher** hat an der Eberhard Karls Universität Tübingen Psychologie studiert und ist seit Januar 2007 an der Hochschule Heilbronn als wissenschaftliche Mitarbeiterin tätig. Zusammen mit Prof. Dr. Nicola Marsden evaluiert sie u. a. die Einführung der elektronischen Gesundheitskarte in Heilbronn sozialwissenschaftlich. [drescher@hs-heilbronn.de](mailto:drescher@hs-heilbronn.de)



**Shara Kalthoff** hat von September 2002 bis Januar 2007 Medizinische Informatik an der Hochschule Heilbronn studiert. Sie besitzt umfangreiche Kenntnisse in mehreren Programmier- und Skriptsprachen sowie in der Analyse, im Design und in der Implementierung von Software auf Open-Source-Basis. Sie arbeitete studienbegleitend bei der Firma Linsner Datentechnik GmbH und ist seit Februar 2007 mit der Untersuchung von Protokolldateien spezieller Komponenten der Telematikinfrastruktur der elektronischen Gesundheitskarte beschäftigt. [shara.kalthoff@hs-heilbronn.de](mailto:shara.kalthoff@hs-heilbronn.de)



**Oliver Kalthoff** arbeitete neben seiner Promotion in Physik als Junior-Produktmanager bei der Dräger Medizintechnik GmbH in Lübeck. Ab 1999 war er als Softwareentwickler bei der Compaq Computer GmbH im Bereich Netzwerkmanagement tätig. Seit 2002 arbeitet er als Professor im Studiengang Medizinische Informatik an der Hochschule Heilbronn. Seine Arbeitsschwerpunkte sind Elektro- und Messtechnik sowie Verteilte Systeme und Telemedizin. Er ist verantwortlich für die technische Evaluation der Einführung der elektronischen Gesundheitskarte in der Testregion Heilbronn. [kalthoff@hs-heilbronn.de](mailto:kalthoff@hs-heilbronn.de)

sind vertraulich, im Folgenden soll jedoch ein Überblick über das Projekt gegeben werden. Zunächst werden die Ausgangsbedingungen dargestellt und es wird aufgezeigt, wie bei der Einführung der elektronischen Gesundheitskarte in Deutschland vorgegangen wird und welche Rolle die Testregion Heilbronn hierbei spielt. Dann werden die Zielsetzungen der elektronischen Gesundheitskarte und die Auswirkungen für Patientinnen und Patienten dargestellt. Schließlich werden die Zielsetzungen der Evaluationsstudie und das Vorgehen der Hochschule Heilbronn im Rahmen der Evaluationsstudie skizziert.

## 2 Die Einführung der elektronischen Gesundheitskarte in der Bundesrepublik Deutschland

Die elektronische Gesundheitskarte ist ein zentraler Baustein des Ausbaus der Gesundheitstelematik in Deutschland. Das Gesetz zur Modernisierung der gesetzlichen Krankenversicherung verpflichtet die Krankenkassen, die bisherige Krankenversichertenkarte zu einer elektronischen Gesundheitskarte zu erweitern (§ 291a des fünften Sozialgesetzbuches SGB V). Der Paragraph 291a SGB V regelt auch den Funktionsumfang: Die elektronische Gesundheitskarte soll über einen verpflichtenden administrativen Teil und einen freiwilligen medizinischen Teil verfügen. Das Einverständnis zur Nutzung freiwilliger Anwendungen gibt der Versicherte über die Eingabe einer persönlichen Identifikationsnummer (PIN). Über die Karte und die aufzubauende Telematikinfrastruktur sollen alle Leistungserbringer miteinander vernetzt werden.

Befürworterinnen und Befürworter der Karte weisen auf die möglichen Vorteile hin: Der Informationsaustausch im Gesundheitswesen soll schneller und effektiver werden, unnötige Doppeluntersuchungen vermieden und mögliche Wechselwirkungen von Medikamenten im Vorfeld erkannt werden. Durch das auf der Karte gespeicherte elektronische Rezept (eRezept) sollen Arzneimittelverordnungen vereinfacht, durch ein Lichtbild ein Missbrauch der Karte verhindert werden.

Patientinnen und Patienten können an eigens dafür eingerichteten Terminals einen Überblick über ihre Gesundheitsdaten erhalten, was – so die Hoffnung – das Verantwortungsgefühl für die eigene Gesundheit sowie die Bereitschaft, konstruktiv daran mitzuwirken, stärkt.

Kurzum: Es sollen Wirtschaftlichkeit, Qualität und Transparenz der Behandlung durch die elektronische Gesundheitskarte verbessert werden (Bundesministerium für Gesundheit, 2006; §291 a, Abs. 1, SGB V).

Ob sich diese mit der elektronischen Gesundheitskarte verknüpften Potenziale wirklich entfalten, ist nicht zuletzt abhängig von der Akzeptanz, die die elektronische Gesundheitskarte bei den Anwenderinnen und Anwendern haben wird. Denn von eben dieser Akzeptanz wird die Nutzung der freiwilligen medizinischen Anwendungen abhängen. Ohne deren Nutzung kann lediglich das elektronische Rezept durch die Vermeidung des Medienbruchs zu Einsparungen führen; eine Verbesserung der Versorgungsqualität in vielen unterschiedlichen Facetten wäre dann hinfällig.

## 3 Die Testregion Heilbronn, Baden-Württemberg

Vor der Einführung der elektronischen Gesundheitskarte mit all ihren Möglichkeiten durchläuft die neue Karte verschiedene Teststufen. . Begonnen wird mit Labortests bei der gematik mbH, die, gefolgt von praktischen Anwendertests, in Feldtests mit jeweils bis zu 10.000 Versicherten in sieben Testregionen münden. Hier soll der Einsatz der elektronischen Gesundheitskarte erprobt werden, um Erfahrungen mit der praktischen Anwendung und möglichen Stolpersteinen zu sammeln. Diese Feldtests sollen in drei ausgewählten Regionen auf bis zu jeweils 100.000 Versicherte ausgebaut werden.

Eine dieser Testregionen ist in Baden-Württemberg; hier wird in Heilbronn die Einführung der elektronischen Gesundheitskarte getestet – mit Versicherten, Ärztinnen und Ärzten, Apothekerinnen und Apothekern sowie einer Klinik, die sich zur Teilnahme am Test bereit erklärt haben. Begonnen wird mit der Testung der Karte im Release 1, das heißt alle Daten sind nur offline verfügbar (gespeichert also nur auf der Karte). Getestet werden die administrativen Daten, das elektronische Rezept sowie die Notfalldaten. Ebenfalls Testgegenstand ist das Zusammenspiel von Heilberufsausweis (HBA), elektronischer Gesundheitskarte, Konnektor, Lesegerät und Primärsystemen der Leistungserbringer. In späteren Releases kommen weitere Funktionalitäten hinzu und bereits eingeführte Funktionen werden online (Datenübertagung über server) getestet bzw. erweitert.

In der Testregion Heilbronn werden die Testmaßnahmen zudem im Auftrag des Ministeriums für Arbeit und Soziales wissenschaftlich evaluiert: Unter sozialwissenschaftlichen und technischen Gesichtspunkten werden Akzeptanz bei den Beteiligten in der Region sowie Rahmenbedingungen, Prozesse, Funktionen und Abläufe im Kontext der elektronischen Gesundheitskarte untersucht.

## 4 Zielsetzungen der elektronischen Gesundheitskarte

Wesentliches Element der Akzeptanz der elektronischen Gesundheitskarte ist der von den Anwenderinnen und Anwendern wahrgenommene Nutzen. Dieser Nutzen wird von den Einzelnen mit Bezug auf die als positiv bewerteten Zielsetzungen der Gesundheitskarte interpretiert.

Allgemein formuliert sind die Zielsetzungen der Gesundheitstelematik, für welche die elektronische Gesundheitskarte ein zentraler Baustein ist,

- eine höhere Qualität der medizinischen Versorgung,
- mehr Patientenautonomie/Stärkung der Patientenrechte und
- die Senkung der Kosten.

Welche Zielperspektiven die Beteiligten haben und welche Vor- und Nachteile sie durch die elektronische Gesundheitskarte haben, hängt maßgeblich von der Rolle ab, die eine Person bezogen auf die Gesundheitskarte innehat (z.B. Ärztin, Patient etc.).

Dabei ist zu beachten, dass die Zielsetzungen im momentanen Stadium der Einführung der elektronischen Gesundheitskarte immer nur antizipiert, aber nicht erreicht werden können. Grund dafür ist, dass im ersten Release der elektronischen Gesundheitskarte nur der Einsatz von administrativen Daten (Krankenkasse, Familienname und Vorname, Geburtsdatum, Geschlecht, Anschrift, Krankenversicherungsnummer, Versichertenstatus – z.B. Mitglied, Familienversicherter, Rentner) und das elektronische Rezept als Pflichtanwendungen, sowie die Notfalldaten als freiwillige Anwendung getestet werden.

Bei den ersten Testvorhaben können also die langfristig durch die elektronische Gesundheitskarte angestrebten Ziele noch gar nicht erreicht werden – entweder weil in den ersten Ausbau- und Teststufen Funktionalitäten noch nicht vorhanden sind, die als nützlich erachtet werden (z.B. Dokumentation der eingenommenen Arzneimittel) oder weil aus testimmanenten Gründen mögliche Vorteile nicht ausgeschöpft werden können (z.B. weil zusätzlich zum elektronischen Rezept immer auch ein Papierrezept ausgestellt werden muss).

Die Tests stellen also für die Beteiligten einen Mehraufwand dar. Die freiwilligen Teilnehmerinnen und Teilnehmer werden den Nutzen in erster Linie daran messen, was sie sich langfristig von der elektronischen Gesundheitskarte versprechen. Beziehungsweise daran, welchen Nutzen sie darin sehen, eine ohnehin anstehende Einführung einer neuen Technologie frühzeitig zu adaptieren und aktiv mitgestalten zu können.

Für Patientinnen und Patienten sind jene Anwendungen der Gesundheitskarte, von denen positive Effekte unterschiedlicher Art erwartet werden, durchweg freiwillig – einzige Ausnahme ist das verpflichtende elektronische Rezept. Zu dem geplanten medizinischen Teil, über dessen Nutzung die Patientinnen und Patienten selbst und von Fall zu Fall entscheiden können, gehören:

- Dokumentation der eingenommenen Arzneimittel
- Notfallinformationen
- zusätzliche medizinische Informationen in einer elektronischen Patientenakte (ePA)
- Möglichkeit zur Aufnahme von elektronischen Mitteilungen (z.B. Arztbrief)
- elektronische Verwaltung von Patientenquittungen, zur Information über die von Ärztinnen und Ärzten erbrachten Leistungen und deren vorläufige Kosten
- eigene von den Patientinnen und Patienten selbst zur Verfügung gestellte Daten (zum Beispiel Protokolle über Blutzuckerwerte eines Diabetikers)

## 5 Auswirkungen für Patientinnen und Patienten

Durch diese Speicherung medizinischer Informationen auf der Karte bzw. den Zugang zu diesen Informationen über die Gesundheitskarte haben die Patientinnen und Patienten neue Möglichkeiten: Sie können beispielsweise Informationen einsehen, über die sie bisher nicht verfügt haben (z.B. die Kosten der Leistungen bei gesetzlich Versicherten) oder die sie nur auf gezielte

Nachfrage erhalten haben (z.B. Einblick in die Patientenakte). Sie können ihrerseits Leistungserbringern Informationen bereitstellen, die diese dann als Grundlage für eigene Empfehlungen oder Maßnahmen berücksichtigen können (z.B. anamnestische Daten, Behandlungsepisoden bei anderen Versorgern oder verschriebene Arzneimittel, um Wechselwirkungen zu prüfen).

Aus diesen Möglichkeiten ergeben sich eine Reihe möglicher Veränderungen für die Patientinnen und Patienten im Umgang mit der eigenen Gesundheit:

Die Informationsvorteile ermöglichen einen tieferen Einblick in die eigenen medizinischen Daten und Behandlungsprozesse. Hieraus ergeben sich Partizipationsmöglichkeiten, die zu höherer Patientenautonomie und Patientenempowerment beitragen können. Ob diese Möglichkeiten der Teilhabe dann auch tatsächlich genutzt werden, kann als wesentliches Element der Akzeptanz der elektronischen Gesundheitskarte betrachtet werden.

Denn obwohl sich Gesundheitsangebote im Internet einer großen Beliebtheit erfreuen, deuten bisherige Studien eher darauf hin, dass die Mehrheit der Patientinnen und Patienten kein Interesse an einer Partizipation hat, die nicht im Rahmen des Arzt-Patienten-Verhältnisses stattfindet (Coulter, 2003; Miller, 2001). Voraussetzung für die mögliche Partizipation ist darüber hinaus eine gute Usability: Die Bedienbarkeit des Programms, mit dem die Patientinnen und Patienten auf ihre medizinischen Daten zugreifen und anderen den Zugriff ermöglichen bzw. nicht ermöglichen, muss so einfach sein, dass auch computerunerfahrene Personen relativ komplexe Aufgaben intuitiv bewältigen können – beispielsweise die Umsetzung einer Überlegung wie „Ich möchte die Informationen aus der Untersuchung von X künftig noch einsehen können, möchte aber nicht, dass andere Leistungserbringer darauf zugreifen können“.

Neben der Bedienbarkeit der Nutzungsoberfläche zum Zugriff auf die Daten der elektronischen Gesundheitskarte durch die Patientinnen und Patienten muss noch genau geklärt werden, wie die Lese- und Schreibmöglichkeiten die Versicherten in Abwesenheit eines Heilberufsausweises für ihre medizinischen Informationen organisiert werden. Geplant sind hierzu Patientenlesestationen oder Kiosklösungen (Haas, 2006), die auch die Nutzung des Patientenfachs ermöglichen.

Schließlich stellt sich bezogen auf die Nutzung der medizinischen Informationen der elektronischen Gesundheitskarte durch die Patientinnen und Patienten noch die Frage, welche Auswirkungen dies auf die Interaktion zwischen den Leistungserbringern und den Patientinnen und Patienten hat.

Für Telematikanwendungen vermuten Schmidt und Koch (2005), dass diese die Distanz in der Arzt-Patienten-Beziehung und -Kommunikation erhöhen. Sie weisen darauf hin, dass sie die Möglichkeit schaffen, sich nicht persönlich kommuniziertes Wissen anzueignen und dass das Thema Vertraulichkeit von Informationen und deren Schutz zu Misstrauen in der Arzt-Patienten-Beziehung führen kann. Gleichzeitig zeigen Schmidt und Koch

(2005, 2003) auf, dass es durchaus Befunde gibt, die sich konträr zu diesen Vermutungen verhalten und dass Telematikanwendungen durchaus vertrauensförderlich für die Arzt-Patienten-Beziehung sein können.

Bei der elektronischen Gesundheitskarte und den geplanten freiwilligen Anwendungen ist auch zu berücksichtigen, dass nicht nur die Nutzung, sondern auch die Nicht-Nutzung der Möglichkeiten zur Speicherung medizinischer Informationen Auswirkungen auf die Arzt-Patienten-Beziehung haben bzw. von den Beteiligten antizipiert werden könnten. Stellt eine Patientin oder ein Patient beispielsweise Information über Medikationen oder Behandlungen (grundsätzlich oder selektiv) nicht zur Verfügung, obwohl sie oder er die Möglichkeit hierzu hat, so könnte sich dies unter Umständen auf die Arzt-Patienten-Beziehung auswirken.

## 6 Zielsetzungen der Evaluationsstudie

Durch die bisherigen Umfragen ergibt sich mittlerweile ein recht klares Bild über die emotionale Valenz der elektronischen Gesundheitskarte bei den Betroffenen: Die Patientinnen und Patienten stehen der elektronischen Gesundheitskarte eher positiv gegenüber, während die Einstellung der Leistungserbringer negativer ist, bei den Ärztinnen und Ärzten deutlich negativer als bei Apothekerinnen und Apothekern. Hier kann davon ausgegangen werden, dass diese Befunde auch auf die Testregion Heilbronn übertragbar sind.

Im Rahmen der Evaluation der Einführung der elektronischen Gesundheitskarte als Pilotvorhaben in der Region Heilbronn wird der Schwerpunkt nun darauf gelegt, bisherige Akzeptanzfaktoren zu spezifizieren und gegebenenfalls zu bestätigen und weitere für die Akzeptanz relevanten Faktoren zu identifizieren. Ziel ist dann die Integration in ein theoretisches Modell. Dieses Rahmenmodell kann dann das Zusammenwirken der verschiedenen Facetten der Akzeptanz der elektronischen Gesundheitskarte aufzeigen.

Außerdem wird zum ersten Mal das tatsächliche Verhalten bezogen auf den Einsatz der elektronischen Gesundheitskarte, das elektronische Rezept und die Notfalldaten im Zusammenhang mit Einstellungsvariablen untersucht.

Für einen umfassenden Blick auf den Testverlauf und seine Wahrnehmung und Akzeptanz bei den Beteiligten werden zusätzlich folgende Themenkomplexe untersucht und evaluiert:

- Rahmenbedingungen (Schulungen, Kommunikation gegenüber Versicherten, Sicherheit, Kartenausgabe, Hard-/Software) und deren Akzeptanz
- Prozesse (Funktionen der Karte in der jeweiligen Stufe, Nutzung freiwilliger Anwendungen, Wahrung der Patientenrechte) und deren Akzeptanz
- spezielle Anwendungsfälle (Hausbesuche, Notfälle etc.)
- Zeitaufwände
- Sicherheit (Stabilität, Verfügbarkeit) des telematischen Systems
- Wartung, Aktualisierung, Pflege der Hard- und Software
- Wahrung der Patientenrechte

## 7 Vorgehen im Rahmen der Evaluationsstudie in der Testregion Heilbronn

Im Dezember 2006 erteilte das Ministerium für Arbeit und Soziales der Hochschule Heilbronn den Auftrag zur lokalen Evaluation der Einführung der elektronischen Gesundheitskarte in der Testregion Heilbronn. Offiziell startete das Projekt am 17.01.2007 mit einer Pressekonferenz zum Thema „Start der dezentralen Anwendertests zur Einführung der elektronischen Gesundheitskarte (eGK BW)“.

In der folgenden Zeit galt es, Strukturen zu finden, welche der Hochschule Heilbronn den Zugang zu allen relevanten Informationen ermöglichen sowie wichtige Kommunikationsstrukturen zu etablieren.

Des Weiteren wurde ein lokaler Evaluationskreis gegründet. Mitglieder sind neben dem Ministerium für Arbeit und Soziales Baden-Württemberg und der Hochschule Heilbronn das Projektbüro der Arbeitsgemeinschaft eGK BW, Vertreter der beteiligten Krankenkassen, Kassenärztliche Vereinigung Baden-Württemberg (KV BW), Landesapothekerverband Baden-Württemberg (LAV BW), SLK-Kliniken Heilbronn sowie Referenz- und Testärztinnen und -ärzte und -apothekerinnen und -apotheker aus Heilbronn. In diesem Rahmen erstattet die Hochschule Heilbronn über den aktuellen Sachstand der Evaluation Bericht. Zudem werden über diese Instanz wichtige Themen eingesteuert oder Kontaktaufnahmen zu Leistungserbringern, Krankenkassen und Versicherten initiiert.

### Datenschutz

Das Datenschutzkonzept der Hochschule wurde mit der Arbeitsgruppe Datenschutz der Arbeitsgemeinschaft eGK BW abgestimmt. Bei Änderungen wird die Arbeitsgruppe Datenschutz umgehend informiert und das Datenschutzkonzept entsprechend angepasst.

### Methodische Herangehensweise

Die methodische Herangehensweise umfasst zwei unterschiedliche Phasen: eine qualitative und eine quantitative Phase. Die qualitative Phase ist gekennzeichnet durch Exploration des Forschungsgegenstandes, Bildung von Hypothesen und einer Basis zur Interpretation der Ergebnisse. In der anschließenden quantitativen Phase liegt der Fokus auf einer Vergleichbarkeit erhobener Daten und der Überprüfung statistischer Zusammenhänge und Hypothesen.

### Qualitative Phase

Zunächst wurde eine umfassende Recherche zu den Themenfeldern Ist-Stand des Projekts eGK/eGK BW, Akzeptanzforschung, gematik-Fachkonzepte und Facharchitekturen etc. durchgeführt. Die nachfolgende Analyse der Literatur und Informationen ermöglichte auf der sozialwissenschaftlichen Seite die Entwicklung eines thematischen Leitfadens für die Experteninterviews und in Kombination mit den Ergebnissen der Experteninterviews die Konzeption eines Akzeptanzmodells zur elektronischen Gesundheitskarte. Des Weiteren wurden fragebogen-



artige Checklisten zur Erfassung der Aktivitäten der beteiligten Krankenversicherungen, KV BW/Landesärztekammer BW und LAV BW/Landesapothekerkammer BW bei der Akquise der teilnehmenden Leistungserbringer und Versicherten und bei der Kartenausgabe erstellt.

Auf der technischen Seite wurde auf Basis der Recherche eine Analyse der Musterumgebung vorgenommen und ein technisches Testhandbuch erstellt.

Im Schnittbereich der sozialwissenschaftlichen und technischen Evaluation wurden Feldbegleitungen in Praxen, Apotheken und im Krankenhaus durchgeführt und sowohl nach sozialwissenschaftlichem als auch nach technischem Fokus ausgewertet.

### Quantitative Phase

Um eine Vergleichbarkeit von Daten zu gewährleisten, sind eine standardisierte Datenerhebung und ein ausreichend großer Datenpool unerlässlich. In dieser Phase werden die teilnehmenden Leistungserbringer und ihr Personal, Angestellte der teilnehmenden Krankenversicherungen sowie ca. 400 teilnehmende Versicherte mittels Fragebogen befragt. Des Weiteren sind systematische Systemtests bei den Leistungserbringern vor Ort und kontinuierliche Protokolldateien-Erhebung sowie -Analyse geplant.

## 8 Zusammenfassung und Ausblick

Die Hochschule Heilbronn evaluiert derzeit die Einführung der elektronischen Gesundheitskarte in der Testregion Heilbronn. In diesem Kontext wurde oben dargestellt, wie bei der Einführung der elektronischen Gesundheitskarte in Deutschland vorgegangen wird und welche Rolle die Testregion Heilbronn hierbei spielt. Es wurden die Zielsetzungen der elektronischen Gesundheitskarte und die Auswirkungen für Patientinnen und Patienten und schließlich die Zielsetzungen der Evaluationsstudie und das Vorgehen der Hochschule Heilbronn im Rahmen der Evaluationsstudie aufgezeigt.

Im November 2007 hat die Hochschule Heilbronn einen Zwischenbericht an den Auftraggeber, das Ministerium für Arbeit und Soziales Baden-Württemberg, vorgelegt: Die qualitative Phase war abgeschlossen und die quantitative Phase vorbereitet.

Die Inhalte des Zwischenberichts sind vertraulich, deshalb kann hier nur ein Überblick über die Inhalte gegeben werden: In dem Zwischenbericht wird das Testhandbuch vorgestellt und es werden die Ergebnisse der qualitativen Phase (Experteninterviews, Feldbegleitungen, Analyse der Musterumgebung) der Evaluation aufgezeigt. Neben der Berücksichtigung der Ergebnisse der Experteninterviews bildeten bisherige Studien und Untersuchungen zur Akzeptanz der elektronischen Gesundheitskarte und bestehende Theorien zur Akzeptanz die Grundlage für die Konzeption eines Rahmenmodells zur Akzeptanz der elektronischen Gesundheitskarte, welches u. a. in der quantitativen Phase überprüft werden soll. Zudem wurde die „Verordnung über Testmaßnahmen für die Einführung der elektronischen Gesundheitskarte“ (Bundesgesetzblatt, 2006) aus technischer Sicht bewertet.

Im Jahr 2008 wird die Hochschule Heilbronn eine Befragung der teilnehmenden Leistungserbringer und ihres Personals, einer Teilmenge der Angestellten der beteiligten Krankenversicherungen sowie teilnehmender Versicherte durchführen. Zudem werden auf technischer Seite die Funktionsweisen des Systems untersucht. Die Evaluation der Einführung der elektronischen Gesundheitskarte in der Testregion Baden-Württemberg läuft derzeit also noch. Schon jetzt hat sich gezeigt, dass im Rahmen einer unabhängigen externen Evaluation eine Reihe von Themen identifiziert werden können, auf die im Rahmen der weiteren Einführung ein besonderes Augenmerk gelegt werden sollte. Somit besteht die Hoffnung, dass der Blick von außen dazu beitragen kann, das Projekt der Einführung der elektronische Gesundheitskarte zum Erfolg zu führen.

### Literatur

- Bundesministerium für Gesundheit (Hrsg.) (2006). Die elektronische Gesundheitskarte (Broschüre). Berlin: Bundesministerium für Gesundheit, Referat Öffentlichkeitsarbeit.
- Coulter, A. (2003). *The European patient of the future*. Open University Press 9.
- Haas, P. (2006). *Gesundheitstelematik – Grundlagen, Anwendungen, Potenziale*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Miller, E. A. (2001). *Telemedicine and doctor-patient communication: an analytical survey of the literature*. *Journal of Telemedicine and Telecare*, 7, 1-17.
- Schmidt, S. (2005). *Ak-Tel – Gutachten zur Akzeptanz der Telematik in der Gesundheitsversorgung der Freien und Hansestadt Hamburg*. Institut u. Poliklinik für Medizinische Psychologie des Universitätsklinikums Hamburg Eppendorfs. Quelle: <http://fhh.hamburg.de/stadt/Aktuell/behoerden/bsg/verbraucherschutz/patientenschutz/gesundheitstelematik/ak-tel-gutachten,property=source.pdf> [last checked 2008-01-06].
- Schmidt, S. & Koch, U. (2005). *Akzeptanz der Gesundheitstelematik bei ihren Anwendern*. *Bundesgesundheitsblatt*, 7, 778-789.

# Eine Datenbank für den Rebschutz

**Prof. D. Ulrike Jaeger**

Hochschule Heilbronn, Max Planck Straße 39, 74081 Heilbronn, ulrike.jaeger@hs-heilbronn.de, www.hs-heilbronn.de/Members/ulrikejaeger

In vielen Betrieben und Instituten ist das der Alltag: Eine zunächst völlig harmlose Excel-Tabelle für eine Datensammlung wird umfangreicher, Verknüpfungen wuchern wie Spaghetti über die Daten, und bald gibt es höchstens eine Person, die den Wust überhaupt in Schach halten kann. Gern würde man viel mehr mit den kostbaren Daten machen, aber niemand wagt, das fragile Gebilde anzufassen oder gar zu verändern.

So auch in der Landesanstalt für Wein- und Gartenbau, wo für den Weinbau eine Sammlung von Wetter-, Schädlings- und Phänologiedaten über einen langen Zeitraum hin in einer Vielzahl von Tabellen gesammelt wurden. Zusätzlich gab es einen Berge von Berichtsformularen auf Papier, ganz zu schweigen vom Fachwissen in den Köpfen der Biologen und Weinbau-Experten. Andere Weinbauinstitute haben ganz ähnliche Sammlungen.

So entstand die Idee, eine professionelle Datenbanklösung zu bauen, die so allgemein nutzbar ist, dass auch andere Weinbauinstitute sie nutzen können. Damit werden z.B. Prognosen für den Blüh- und Reifebeginn möglich, Verfolgung von Schädlingsbefall und Krankheiten, und damit in Abhängigkeit von Wetterinformationen ein verminderter Einsatz von Schädlingsbekämpfungsmitteln. Das spart nicht nur Kosten, sondern erhöht die Qualität des Weines und ist ein Schritt zur nachhaltigen Bewirtschaftung.

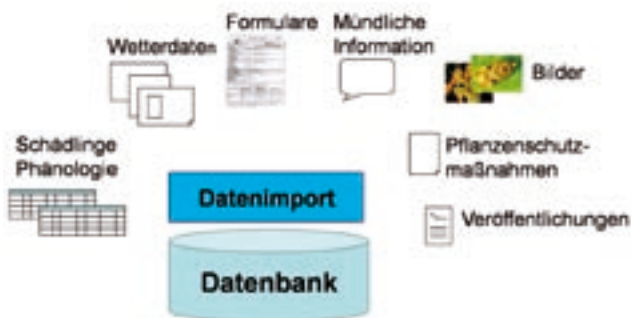


Abb. 1: Import inhomogener Information

Das Programm „Innovative Projekte“ finanzierte in den Jahren 2006 und 2007 eine wissenschaftliche Mitarbeiterin. Zwei Weinbauinstitute und eine Firma für Wetter-Mess-Stationen wurden Partner. Im Software Labor der Hochschule Heilbronn wurde das Projekt mit Hilfe einiger studentischer Studienarbeiten bis zum Prototypen durchgeführt.

**Ergebnisse**

Dank der guten Zusammenarbeit mit den Weinbau-Experten gelang eine gründliche Bereinigung der Datenbasis. Die gewach-



**Prof. Dr. Ulrike Jaeger**, Studiengangleiterin im Studiengang Software Engineering, Mitglied im Interdisziplinären Institut für Intelligente Geschäftsprozesse (I3G) lehrt die Fachgebiete Einführung der Programmierung, Datenbanken, Datenbanktechnologie

senen Strukturen enthielten Redundanzen und Widersprüche. Und wie so oft entdeckten wir noch in der Bereinigungsphase andere, noch nicht berücksichtigte Datenquellen, die sich gut integrieren ließen.

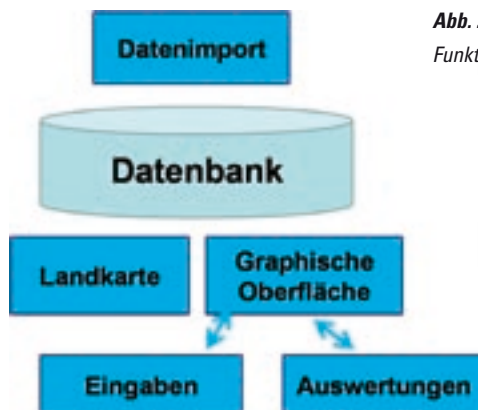


Abb. 2: Datengestützte Funktionen

- Der Datenimport für massenhafte Wetter-, Schädlings- und Phänologiedaten kann unterschiedliche Datei-Formate und verschiedene Erhebungsschemata integrieren. Dabei werden die semantischen Entsprechungen mit dem Importtool eingestellt. So können auch später noch Datensammlungen anderer Weininstitute und Anwendungen integriert werden.
- Die graphische Oberfläche basiert auf Java und Hibernate als Persistenzschicht, ist webbasiert und wurde mit dem Struts-Framework entwickelt. Das Lesen, Eingeben und Modifizieren von Daten wird so für alle Benutzer online möglich, während der Datenimport für massenhaft vorliegende Daten in Excel-files und anderen Datenbanktabellen vorgesehen ist.
- Die Auswertungen mit dem Hypothesentool besitzt vier Grundfunktionen: Berechnung, Listenausgabe, Suche und Vergleich. Alle Funktionen beziehen sich auf die Daten, die in der Rebschutz-Datenbank enthalten sind, z.B. biologische Daten zur Witterung, Daten zu Schädlings und Krankheiten der Reb-pflanzen. Im Rebschutz sind regelmäßige Untersuchungen der Pflanzen auf Entwicklungsstand, Schädlingsbefall und Krankheiten notwendig, um bei Gefahren möglichst schnell reagieren zu können und eine Beschädigung der Pflanzen zu vermeiden. So kann die unnötige Anwendung von Pflanzenschutzmitteln reduziert werden.

■ Die datengestützte Landkarte zeigte gebietsweise Befall von Schädlingen und Krankheiten. Durch Farbmarkierung wird angezeigt, wie akut ein Befall ist und ob damit gerechnet werden muss, dass ein Schädling bald auf Weinanbaugebiete der eigenen Gemeinde übergreift. Genaue Messwerte werden auf Wunsch eingeblendet.

**Abb. 3:** Ausschnitt aus der Landkarte mit Befallsmarkierungen

### Ausblick

Der Prototyp ist in Veitshöchheim im Einsatz. Die Kombination der vielfältigen Daten ermöglicht landesweit zum ersten Mal eine gründliche Analyse von Zusammenhängen von Pflanzenschäden, Wetter und Entwicklungsstadien. Die grafische Oberfläche kann sicher noch benutzerfreundlicher gestaltet werden, da das Projekt bisher keine Usability Studie enthielt. Zunächst muss auch beobachtet werden, welche Benutzer es geben wird: sind es die Fachleute in den Instituten, oder wollen die Weinbaugenossenschaften nicht auch ihr Material dort erstellen und auswerten? Wie alle Datenbank-Anwendungen steht und fällt der Erfolg mit der Qualität der Daten. Zum Beispiel füllen die Rebschutz-Warte noch ehrenamtlich ihre Bögen aus und wissen vielleicht nur, dass die Daten in einem Leitz-Ordner gesammelt werden. Die bestehende webbasierte Lösung ist ein Angebot, die Daten direkt mit anderen verknüpfen zu können und so die Auswirkungen der Beobachtungen sofort über Berechnungen oder eine Visualisierung auf der Landkarte zu konkretisieren. Damit können die Berichte der Rebschutz-Warte in ihrer Bedeutung aufgewertet werden, was die Qualität der Datenerhebung sicher verbessert.

### Literatur

- [ADCON 2000] ADCON TELEMETRY AG: „addVANTAGE A730 Benutzerhandbuch“, Klosterneuburg, Österreich 2000.
- [Handel, König 2007] HANDEL, Rainer; KÖNIG, Christoph: „Datenimport für eine Rebschutz-Datenbank“, Studienarbeit, Heilbronn 2007.
- [Hönig 2006] HÖNIG, Petra: Daten-Grundlagen für die Rebschutz-Datenbank, Tabellarische Zusammenstellung von Daten für Schädlinge, Symptome, Standorte, Weinsorten, Boniturschemata und Versuchspartellen, Veitshöchheim 2006.
- [Hönig 2006] HÖNIG, Petra: „Analyse der existierenden Boniturschemata im Rebschutz“, internes Dokument, Veitshöchheim 2006.

- [Reiner 2006] REINER, Daniela: „Datenanalyse und Entwicklung des Datenmodells für die Rebschutz-Datenbank“, interner Bericht, Heilbronn 2006.
- [Reiner 2006] REINER, Daniela: „Funktionsanalyse für die Rebschutz-Datenbank“, Interner Bericht, Heilbronn 2006.
- [Schmidt 2002] SCHMIDT, Kai: „Twickler, Abschlussbericht, 2002 – Eine Konzeptstudie zur Simulation und quantitativen Prognose der Populationsdynamik des Einbindigen (*Eupoecilia ambiguella*) und des Bekreuzten Traubenwickler (*Lobesia botrana*) anhand der Witterungsbedingungen basierend auf altersstrukturierten Lesliemodellen, Bonn 2002.
- [Schmitt 2007] SCHMITT, Sandra: „Hypothesentool – Prognosen & Überprüfungen in der Rebschutz-Datenbank“, Studienarbeit Hochschule Heilbronn 2007.
- [Taruttis, Schlechta 2007] TARUTTIS, Pamela; SCHLECHTA, Steffen: „Entwicklung der Testplanung für die Anwendung ‚Rebschutz-Datenbank‘“, Studienarbeit Hochschule Heilbronn 2007.
- [Thieser 2007] THIESER, Olga: „Benutzeroberfläche für die Rebschutz-Datenbank“, Studienarbeit Hochschule Heilbronn 2007.
- [Vogl 2007] VOGL, Steffen: „Datenbankbasierte Landkarten im Web“, Studienarbeit Hochschule Heilbronn 2007.

# System integration of a surgical planning platform and a commercial neuronavigation application

Urs Eisenmann<sup>1</sup>, Andreas Gamber<sup>1</sup>, Roland Metzner<sup>1</sup>,  
C.R. Wirtz<sup>2</sup>, Hartmut Dickhaus<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institute for Biometry and Informatics, Department of Medical Informatics, University Hospital Heidelberg, Heidelberg, Germany

<sup>2</sup>Department of Neurosurgery, University Hospital Heidelberg, Heidelberg, Germany

## Abstract

Different powerful tools for planning surgical interventions are available. Usually, problems arise when planning data are to be used intraoperatively due to lack of suitable interfaces between the planning and the neuronavigation system. We present a concept to establish an integration of our multimodal planning system (MOPS 3D) and the BrainLAB VectorVision Cranial/ENT system. As our concept is independent from the neuronavigation system itself, it can be generally adopted to every system that offers appropriate interfaces.

## 1 Purpose

The planning of complex neurosurgical interventions comprises different steps such as defining trajectories, marking the trepanation outline, considering brain functional aspects and incorporating morphological information from external sources e.g. brain atlases. Our Multimodal Planning System (MOPS 3D) supports these features [1].

A common problem is the missing integration of (often scientific) planning systems and the commercial neuronavigation systems. The following integrative concept would be desirable:

After finishing the planning procedure the collected information should be integrated into the neuronavigation setting to monitor the ongoing intervention. Dependent on the current intervention task, dedicated information should be visualised and adjusted easily by the surgeon during the intervention.

In this paper we present a concept and an according implementation, respectively, to provide this postulated integration into the surgical workflow.

## 2 Methods

Within the integration scenario three main challenges can be identified:

1. Definition of Planning Scenarios (PS) that shall be easily adjusted during the intervention.
2. Intraoperative Real Time Connection (RTC) between MOPS 3D and the neuronavigation system.
3. Interaction Utility (IU) used by the neurosurgeon to adjust the PSs and according functions.



**Prof. Dr. Hartmut Dickhaus** lehrt im Studiengang Medizinische Informatik, dem gemeinsamen Studiengang mit der Universität Heidelberg. Seine Schwerpunkte sind die Bild- und Signalverarbeitung, die Mustererkennung und Neuronale Netze



**Dipl. Inform. Med. Urs Eisenmann** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Studiengang Medizinische Informatik der Hochschule Heilbronn

### 2.1 Definition of Planning Scenarios

MOPS 3D was extended to save PSs anywhere during the planning process if appropriate. The PSs are stored in XML format. Each PS contains a name and description specified by the surgeon, all structures that are currently activated and the accompanying visualisation settings like 2D/3D visualisation mode, transparency etc.

### 2.2 Intraoperative Real Time Connection (RTC)

The intraoperative connection was primarily established between MOPS 3D and the VectorVision Cranial/ENT system (VVC) from BrainLAB. The related VVLink API offers all features needed to establish the RTC.

Two different data streams have been provided:

- The tracking data (coordinates and transformations) are sent from VVC to MOPS 3D to establish the navigation within MOPS 3D (see Figure 1).
- The tracked views (e.g. visualized pointer tip and tumour with corresponding MRI slice) of the actually chosen PS are sent from MOPS 3D to VVC (see Figure 1).

### 2.3 Interaction Utility (IU)

The interaction utility is integrated with the VVC system to control the required settings in MOPS 3D. The IU's menu is set up dynamically dependent on the PS defined in MOPS 3D and can be scrolled if necessary.

To implement the IU an additional data link is needed to transfer the PSs from MOPS 3D to VVC and the activation commands from VVC to MOPS 3D. All relevant data connections are indicated in Figure 1.



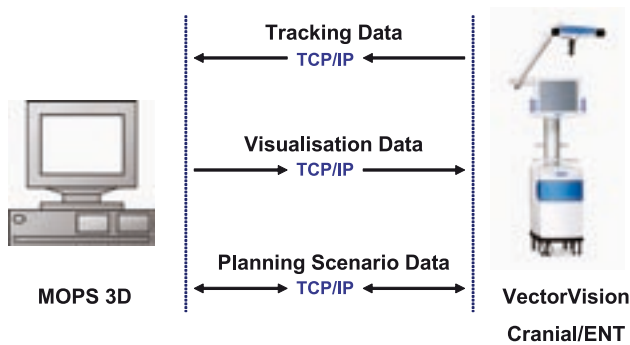


Figure 1: Data connections needed for the integration of MOPS 3D and VVC.

### 3 Results

The integration of MOPS 3D and VVC was implemented successfully. Figure 2 shows the tracked views from MOPS 3D visualised within VVC. In principle any neuronavigation system that offers the required functionality may be linked with MOPS 3D.

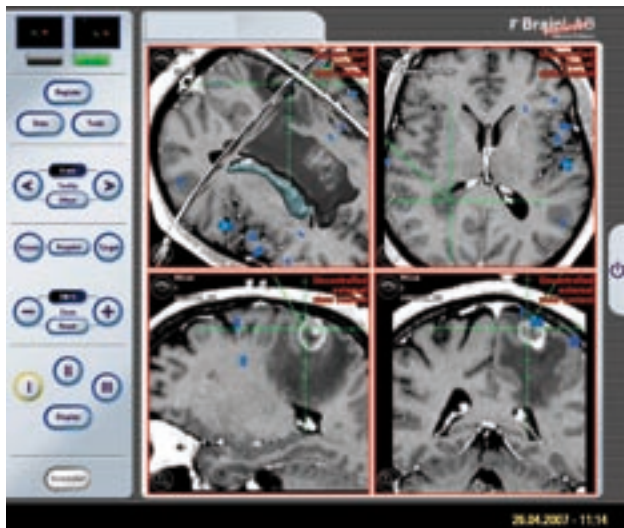


Figure 2: Tracked views from our system MOPS 3D within the BrainLAB VVC user interface. Upper left: 3D view including MRI slices, atlas structures, fMRI activations and the tumour. Other views: 2D views with MRI slices and fMRI activations.

One important factor is the performance of the RTC. The neurosurgeons at the University Hospital Heidelberg stated that 2 seconds for the update of the necessary four navigation views would be tolerable.

When using a 100 Mbit network and a 3 GHz Pentium 4 for MOPS 3D the update takes about 0.7 sec. Therefore the performance turned out to be feasible for clinical use.

If a new PS is to be selected, the neurosurgeon displays the IU in VVC and uses the touch screen to activate it (see Figure 3). Usually the new PS is displayed in less than 2 seconds, dependent on the amount of data and the complexity of the visualisation. The IU also allows to locate the MOPS 3D workstation outside the operation theatre. After the surgical planning is finished and the PSs are defined, all required changes can be accomplished using the IU in VVC. Thus, the surgeon only needs to handle the system he is used to during the intervention.

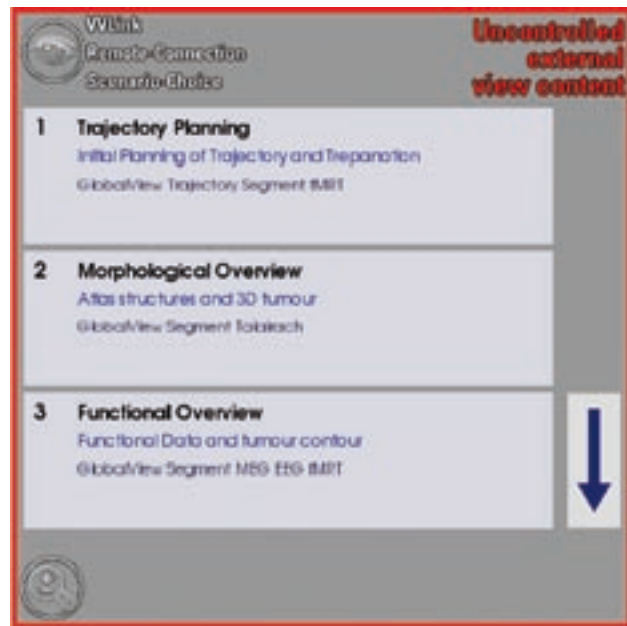


Figure 3: Interaction Utility (IU) integrated in VVC to activate the PSs during the intervention. The PSs are updated dynamically when settings are changed in MOPS 3D.

### 4 Discussion and Outlook

The described concept for the integration of surgical planning and navigation works satisfactory using phantom data. The next step will be an evaluation in the operating theatre at the University Hospital in Heidelberg.

MOPS 3D also offers intraoperative functions like tracking of cortical electrode grids. Such features should also be integrated into the IU.

### 5 Literature

- [1] Eisenmann U., Dickhaus H., Metzner R., Wirtz C.R.: Ein Computersystem zur Planung und Durchführung neurochirurgischer Interventionen. U. Boenick, A. Bolz (eds.), Biomedizinische Technik, Band 47, Ergänzungsband 1, Teil 1, pp. 49-52, 2002.

# Is a phase-reversal phenomenon observed in inter-lead relation of beat-to-beat QRS-area series characteristic for episodes of obstructed breathing in sleep apnea patients?

5th Conference of the European Study Group on Cardiovascular Oscillations

C. Maier<sup>1</sup>, V Rödler<sup>1</sup>, H. Wenz<sup>2</sup>, H. Dickhaus<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Med. Informatics, Heilbronn University, Heilbronn, Germany.

<sup>2</sup> Thoraxklinik, University of Heidelberg, Heidelberg, Germany

<sup>3</sup> Med. Informatics, University of Heidelberg, Heidelberg, Germany.

E-mail: christoph.maier@hs-heilbronn.de

**Abstract** – This study aims to identify potential indicators of obstructive apnea (OA) in the ECG based on traces of QRS-area from multiple ECG leads. We registered polysomnograms and 8-channel Holter ECGs synchronously in 90 patients and selected a subset of 469 short segments (1-5min) containing a broad variety of respiratory patterns. Simultaneous visualization of the traces of QRS-areas of pairs of ECG-leads often exhibited a phase-shift between the time-courses in the transition from OA to ventilation similarly seen in chest and abdominal movements during paradoxical breathing. Based on 502 manually annotated episodes of OA and 222 episodes of normal respiration (each 20s), we seek to statistically assess whether the termination of an obstructive apnea is associated with mutual phase-shifts in time-courses of QRS-area of different ECG leads. Phase-relation was quantified by means of the normalized correlation coefficient calculated in sliding windows of 4.5s duration. We compare the difference in phase-relation found during and after each OA episode (setting S1) to the difference found between first and second half of the OA (setting S2) and between split halves of epochs of normal respiration (setting S3). ROC-analysis of the phase-shifts in S1 vs. S3 revealed a separation of 93% sensitivity and 90% specificity, and 79% resp. 84% in S1 vs. S2. We conclude that the termination of an obstructive apnea seems often to be associated with phase-shifts between QRS-area series of individual ECG leads, and that this phenomenon might be indicative of obstructed respiration and potentially useful for its detection from the ECG.

## 1. Introduction

In recent years, considerable research effort has been dedicated to the problem of identifying episodes of sleep-apnea from ECGs recorded during sleep over night [1]. It is well known, that respiratory activity modulates the amplitude of the ECG and that respiratory frequency can be estimated by tracking changes of amplitude or area of the QRS-complex (ECG-derived respiration, EDR) [2]. The shape of the derived time-courses can closely resemble the signals obtained from respiratory effort belts and often appears almost sinusoidal. Generally, the absence of this modulation can be considered an indicator of ongoing central apnea [3]. However, its presence does not necessarily indicate successful respiratory activity with respect to air-flow. During



**Prof. Dr. Hartmut Dickhaus** lehrt im Studiengang Medizinische Informatik, dem gemeinsamen Studiengang mit der Universität Heidelberg. Seine Schwerpunkte sind die Bild- und Signalverarbeitung, die Mustererkennung und Neuronale Netze



**Dipl. Inform. Med. Christoph Maier** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Studiengang Medizinische Informatik der Hochschule Heilbronn



**Heinrich Werner Wenz** ist Oberarzt an der Thoraxklinik am Universitätsklinikum Heidelberg.



**Dipl. Inform. Med. Vera Rödler**, Studiengang Medizinische Informatik der Hochschule Heilbronn

obstructed apnea, respiratory effort is also present and elicits a similar modulation, in some cases even more pronounced than during normal respiration. Therefore, the recognition and delineation of episodes of obstructed apnea from amplitude modulations of the ECG is more difficult although repetitive episodes can cause a characteristic low-frequency pattern reflecting the period of the respiratory events [4]. To the best of our knowledge, so far no approach has been presented to delineate apnea episodes and differentiate their type using exclusively information from the ECG.

The aim of our study is to identify potential indicators of obstructive apnea in the ECG based on traces of QRS-area from multiple ECG leads. In simultaneous recordings of thoracic and abdominal movements, respiratory efforts against obstructed upper airways are often characterized by out-of phase activity: since the air cannot enter the lungs, expansion of the abdomen causes a compression of the thorax and vice versa. This is known as 'paradoxical respiration'. Contrarily, during normal respiration, chest and abdomen move in-phase. When we visualized the traces of QRS-areas of pairs

of ECG-leads simultaneously, we often observed a phase-shift between the time-courses after transition from obstructed apnea to (hyper-) ventilation [3], similar in its appearance to paradoxical breathing. We therefore hypothesized that this phenomenon might be indicative of obstructed respiration and potentially useful for its detection from the ECG. This study seeks to statistically assess whether the termination of an obstructive apnea is associated with mutual phase-shifts in time-courses of QRS-area calculated from different ECG leads.

## II. Methods

The data used in this study was extracted from a total of 122 overnight recordings in 90 patients who were referred to a sleeping lab owing to suspected sleep-related breathing disorders. In addition to polysomnography (PSG, Alice 4), synchronized 8-channel (I, II, V1-V6) digital Holter-ECGs (Mortara H12+) were recorded with a sampling-rate of 1 kHz. From these data, we extracted 469 signal segments of 1-5 minutes duration covering a wide range of normal and abnormal respiratory patterns. The total duration of the segments was 1553 min. 58 of the 469 segments contained severe cardiac arrhythmia like atrial fibrillation or extensive ectopy. 49 segments were taken from patients at continuous positive airway pressure (CPAP) therapy. Using the traces of air-flow, thoracic and abdominal movements, snoring and peripheral blood oxygen saturation from the PSG, we manually identified and annotated 502 episodes of obstructed apnea (OA) with 1s-accuracy. 74 segments were annotated as normal respiration. From each of these, we extracted three episodes of 20s duration at beginning, mid, and end yielding 3·74=222 20s-episodes of normal respiration.

In order to derive an EDR signal, the ECG was high-pass filtered, and QRS-complexes were detected. To further reduce the influence of baseline-wander, we considered a window of  $n \pm 250$ ms around the QRS fiducial point  $\mathcal{O}_k$  of each beat #  $k$ . In each lead  $i \in \{I, II, V1 - V6\}$ , we calculated the median beat as reference  $x_i^{ref}$  and estimated for each beat  $x_i^k$  a polynomial of order 3 that, when subtracted,

$$\tilde{x}_i^k(n) = x_i^k(n) - (an^3 + bn^2 + cn + d) \quad (1)$$

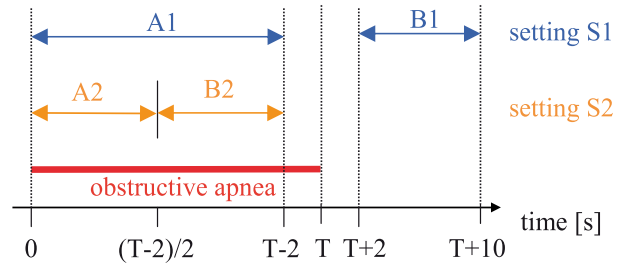
minimizes the deviation from the reference beat  $x_i^{ref}$  in a least squares sense:

$$\sum_{n=-250}^{250} (x_i^{ref}(n) - \tilde{x}_i^k(n))^2 \stackrel{!}{=} \min \quad (2)$$

Then, for all 8 ECG-leads  $i \in \{I, II, V1 - V6\}$  and each heart cycle  $k$ , we estimated the beat-to-beat QRS area  $A_i(k)$  as mean absolute signal value of the baseline-corrected signal in a window of 150ms width centered at the QRS fiducial point of beat #  $k$ .

$$A_i(k) = \frac{1}{151} \sum_{n=-75}^{75} |\tilde{x}_i^k(n)| \quad (3)$$

Ectopic beats were identified semi-automatically using a cross-correlation based clustering algorithm and timing-classification with manual review. QRS-areas of ectopic beats were replaced by interpolated values (except for phases of atrial fibrillation).



**Fig. 1:** Location of the temporal segments used for determination of the phase relation between QRS-area series. The red bar indicates an episode of OA starting at  $t = 0$ s with duration  $T$ . In setting S1, we compare the phase relations found in the intra-apnea segment  $A1 = [0, T-2]$  and the immediate post-apnea period  $B1 = [T+2, T+10]$ s. We exclude a 'safety margin' of  $\pm 2$ s around the transient region at  $t = T$ . Setting S2 compares the first ( $A2 = [0, (T-2)/2]$ ) and second ( $B2 = [(T-2)/2, T-2]$ ) half of the obstructive episode.

The series  $A_i(k)$  were then equidistantly re-sampled at 10 Hz using cubic spline interpolation resulting in equispaced series  $A_i(t)$ .

To address our initial observations statistically, we then compared the phase relation between series  $A_i(t)$  and  $A_j(t)$  found within in the segment of obstructed breathing (Fig. 1, A1) to the phase relation in the 10 seconds immediately following the apnea episode (Fig.1, B1, setting S1) for all possible lead-pairs  $\{(i, j) \mid i, j \in \{I, II, V1 - V6\} \text{ and } i < j\}$  yielding  $8 \times 7 / 2 = 28$  combinations. Moreover, we split each apnea-segment into two halves and checked the phase relation found in the first half (Fig.1, A2) against the one in the second half (Fig.1, B2, setting S2). Finally, the 222 segments with normal respiration were analyzed accordingly in split halves (setting S3). In case that the termination of obstructive apnea actually is associated with a phase-reversal, we expect large differences between the phase-relations of intra- and post-apnea segments (setting S1), whereas the difference between first and second-half of the apnea-episodes and within normal respiration should be smaller.

As surrogate parameter of phase relation we used the normalized correlation-coefficient (CC)  $\rho$  which for zero-mean sinusoidal components of the same (respiratory) frequency takes the value 1 for perfect in-phase relation and the value -1 for a  $180^\circ$  phase-shift. We calculated  $\rho$  in a time-variant fashion as  $\rho_{i,j}(t)$  in sliding windows of 4.5s (45 samples) and averaged the values within the segments A and B of each setting respectively (here for segment A).

$$\rho_{i,j}^A = \frac{1}{\max t - \min t} \sum_{t \in A} \rho_{i,j}(t) \quad (4)$$

The denominator in (4) just denotes the duration of segment A. In order to remove the mean and accentuate sinusoidal components in  $A_i(t)$ , we subtracted the low-pass filtered signal beforehand using an FIR-filter. The impulse response was a Gaussian window of 9.1s duration (91 coefficients) comprising about 2-4 respiratory cycles.

Then, for each episode and each of the 28 lead-pairs  $(i, j)$  the absolute value of the difference of the averaged CCs ( $\Delta \rho_{i,j}$ ) found during and after apnea (for setting S1)

$$\Delta\rho_{i,j}^{S1} = |\rho_{i,j}^{A1} - \rho_{i,j}^{B1}| \quad (5)$$

as well as  $\Delta\rho_{i,j}^{S2}$  and  $\Delta\rho_{i,j}^{S3}$  between first and second-halves in settings S2 and S3 were calculated. We studied the distributions of the sum

$$\Delta\rho_{sum}^S = \sum_{i<j} \Delta\rho_{i,j}^S \quad (6)$$

and the maximum

$$\Delta\rho_{max}^S = \max_{i<j} (\Delta\rho_{i,j}^S) \quad (7)$$

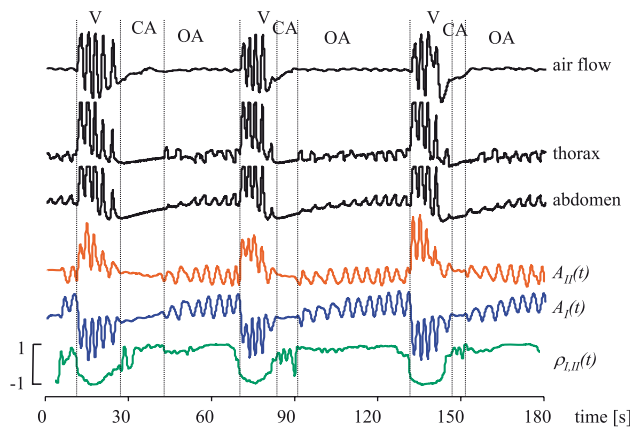
of all  $\Delta\rho_{i,j}^S$  values over all lead pairs (i, j) within the three settings S, and assessed their separation by means of receiver-operating characteristics (ROC) analysis and the area under the ROC-curve (AUC).

### III. Results

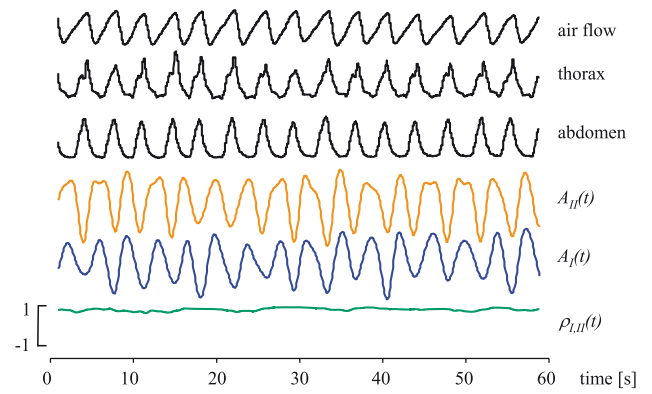
Fig. 2 shows a trace of the QRS-areas  $A_I(t)$  and  $A_{II}(t)$  of lead I and II during repetitive episodes of mixed apneas. It is obvious that during airway obstruction (OA),  $A_I(t)$  and  $A_{II}(t)$  evolve in-phase whereas after its cessation (V), during hyper-ventilation, the phase relation shifts to  $\pi$  for a couple of respiratory cycles. The time course of the sliding CC  $\rho_{I,II}(t)$  well reflects this change in mutual dependency.

In Fig. 3, an example of normal respiration is given exhibiting stable in-phase oscillations of  $A_I(t)$  and  $A_{II}(t)$  and an almost constant value close to 1 for  $\rho_{I,II}$ . However, we have to note that we also observed cases with higher degree of variability of  $\rho_{i,j}(t)$  during apparently normal respiration.

ROC-analysis of the phase-shifts found in S1 vs. S3 revealed a separation between  $\Delta\rho_{sum}^{S1}$  and  $\Delta\rho_{sum}^{S3}$  with an AUC of 96.6%



**Fig. 2:** Repetitive episodes of mixed apneas. The upper traces show nasal air-flow, chest and abdominal movements as extracted from the PSG. Vertical lines delimit phases of central (CA), obstructive (OA) apnea and ventilation (V). Please note the out-of-phase movements of thorax and abdomen ('paradoxical respiration') during OA. Traces 4 and 5 show  $A_{II}(t)$  and  $A_I(t)$  the re-sampled series of QRS-areas of lead II and I (Holter ECG). The transition from OA to V coincides with a shift of the phase-relation of  $A_{II}(t)$  and  $A_I(t)$ . Lower trace: normalized CC  $\rho_{I,II}(t)$  calculated in sliding windows of 4.5s reflecting the shift in phases.



**Fig. 3:** Traces of nasal air flow, chest and abdominal movements during normal respiration. Traces 4 and 5 show  $A_{II}(t)$  and  $A_I(t)$  the re-sampled series of QRS-areas of lead II and I (Holter ECG). Lower trace: normalized CC  $\rho_{I,II}(t)$  calculated in sliding windows of 4.5s confirming the in-phase evolution of  $A_{II}(t)$  and  $A_I(t)$ .

(sensitivity 93.2% and specificity 89.8%). Higher values, i.e. stronger phase shifts, were found in setting S1 (intra-post-OA) vs. setting S3 (normal respiration). The corresponding ROC curve is shown in Fig. 4. For setting S1 (intra-post-apnea) vs. setting S2 (intra-apnea), the results were 79.0% and 84.4% with AUC 89.1% (Fig 4). The separation for  $\Delta\rho_{max}^S$ , the maximum difference in correlation over any lead pair, was marginally worse (AUC 96.5 and 87.5).

Only 10% of the episodes with small values of  $\Delta\rho_{sum}^{S1}$ , i.e. with little phase-shift at termination of an OA, were found in segments with stronger arrhythmias. In setting S3, the episodes spend in normal respiration, the percentage of arrhythmic segments among those with high  $\Delta\rho_{sum}^{S3}$  was 20%.

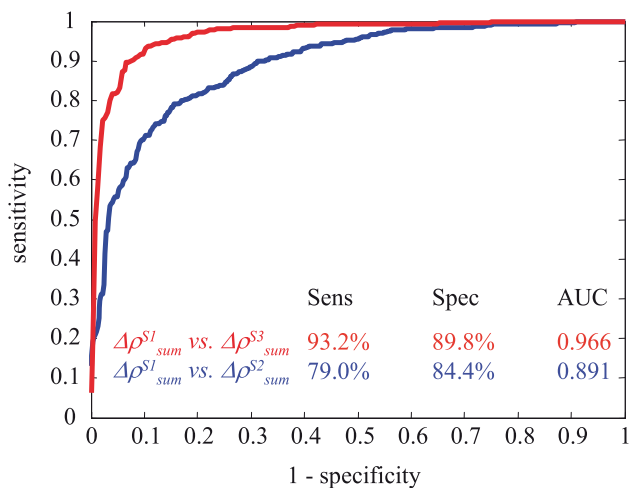
The lead-pairs (i, j) with highest average  $\Delta\rho_{i,j}$  were (I, II), (II, V2), (V1, V5) and (V2, V5). However generally the leads exhibiting the highest  $\Delta\rho_{i,j}$  for a given segment could vary between subjects.

### IV. Discussion and Conclusion

Our results indicate that indeed the termination of an obstructive apnea seems often to be associated with phase-shifts between QRS-area series of different ECG leads. A potential limitation of our study is the construction of the epochs of normal respiration which does not guarantee to capture the strongest phase-shifts found in that state, and therefore can not exclude the existence of phase-reversals during normal respiration. Nevertheless, the clearly stronger phase-shifts found in the transition from obstructed apnea to ventilation – as compared to shifts found within the apnea episode and within epochs of normal respiration (Fig. 4) – strongly suggest an association of the observed phenomenon with the transition from obstructed apnea to (hyper-) ventilation.

Although severe arrhythmias are known to reduce the correlation of  $A_i(t)$  with respiratory movements and flow [3], they only accounted for approx. 10% of the problematic cases with low phase shift in setting S1 in this study. So other factors seem to play a more dominant role. In several cases we observed that the respiratory modulation was only weakly pronounced in single ECG leads during either OA or ventilation. This illustrates quite





**Fig. 4:** ROC curves and statistics for separation of  $\Delta\rho_{sum}^{S1}$  vs.  $\Delta\rho_{sum}^{S3}$  (intra-post-apnea vs. normal respiration, red curve) and  $\Delta\rho_{sum}^{S1}$  vs.  $\Delta\rho_{sum}^{S2}$  (intra-post-apnea vs. intra-apnea, blue curve).

nically the bivalent properties of the correlation coefficient as a measure of phase-shift: since it is insensitive to the magnitude of an oscillation, it still yields useful results in case of weak clean signals, but few outliers can severely distort the values of seven lead pairs. In this context, a measure of ECG and QRS-area signal quality as well as the orientation of the heart axis and the gender of the subjects should be considered in further studies.

In several cases where we observed stronger phase shifts during normal respiration, the QRS-area series of just one single ECG lead appeared quite 'wiggly' and seemed to contain several frequency components whereas the remaining showed a rather distinct modulation. Unfortunately, inspection of the respective ECG signals did not give any insights on potential reasons for this finding.

The application of the normalized correlation coefficient as measure of mutual phase-shift may appear surprising at first glance. In the face of almost sinusoidal signals of comparable frequency it should however definitely serve the purpose although deviations from this assumption – as sometimes observed – may strongly degrade its performance. Nevertheless, our preliminary experiments to assess respiratory frequency and track the corresponding phase-relation in the cross power spectrum by means of adaptively estimated bivariate autoregressive models did not yield better results. One reason is presumably that the necessary constraint to quickly track abrupt changes in phase-relation obviously conflicts with the stability of the estimate.

Regardless of the numerical way of its quantification we can state that obviously we can assume the existence of a phase-shift effect in the transition from OA to (hyper-) ventilation. The main question that arises is of course the physiologic mechanism behind. The analogy to paradoxical breathing suggests at first sight to relate the effect to the complementary movements of thorax and abdomen during OA, and the high negative intra-thoracic pressure prevalent in this condition. Among the strongest factors known to influence body surface potentials we find changes in cardiac and lung position, heart axis, lung conductivity, intra-cardiac and intra-thoracic blood mass [5], [6].

Each of them is expected to be altered rather severely during obstructed respiratory activity.

On the other hand, we should not exclude that the phase shift might actually be caused during the state of hyperventilation generally following OA, which also affects virtually all of the aforementioned factors. Support for this notion comes also from the fact that the most prominent changes seen in the low-frequency modulation of  $A_I(t)$  and  $A_{II}(t)$  in Fig. 2 obviously take place during the ventilatory (V) phases.

We clearly have to state that at the moment we are not able to ultimately resolve the question about the physiologic background. However, the anatomical and physiological conditions found in one of the states OA and V obviously go along with changes that affect and partly reverse the mutual dependency of QRS-area in individual pairs of ECG leads.

From our results we conclude that the termination of episodes of OA and its transition to ventilation is often associated with a rather characteristic phase shift in the relation of beat-to-beat QRS-area series for individual pairs of ECG leads provided that a sufficiently clear respiratory modulation is present during both phases. Therefore, analysis of the phase-relation between series of QRS-area calculated from different ECG leads may be useful to delineate episodes of sleep disordered breathing and differentiate the type of apnea. From a clinical point of view, the chance to use the Holter recorder as a cheap and easy-to-apply screening tool for sleep-disordered breathing which even permits statements on the type of the respiratory disorder appears highly desirable.

## References

- [1] T. Penzel, J. McNames, P. de Chazal, B. Raymond, A. Murray, G. Moody, "Systematic comparison of different algorithms for apnoea detection based on electrocardiogram recordings," *Med. Biol. Eng. Comput.*, 2002, vol. 40, pp. 402-407.
- [2] G. B. Moody, R. G. Mark, A. Zoccola, S. Mantero, "Derivation of respiratory signals from multi-lead ECGs," In: *Computers in Cardiology 1985*. Washington DC: IEEE Computer Society Press, 1985, vol. 12, pp. 113-116.
- [3] C. Maier, V. Rödler, P. Laguna, H. Dickhaus, "Dynamic Analysis of Multi Lead ECG Recordings for Detection and Categorization of Respiratory Events during Sleep," *Proc. Computers in Cardiology*, 2007, vol. 34, pp. 493-496.
- [4] H. Dickhaus, C. Maier, "Detection of Sleep Apnea Episodes from Multi-Lead ECGs Considering Different Physiological Influences," *Methods Inf. Med.*, 2007, vol. 46(2), pp. 216-221.
- [5] N. Yamada, "Effects of respiration on the vectorcardiogram obtained with the Frank lead system," *Acta Med. Okayama*, 1985, vol. 39, pp. 297-313.
- [6] J. Malmivuo, R. Plonsey, "Bioelectromagnetism - Principles and Applications of Bioelectric and Biomagnetic Fields," Oxford University Press, New York, 1995, chapter 18.

# Towards Modeling Language Interoperability

## Getting Meta-Level Architectures right

**Dominikus Herzberg, Tim Reichert,**  
 Department of Software Engineering  
 Heilbronn University, Germany  
 {herzberg|reichert}@hs-heilbronn.de

**Nick Rossiter**  
 School of Computing, Eng. & Inf. Sciences  
 Northumbria University, United Kingdom  
 nick.rossiter@unn.ac.uk

### Abstract

The growing interest in Domain Specific Modeling (DSM) languages and the increasing demand for model driven approaches (like OMG's vision of a Model Driven Architecture, MDA) suggest that modeling languages should strive towards interoperability. In short, modelers could benefit from a symbiotic coexistence of DSM and GPM (General Purpose Modeling) languages, like the UML. Key to modeling language interoperability is the underlying meta-level architecture, which we studied exemplarily on UML. First, we unveil a design flaw in the presentation of UML's meta-level architecture. Second, formal considerations show that the meta-level architecture is limited to closed interoperability, which is a constraint from which approaches such as MDA suffer.

### 1. Introduction

There are two main approaches to modeling in software engineering: one either makes systematic use of a General Purpose Modeling (GPM) language or one chooses to use a Domain Specific Modeling (DSM) language. Today, the Unified Modeling Language (UML) [18, 19] is the most prominent GPM language used in software development favoring an object-oriented modeling paradigm. The UML is standardized by the Object Management Group (OMG), has become widely spread in academia and industry and is regarded as the *lingua franca* among software engineers. On the opposite, there are many different DSM languages, each language addressing a specific field or domain. By nature, these languages usually resist standardization because of their specialization and limited scope of use. Standardization is replaced by advocacy for DSM and tool sets to ease the creation of new DSM languages. Among others, Microsoft is a strong advocate of DSM. The appearance of commercial and open source DSM environments (such as MetaEdit+ from MetaCase<sup>1</sup> and the Eclipse Modeling Project<sup>2</sup> from the Eclipse Foundation) show that DSM and DSM languages are becoming more and more popular and maturing.

Domain Specific Languages (DSLs), be they classified as modeling languages or not, have always played an important role in the toolbox of software developers and engineers. In



**Prof. Dr. Dominikus Herzberg** ist Professor für „Methoden des Software Engineering“ an der Hochschule Heilbronn im Studiengang Software Engineering und Mitglied des Instituts für Gesundheitsökonomie und Medizinische Informatik. Zu seinen Schwerpunkten gehören Entwicklungsmethodiken, Softwarearchitekturen und Beherrschung komplexer Systeme. herzberg@hs-heilbronn.de



**Dipl.Ing.(FH) Tim Reichert** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Studiengang Software Engineering und Doktorand an der Northumbria University in Newcastle, England. Er ist Absolvent des Studiengangs Software Engineering. Seine Forschungsinteressen liegen in den Bereichen Computersprachen und Paralleles Rechnen. reichert@hs-heilbronn.de



**Dr. Nick Rossiter** ist Director of Postgraduate Research Studies an der School of Computing, Engineering & Information Sciences, Northumbria University, England. Seine Forschungsschwerpunkte liegen in den Gebieten der Datenbanken und Kategorientheorie. nick.rossiter@unn.ac.uk

programming, some DSLs are or are almost de facto standards available in many programming languages. Take, for example, SQL (Structured Query Language) and Regular Expressions. Both languages cover highly specialized domains: SQL is for data manipulation, retrieval and creation in relational database systems, Regular Expressions are for text pattern matching. Such DSLs are often either accessible via libraries or are directly embedded in a host language. Perl and Tcl, for instance, have the syntax for Regular Expressions built into their language. Simply speaking, in programming, general purpose and domain specific languages live a symbiotic coexistence.

In modeling, the situation is similar but has not evolved to the same level of maturity. The motivation to invent or choose a DSM language is a modeler's experienced lack of "purposefulness" of a GPM language in terms of preciseness and expressiveness. A DSM language serves the purpose to have a precise (or at least a better) means of communication about models within

<sup>1</sup><http://www.metacase.com>

<sup>2</sup><http://www.eclipse.org/modeling>

a specialized field or domain with its own conceptions and relationships. Using a GPM language would be of no benefit, since it would neither support the notation nor the language semantics required to call for a valid and meaningful model. A DSM language incorporates domain and methodological knowledge about a subject or field, whereas a GPM language does not [12]. Examples of DSM languages are ERD (Entity Relationship Diagrams) [7] for conceptual data modeling, ROOM (Real-Time Object-Oriented Modeling) [23] for architecture and real-time systems modeling and AMLn for modeling telecommunication systems [15].

Like in programming, a GPM language can host a DSM language – and vice versa. Because of the level of abstraction provided by some DSM languages, it might make sense to use a DSM language, say, for high-level architecture modeling (ROOM could be taken as an example) and embed a GPM language like the UML for class modeling within the architectural units of composition of the DSM language. Similarly, a GPM language such as the UML can be used for structural modeling embedding Petri Nets, to give one example, in form of a DSM language for behavior modeling. In short, a modeler could benefit from a symbiotic coexistence of modeling languages.

The state of affairs is that modeling language interoperability is of much practical use but not common practice, mostly due to a lack of research and tool support. This comes to some surprise, because the UML is designed with a lot of foresight in this respect. The designers of the UML structured the language into several layers of design, each upper layer being a sort of tool set for the lower layer directly underneath. This design constitutes a  $n$  layered meta-model architecture, with  $n = 4$  in the case of UML. Language extensions, so called profiles, can be plugged into the language at defined points in the meta-architecture of the UML, thereby providing maximum flexibility for language integration. For that purpose, the OMG has even created a framework for meta-data management, the Meta Object Facility (MOF) [17].

In our research, we strive for modeling language interoperability, which includes language integration – a goal of much practical value. We want to achieve two main goals: First, we would like to create an infrastructure, wherein a modeling language designer can define modeling languages and their interoperation. We aim for a formally sound approach based on a meta-layer architecture and will use Category Theory for that. Consequently, we do not rely on concrete frameworks like MOF. Second, with the help of such an infrastructure, we want to improve a modeler's capabilities to reuse existing languages for certain challenges providing a seamless way of interoperation of syntax and semantics of concrete modeling languages. As an example, such features are required for a sound realization of OMG's vision of Model Driven Architecture (MDA) [16]. We see these features as a crucial prerequisite for the model and meta-model transformations as sketched in [16]. The novelty of our approach lies in the strict and systematic use of meta-modeling for language interoperability.

In our current state of the project, we learned that the meta-model architecture is broadly misunderstood. This misunderstanding hinders formal considerations and tool implementations. It is partly also responsible for the lack of automated tool support for UML extensions. So, first, we want to get this part right in this paper, which we value as our main contribution. Subsequently, in section 2, we will introduce the common understanding and presentation of the meta-level architecture. After that, in section 3, we will present a more detailed and more complete view on an informal level. In section 4, we will complement our discussion by a formal view in categorical terms. Section 5 discusses related research. Finally, section 6 provides our conclusions and an outlook on further research issues.

## 2. Common Presentations of the Meta-Level Architecture

As if it were a confirmation of the emerging trend to take care of the design of modeling languages, some new textbooks are around, which discuss the overall architecture of the UML. Quite often, these books present the meta-level architecture (also called meta-model or meta-data architecture) more or less detailed in the spirit of Figure 1a); as an example, take the UML book by Chris Rupp et al. [22]. There are four layers, usually labeled M0 to M3 from bottom to top, each lower layer being an instance of its direct upper layer. Figure 1a) is also the viewpoint of the current and previous versions of the UML standard, see e.g. chap. 7.10 in [18].

In 1999, one of the authors (Herzberg) had seen another depiction of the meta-level architecture, see Figure 1b) [13], which left him in irritation: Why is there an "instanceOf"-arrow pointing from M0 to M2? There was no reason to identify, why this "extra" arrow was needed.

Today, some years later, it is clear, why Figure 1a) is incomplete. The additional arrow in Figure 1b) is not superfluous. On the opposite, it is needed to get the meta-level architecture right.

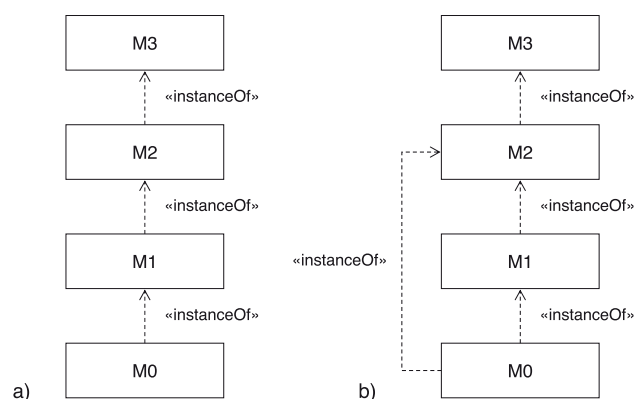


Figure 1: Two competing presentations of the 4-level meta-data architecture

### 3. An Informal View on the 4-Level Meta-Architecture

Let us have a closer look at the architecture of meta-levels on an informal level first. We will start at the top left, see Figure 2. To make the discussion concrete, we refer to conceptions as you know them from modeling with classes and objects. The abbreviation CD stands for Class Diagram. A class diagram consists of classes, associations, inheritance and so on. These conceptions, the conceptions you are allowed to use for a CD are defined by CM, the Class Model, as we call it. The CM is a specification of conceptions, of which a concrete CD is an instance of. That's why there is an arrow labeled with "instanceOf" between CD and CM. The Class Meta-Model (CMM) specifies the language constructs available for use on CM. In other words, the CM is one concrete specification of a modeling language, whose specification concepts are defined by CMM. In that sense, CM is an instance of CMM. All this is pretty straight forward and not in conflict with the common understanding of meta-level architectures.

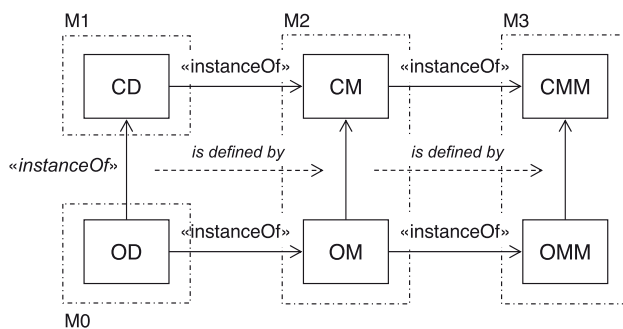


Figure 2: A detailed, but informal view on the meta-level architecture

However, and this is often overlooked, the same argumentation holds on the row below. An Object Diagram (OD) consists of objects, values, references etc. These conceptions are defined by the Object Model (OM). The Object Meta-Model (OMM) specifies the language constructs available for use on OM. Again, this is pretty straight and clear. Now comes the interesting part.

Of course, the world of classes and the world of objects are somehow interconnected. This interconnection is defined through a relationship between the Class Model (CM) and the Object Model (OM). This relationship determines how OD and CD are related. Objects are instances of classes, meaning that a certain class is the input to a factory, which "produces" an object, whose type property is a pointer to the class and whose values are data stores including pointers to the class attributes. That is what we call an "instanceOf" relationship. This relationship is defined by the OM/CM arrow.

The means to describe an interconnection between OM and CM is defined by the arrow between OMM and CMM. Otherwise, one could only describe self-contained models of OM and CM, but not interrelate these models, which – in turn – would prevent to specify the "instanceOf" relationship between OD and CD. As one can observe, the reasoning is absolutely "symmetric".

Now, let's do some grouping. Let us refer to OD as meta-level zero (M0) and to CD as meta-level one (M1). CM and OM together constitute meta-level two (M2), CMM and OMM constitute meta-level three (M3).

We are done and have come up with a completely coherent description of the meta-level architecture, which – in principle – could be extended by further, higher levels. As you might have noticed, Figure 1b) is a condensed form of Figure 2: The arrow pointing from M2 to M3 in Figure 1b) actually comprises two arrows. Obviously, Figure 1a) is incomplete.

One might ask, why we have not grouped OD and CD in the very same way, as we have done it for OM and CM and for OMM and CMM, respectively. Such an argument would call for a three-level meta-architecture instead of a four-level meta-architecture. However, there is a finer point in here. Of all arrows labeled with "instanceOf", there is only one arrow, whose semantics can be arbitrarily defined in the meta-level architecture: it is the arrow between OD and CD, which is in fact defined on M2. In that sense, the "instanceOf" arrow between OD and CD is of a different kind than that of all the other "instanceOf" arrows. Seen from this point of insight, even Figure 1b) is not 100% precise. It should point out the different quality of the "instanceOf" relation between M0 and M1.

By the way, could there be reasons to introduce higher levels in the meta-level architecture, like M4, M5 etc? Yes, there could. The arrow between OMM and CMM on M3 is a necessity in order to have means to define the relationship between CM and OM in M2. If you want to define the relationship between OMM and CMM yourself, you need a higher level, which provides the infrastructure to do so. The four-level meta-architecture is the smallest number of levels needed by a modeling language designer in order to have means to specify M0, M1 and their interrelationship of instantiation. In practice, higher levels are possible but rarely needed.

We have a hypothesis, why Figure 1a) is such a widely spread viewpoint on the meta-level architecture of the UML and on meta-level architectures in general. M2 also covers the execution semantics of M0 (we refer now to Figure 2) including the interplay with M1 for e.g. instantiation processes. The execution semantics are a weak point of the UML and have always been a target of criticism. We speculate that because of this weakness people have become unaware of the relation between M0 and M2. Still, it is a bit worrying that experienced language designers have overseen this flaw for many years in the UML and MOF specification. Without this complete understanding, the basis for modeling language interoperability is weak as well.

### 4. A Formal, Categorical View on the 4-Level Meta-Architecture

Category theory [14] offers many facilities for representing information systems. It has been extensively applied to problems in Computer Science [3] and Software Engineering [9]. The basic constructions of category, functor and natural transformation,



enable mappings to be represented between objects, categories and functors respectively. Cartesian categories enable products and exponentials (connectivity) to be represented, within the limits of initial and terminal objects. In commuting diagrams, different paths between the same two objects must yield the same result, enabling equations to be derived for equality for the composition of the arrows in each path.

For interoperability previous work has shown that the property of adjointness is particularly valuable for modelling situations where there is a relationship between levels but such relationship is not as simple as equivalence or isomorphism [21]. An adjoint relationship is represented by a 4-tuple  $\langle F, G, \eta, \epsilon \rangle$  where  $F, G$  are functors  $F: \mathbf{A} \rightarrow \mathbf{B}$  and  $G: \mathbf{B} \rightarrow \mathbf{A}$ ,  $\mathbf{A}$  and  $\mathbf{B}$  are categories,  $\eta$  is the unit of adjunction and  $\epsilon$  is the counit of adjunction. In an equivalence relationship,  $\eta$  is 0 and  $\epsilon$  is 1, indicating respectively that  $GF(A) = 1_A$  and  $1_B = FG(B)$ , where  $A$  is an object in  $\mathbf{A}$  and  $B$  is an object in  $\mathbf{B}$ . Thus with equivalence the application of the pair of functors to an object returns the starting object.

In a more general relationship, there may be a change in state through the application of the pair of functors. This change is represented by the following two mappings:

$$\eta : 1_A \rightarrow GF(A)$$

$$\epsilon : FG(B) \rightarrow 1_B$$

If two functors, say  $F$  and  $G$ , are adjoint, they are written as  $F \dashv G$ . In such a case the application of the functors provides a unique solution for the relationship between them. Neighbouring adjoints can be composed in a natural manner. So for the functors  $F: \mathbf{A} \rightarrow \mathbf{B}$ ,  $H: \mathbf{B} \rightarrow \mathbf{C}$ ,  $G: \mathbf{B} \rightarrow \mathbf{A}$  and  $I: \mathbf{C} \rightarrow \mathbf{B}$ , we can write the 4-tuple as  $\langle HF, GI, \eta, \epsilon \rangle$  if there is adjointness  $F \dashv G$  and  $H \dashv I$ . The values for  $\eta$  and  $\epsilon$  in such a case are a composite of those for each single adjunction [21].

In previous work [21], a four-level architecture has been developed to handle interoperability. This has assumed a relatively simple structure as shown in Figure 3 with four levels of categories connected by three levels of mappings (functors) with the relationship of adjointness holding for each pair of two-way functors and every composed pair of two-way functors.

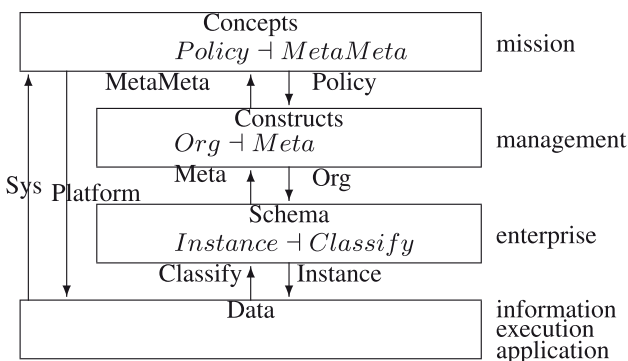


Figure 3: Interpretation of levels as natural schema in general terms

With UML the simplest categorical diagram, corresponding to Figure 1a), is shown in Figure 4a). This shows that at level M0 we have the Object Diagram (OD), at level M1 we have the Class Diagram (CD), at level M2 we have the Conceptual Model (CM) and at level M3 we have the Class Meta-Model (CMM). There is some apparent difference in the naming of the levels. OD in UML corresponds to Data in the four-levels and CD to Schema but CM does not match Constructs and CMM does not match Concepts. However, CM describes the concepts available to make an OD and on this basis seems close in purpose to Constructs, which describes the data structuring facilities available to a database designer, such as Table and Primary Key in a relational system. The content of CMM is clearly critical. If it refers to object-oriented abstractions such as inheritance, then it is similar to Concepts in the sense of Figure 3. Otherwise there is a difference here in the definition of the levels.

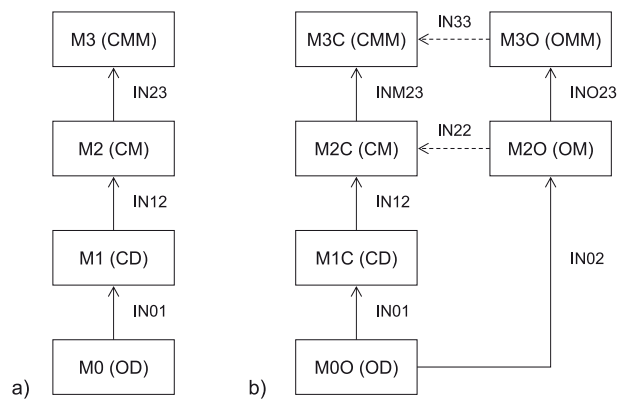


Figure 4: a) simple diagram relating OD to CMM, b) more complex diagram relating OD to CMM, with addition of OM and OMM

The functors connecting the levels in Figure 1a),  $IN01: M0 \rightarrow M1$ ,  $IN12: M1 \rightarrow M2$  and  $IN23: M2 \rightarrow M3$ , correspond to Instance of relationships in Figure 1a) and to Classify, Meta and MetaMeta respectively in Figure 3. Categorically, Figure 1a) is not very interesting, lacking the arrows Policy, Organisation and Instance where Instance refers to Instantiation, the opposite of Instance of. The absence of two-way arrows means that adjointness cannot be tested in Figure 4a), which means that it is a much less constrained structure than that envisaged in Figure 3. It is though possible to compose the functors:

$$Sys = IN23 \circ IN12 \circ IN01$$

so that  $Sys$  represents the overall mapping from the object diagram to the class meta model.

Figure 4b) is the equivalent of Figure 1b). The situation here is more complex and there is more scope for useful categorical reasoning. In particular some commuting diagrams can be constructed. The relationship  $IN22: M2O \rightarrow M2C$  between the Object Model (OM) and the Class Model (CM) can be captured by the equation:

$$IN12 \circ IN01 = IN22 \circ IN02$$

The dashed line in the diagram in Figure 4b) for  $IN22$  indicates that this arrow is not known directly, but is inferred from the commuting requirements. The relationship  $IN33 : M30 \longrightarrow M3C$  between the Object Meta Model (OMM) and the Class Meta Model (CMM) can be captured by the equation:

$$IN33 \circ IN023 = INM23 \circ IN22$$

where again the dashed line in the diagram in Figure 4b) for  $IN33$  indicates that this arrow is not known directly, but is inferred from the commuting requirements.

While the comparison of the object model with the class model in Figure 4b) does offer valuable extra insight into the interoperability potential of UML, the lack of two-way arrows (for adjointness) suggests that UML has not been designed with anything but local interoperability in mind. The object-oriented paradigm itself does have some downward arrows. For instance a constructor instantiates an object for a class in the same way as the Instance arrow in Figure 3. Imported classes (as in Java utilities) might be interpreted as constructs to be organized by the designer. At the top level, the type of object-oriented system might be declared as a Policy mapping from information system abstractions to the constructs to be made available.

## 5. Related Work

Since the late 1960s, the majority of the research on interoperability has been done in the area of databases. Of this work, especially the approaches which deal with language translation are relevant [8, 25]. In comparison to our work, these approaches are focused on database languages, where for example an object oriented general purpose language hosts a domain specific database query language, while our focus is on modeling languages. More recent research on interoperability has been done in the context of the Semantic Web [5]. Here, languages that are used for modeling ontologies have to be interoperable so that distributed knowledge described with different languages can be utilized. [24] is an example of a formal approach to ontology language interoperability based on lattice theory. Interoperability approaches based on category theory are model management [1] and the approach by Goguen [11] that is based on institutions [10]. Model management is a generic approach to schema integration that is based on generic operators for data model translation, transformation and merging, but it does not cover language interoperability in the sense that we described above. The work by Goguen is important for interoperability between logical description languages, such as F-Logic or the family of Description Logics, but less relevant for modeling languages in general. Programming Language interoperability is a concern in approaches such as the .NET framework by Microsoft, where interoperability is achieved by translating program code to an intermediate language [4]. A very similar approach has been taken for modeling languages [6], where the intermediate language is a hypergraph to which all schemas are translated in order to achieve interoperability. A closer investigation into the four-level-architecture of the UML and the connections between levels and models is given in [20], where a UML virtual machine

based on the UML's four levels is implemented. However, even this approach is in the realm of Figure 1a). A similar approach to ours is presented in [2] but without a formalized underpinning.

## 6. Conclusions and Future Research

In this paper, we brought forward the argument that the common understanding of meta-level architectures is oversimplifying, thereby hindering modeling language interoperability. We believe that modeling language interoperability between GPM and DSM languages is crucial for the further development of software engineering and key to visions like MDA. We presented a detailed and consistent view on the meta-level architecture, first informally then formally. Formal considerations gave further argument that a GPM language like the UML is prepared for internal interoperability but not for external interoperability. This insight was deduced from a generic meta-level architecture for interoperability.

Our conclusion is that modeling languages need an extended meta-level architecture similar to the Natural Schema shown in Figure 3. Otherwise, approaches like the MDA remain closed and limited to the use of UML and languages integrated into the UML infrastructure only. We think that only open approaches are future-proof and stimulate further development of DSM languages.

Currently, we are investigating a very generic approach on interoperability, which includes modeling languages, database schemas and ontologies. It looks like that a unifying approach is feasible. It would help us transfer research results on e.g. database interoperability to modeling language interoperability and vice versa.

## References

- [1] S. Alagic and P. A. Bernstein. A model theory for generic schema management. In 8th International Workshop on Databases and Programming Languages, pages 228–246, 2001.
- [2] Colin Atkinson and Thomas Kühne. Model-driven development: A meta modeling foundation. *IEEE Software*, 20(5):36–41, 2003.
- [3] Michael Barr and Charles Wells. *Category Theory for Computing Science*. CRM, 3rd edition, 1999.
- [4] Nick Benton, Andrew Kennedy, and Claudio V. Russo. Adventures in interoperability: the sml.net experience. In *PPDP '04: Proceedings of the 6th ACM SIGPLAN international conference on Principles and practice of declarative programming*, pages 215–226, 2004.
- [5] Tim Berners-Lee, James Handler, and Ora Lassila. The semantic web. *Scientific American*, 284:34–43, 2001.
- [6] M. Boyd and P. McBrien. Comparing and transforming between data models via an intermediate hypergraph data model. *Journal on Data Semantics*, 4:69–109, 2005.
- [7] Peter P. Chen. The entity-relationship model – towards a unified view of data. *ACM Transactions on Database Systems*, 1(1):9–36, 1976.

- [8] Bogdan Czejdo and Le Gruenwald. Schema and language translation. In *Management of Heterogeneous and Autonomous Database Systems*, pages 157 – 174, 1998.
- [9] José Luiz Fiadeiro. *Categories for Software Engineering*. Springer, 2004.
- [10] Joseph Goguen and Rod Burstall. Institutions: Abstract model theory for specification and programming. *Journal of the ACM*, 39:95–146, 1992.
- [11] Joseph A. Goguen. Data, schema, ontology and logic integration. *Logic Journal of the IGPL*, 13:685–715, 2005.
- [12] Dominikus Herzberg. *Modeling Telecommunication Systems: From Standards to System Architectures*. PhD thesis, Aachen University of Technology, Department of Computer Science III, 2003.
- [13] Dominikus Herzberg and Lars von Wedel. Erweiterungsmechanismen der UML. *OBJEKTSpektrum*, pages 56–59, Juli/August (4) 1999.
- [14] Saunders Mac Lane. *Categories for the Working Mathematician*. Springer, New York, 2nd edition, 1998.
- [15] Thomas G. Muth. *Functional Structures in Networks: AMLn – A Language for Model Driven Development of Telecom Systems*. Springer, 2005.
- [16] MDA Guide Version 1.0.1. Technical Report, Object Management Group (OMG), June 2003.
- [17] Meta Object Facility (MOF) Core Specification, Version 2.0. Technical Specification, Object Management Group (OMG), January 2006.
- [18] Unified Modeling Language: Infrastructure, Version 2.1. Technical Specification, Object Management Group (OMG), April 2006.
- [19] Unified Modeling Language: Superstructure, Version 2.1. Technical Specification, Object Management Group (OMG), April 2006.
- [20] Dirk Riehle, Steven Fraleigh, Dirk Bucka-Lassen, and Nosa Omorogbe. The architecture of a UML virtual machine. In *Conference on Object-Oriented Programming Systems, Languages, and Applications*, pages 327–341. ACM Press, 2001.
- [21] Nick Rossiter, Michael Heather, and David Nelson. A natural basis for interoperability. In *Proceedings of I-ESA'06, Interoperability for Enterprise Software and Applications Conference, LNCS*. Springer, 2006.
- [22] Chris Rupp, Jürgen Hahn, Stefan Queins, Mario Jeckle, and Barbara Zengler. *UML 2 glasklar: Praxiswissen für die UML-Modellierung und -Zertifizierung*. Hanser, 2nd edition, 2005.
- [23] Bran Selic, Garth Gullekson, and Paul T. Ward. *Real-Time Object-Oriented Modeling*. John Wiley & Sons, Inc., New York, 1994.
- [24] Baisheng Shi, Zongtian Liu, Yuqing Wang, HongYu, and Meili Huang. The lattice approach to ontology language interoperability. In *Computer and Information Technology, 2004. CIT '04. The Fourth International Conference on Computer and Information Technology*, pages 265–272, 14–16 Sept. 2004.
- [25] Roberto Zicari, Stefano Ceri, and LetzitaTanca. Interoperability between a rule-based database language and an object-oriented database language. In *First International Workshop in Multidatabase Systems*, pages 125–134, April 1991.

## Wie viele Customer Empowerment / Energy verträgt Ihr Marketing?

Prof. Dr. Sonja Salmen, Dr. Schober-Schmutz, Robert Huber

Die digitale Revolution hat eine zeitnahe, transparente sowie fast kostenlose Informationsausstattung der Kunden zum „fast“ Null-Tarif möglich gemacht. Im Zeitalter des Web 2.0 wird durch kostenlose „Live Software“ privaten Personen die Möglichkeit geschaffen in Echtzeit zu reagieren sowie von dem Wissen anderer zeitnah zu partizipieren. Scheinbar ganz nebenbei ermöglicht dieser „Netzwerk-Effekt“ eine kostenlose Wissenspotenzierung für alle. Tim O'Reilly sieht als ein weitere wichtige Stellgröße des Web 2.0, dass „...schöpfen aus der kollektiven Intelligenz der Masse“, die in Datenbanken einfließen und durch freiwillige und kostenlose Nutzerbeteiligung wachsen und gedeihen. Diese kollektive Intelligenz lässt sich durch „Live Software“ sowohl zur Optimierung der Unternehmensgewinne sowie Konsumentenrendite im Sinne einer Win-Win Beziehung einsetzen. Der Nutzer wird als „Prosument“ aktiver Bestandteil der digitalen Wertschöpfungskette. Diese agierenden Mitmach-Kunden gestalten im Idealfall mit Hilfe von Web 2.0 Techniken kostengünstige kaum adaptierbare Differenzierungsmerkmale im Sinne eines Unique Selling Proposition sowie Unique Communication Proposition in der digitalen Wirtschaft. Das Web 2.0 stellt ein riskantes Marketingpotenzial mit enormen Chancen aber auch Risiken für Marketer im 21. Jahrhundert dar. Schlagworte wie „Customer Empowerment“ im überspitztem Sinne formuliert als „Alle Macht den Kunden!“ sowie „Customer Energy“ in Sinne der Nutzung der Energie des Kunden im Rahmen des Wertschöpfungsprozesses stehen heute für nur noch begrenzt lenkbare und damit auch nur noch bedingt kalkulierbare Interessenten- sowie Kundenaktivitäten im WWW.

Unter „Customer energized“ wird eine gesteuerte Kommunikation der Kunden mit dem Unternehmen ebenso wie zwischen den Kunden durch Einsatz von Web 2.0 Techniken verstanden. Intention der zielgerichteten Nutzung von „Customer energized“ ist, das bewusste zulassen der aktiven Mitgestaltung des Firmenimage, der digitalen Bekanntheit sowie Kundenbindung durch Interessenten und Kunden. Der Reifegrad im Hinblick auf die aktive Stimulierung der „Customer Energy“ für Marketingaktivitäten wird als „Web 2.0 Readiness“ bezeichnet. Konzentriert sich das Unternehmen bei der Stimulierung der Customer Energy ausschließlich auf Aktivitäten im Hinblick auf den eigenen Internetauftritt handelt es sich um „On-site Customer energized“. Wird hingegen der Schwerpunkt der Stimulierung in Aktivitäten im Web 2.0 gesehen, handelt es sich um „Off- Site customer energized“. Unternehmen die Ihren Interessenten und Kunden auf Ihrer Website kein Partizipationsmöglichkeiten anbieten und auch im Web 2.0 mit kompletter Ignoranz glänzen, scheinen die Folgen des Customer Empowerment zu fürchten und werden daher als „Customer frightened“ bezeichnet.



**Professor Dr. Sonja Salmen** lehrt seit 2003 im Studiengang Electronic Business an der Hochschule Heilbronn Betriebswirtschaftslehre, Online Marketing, Relationship Management und Strategisches Management. Forschungsschwerpunkte: Eletronic Relationship Management, Online Marketing, Social Commerce, Virtual Commerce, Customer Empowerment im Web 2.0  
Seit 2007 ist Sie Direktorin am Institut für Electronic Business an der Hochschule Heilbronn sowie als Geschäftsführerin des Steinbeis Beratungszentrums für Electronic Business tätig.



**Dr. Brigitte Schober-Schmutz** ist seit 2005 Lehrbeauftragte im Studiengang Electronic Business für Statistik und Data Mining, sowie Statistik-Coaching der E-Business-Studenten in Praxisprojekten. Forschungsprojekte und Beratung im Auftrag öffentlicher und privater Träger im Marketing, Vertrieb, Messegestaltung und Management.



**Robert Huber** ist Vorstandsvorsitzender der DOWNTOWN New Media AG. Bei der Münchener Online-Marketing-Beratung ist Huber für die Ressorts Business Development, Sales und Human Ressource verantwortlich. Zuvor war der Wirtschaftswissenschaftler und Fachkaufmann für Marketing in verschiedenen Führungspositionen für die Direkt Anlage Bank und die DaimlerChrysler Bank tätig.

Vor diesem Hintergrund wurde Im Auftrag der DOWNTOWN NEW MEDIA AG AG mit Unterstützung der der marketing-BÖRSE GmbH die empirische Studie „Customer Empowerment im Zeitalter des Web 2.0“ im Studiengang Electronic Business an der Hochschule Heilbronn unter wissenschaftlicher Leitung von Prof. Dr. Sonja Salmen und Dr. Brigitte Schober-Schmutz im Zeitraum von Oktober 2007 bis Februar 2008 durchgeführt.

Die Studie analysiert Internetauftritte und Expertenmeinungen von Banken, Versicherungen, Handelsunternehmen und der Auto-mobilindustrie im deutsch-sprachigen WWW hinsichtlich ihres „Web 2.0 Readiness“. Die Studie unterteilt sich in folgende drei Forschungsbereiche:

- Projektphase 1: Desktop Research
- Projektphase 2: Stimmungsbarometer
- Projektphase 3: Expertenbefragung



### Projektphase 1: Web 2.0 Aktivitäten sowie Web 2.0 Grad des Internetauftritts

Die Projektphase 1 umfasst die Analyse und statistische Auswertung von Web 2.0 relevanten Merkmalen der Internetauftritte („On-Site“) führender deutscher Unternehmen sowie deren „Off Site“ – Aktivitäten im Bereich Web 2.0. Zu untersuchen waren fünf Branchen à vier Unternehmen, anhand eines, in Zusammenarbeit mit der Downtown New Media AG erstellten, Kriterienkataloges mit insgesamt 112 Kriterien, die wiederum zu folgenden Faktoren zusammengefasst wurden:

Web2.0 Grad eines Internetauftritts (On-Site)	Web2.0 Aktivitäten (Off-Site)
■ Nutzerfaktoren	■ Social Software
■ Technologiefaktoren	■ Virales Marketing
■ Gestaltungsfaktoren	■ Blogs und Foren
■ Wirtschaftsfaktoren	■ Wikipedia

**Table 1:** Inhalte des Kriterienkatalogs für den Desktop Research.<sup>1</sup>

Die folgenden Unternehmen wurden in der ersten Projektphase analysiert, gerankt und ausgewertet:

Unternehmen	Branche
Cortal Consors S.A.	Direktbanken
DAB bank AG	
ING-DiBa AG	
DaimlerChrysler Bank AG	
Deutsche Bank AG	Retailbanken
HypoVereinsbank (UniCredit Group)	
Dresdner Bank AG	
Deutsche Postbank AG	
BMW AG	Fahrzeughersteller
Mercedes Benz AG	
Volkswagen AG	
Porsche AG	
neckermann.de GmbH	Versandhandel
Otto GmbH & Co KG	
Hess Natur-Textilien GmbH	
Westfalia Werkzeugco. GmbH & Co. KG	
Plus Online GmbH	Klassischer Multichannel-Vertriebs-Handel
SSI Schäfer Shop GmbH	
Der Club	
Globetrotter Ausrüstung Denart & Lechhart GmbH	

**Table 2:** Übersicht der evaluierten Unternehmen

<sup>1</sup> Bemerkung: Die Ausführungen mit allen 112 Kriterien sind in der Studie Salmen, Schober-Schmutz, Haber [Hrsg.] Customer Empowerment im Zeitalter des Web 2.0 – Wie viel digitale Kundennähe verträgt Ihr Marketing? Steinbeis Verlag, Stuttgart veröffentlicht.

Zuerst wurden alle On-site und Off-site Web 2.0 Aktivitäten insgesamt zu einem Web 2.0 Gesamtscore zusammengefasst und gegen den Web 2.0 Score der Homepage abgebildet. Es entstand das in Abbildung 1 dargestellte Positionierungsmodell.

Generell ist die Positionierung der jeweiligen Unternehmen weit gestreut und liegt im Durchschnitt bei einem Web 2.0 Aktivitäten-Score von 35 Punkten und einem Internetseiten-Score von 35 Punkten. Diese Durchschnitte wurden zur Klassifizierung der untersuchten Firmen in einem 4-Quadranten Modell der Web 2.0-Readiness herangezogen.

Das Positionierungsmodell des Overall-Web 2.0-Scores zeigt die Positionierung der Unternehmen im Fadenkreuz Ihrer eigenen Homepage und der Ausschöpfung der unternehmerischen Möglichkeiten im gesamten Web 2.0. Cortal Consors und BMW sind in unserer untersuchten Gruppe mit Abstand die beiden aktivsten Unternehmen im Web 2.0. Wir nennen sie „Customer energized“, weil sie sich offensichtlich um die nicht gesteuerte Kommunikation der Kunden mit dem Unternehmen ebenso wie zwischen den Kunden in communities kümmern und ihr Marketing entsprechend ausrichten. Sie nutzen die Energie der Kunden. Hierbei hat Cortal consors sowohl off-site als auch on-site die meisten Punkte gesammelt. BMW hingegen hat zwar die eigene Homepage in bezug auf das Web 2.0 noch nicht auf Höchststand, dafür aber sind die Autobauer aus Bayern enorm am Puls des off-Site Web 2.0, wodurch sie alles was man früher als Mund-zu-Mund-Propaganda gewertet hat, besser als jedes andere unserer untersuchten Unternehmen scannt, beobachtet und in die Arbeit einbindet.

Mercedes hat interessanterweise auf der eigenen Homepage unter-durchschnittliche Web 2.0 Techniken eingesetzt. Ist aber im informellen off-site-Bereich des Web 2.0 überdurchschnittlich aktiv. Die ungeschützte Kundenmeinung interessiert das Unternehmen. Vielleicht auch, weil die zukünftigen Kunden, die heutige junge Generation das Web 2.0 überdurchschnittlich stark nutzen. Die derzeitigen Kunden, die eher der älteren Generation angehören sind weniger internetaffin, so dass deren Energie eventuell auf klassischen Wegen wie z.B. Kundenveranstaltungen effizienter eingeholt wird. Unternehmen mit diesem Aktivitätsgrad werden als „off-Site Customer energized“ eingestuft. Unternehmen die der Gruppe „Customer frightened“ angehören, bieten sowohl auf ihrer Homepage als auch im Web 2.0 dem Kunden keine Möglichkeit sich aktiv am Unternehmensgeschehen mitzuwirken. Vermutlich wird von Vielen das Zulassen von Customer Engery als noch bedrohlich empfunden, weil eine imagemindernde Meinungsbildung in den Communities in der Regel mit einer Eigendynamik ausgestattet ist und sofort im Unternehmen das Krisenmanagement aktiviert. Die PR-Forschung hat im Bereich der „viralen Spielregeln“ im Web 2.0 noch hohen Forschungsbedarf.

Die Zurückhaltung einzelner Unternehmen kann grundsätzlich auf signifikantem Niveau mit dem wirtschaftlichen Nutzen, den das Unternehmen aus dem Web 2.0 generieren, erklärt werden. Die Größe der Unternehmen oder der Produktparten an sich hat

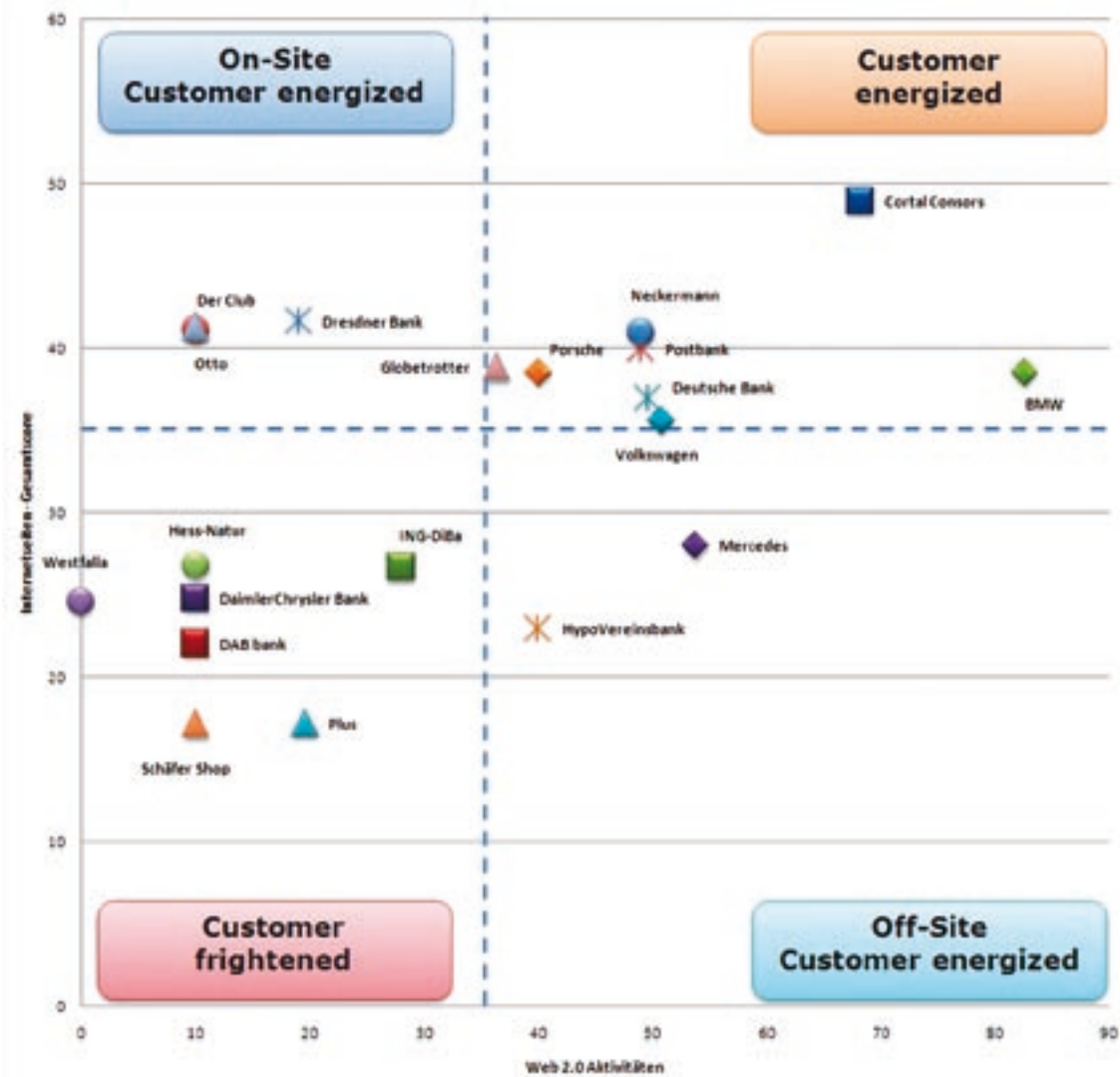


Abbildung 1: Positionierungsmodell der Web 2.0 Readiness der Unternehmen

keinen Einfluss auf die Unterschiede. So finden wir zum Beispiel in allen 4 Quadranten Banken. Es gibt einen Spitzenreiter (Deutsche Bank, Postbank), ein Mittelfeld (Dresdner Bank und Hypovereinsbank) und eine nicht oder wenig im Web 2.0 und Internet aktive Gruppe (DAB Bank, Daimler Chrysler Bank und Ing DIBA).

Wir finden im Desktop Reserach in Bezug auf die Anwendungen das viralen Marketing jedoch wie erwartet eine Zweiteilung der Stichprobe. Wir haben die Anwender (BMW, Mercedes, Porsche, Deutsche Bank, Cortal Consors, Postbank, Neckermann, Volkswagen und Hypovereinsbank) und die Nichtanwender (Der Club, Plus, Dresdner Bank, Otto, Hess-Natur, Daimler Chrysler Bank, DAB Bank, Schäfer Shop, Globetrotter und Westfalia). Auf gutem Weg ins virale Web 2.0 ist die ING Diba, was uns zeigt, dass die subjektiv wahrgenommenen Risiken der ungesteuerten Kommunikation, und damit das Vertrauen in das Krisen-PR- Management des eigenen Unternehmens, hier wirklich ausschlaggebend für die Anwendungen der Web 2.0 Techniken sind. Konsequenterweise wurden diese subjektiven Meinungen der verantwortlichen Marketer der untersuchten Unternehmen sowie die von Marketingprofis im Allgemeinen analysiert.

**Projektphase 2: Stimmungsbarometer**

In Projektphase 2 wurde im Rahmen des Newsletters der marketing-BÖRSE ein Kurzfragebogen als Stimmungsbarometer in Bezug auf das Web 2.0 lanciert. 5.000 Spezialanbieter von Marketing-Dienstleistungen bekamen eine Aufforderung zur Einschätzung der Möglichkeit der Steigerung der digitalen Kundenbindung mit Hilfe von Web 2.0 Techniken. 15% Der Befragten arbeiten in Betrieben mit 500 und mehr Mitarbeitern, 49% der vertretenen Unternehmen haben 10 und weniger Mitarbeiter, zwischen 11 und 500 Mitarbeiter haben 36%. 49% der befragten Grundgesamtheit sind Anwender von Marketinginstrumenten 51 % sind Berater und Anbieter von diesen Dienstleistungen. Insofern kann man von einer fachkompetenten, und interessierten Zielgruppe ausgehen, die überwiegend im Alter von 29-49 Jahren auch praktische Erfahrung im Forschungsgegenstand aufweist. Nachfolgende Fragestellung

**„Welche Techniken halten Sie zur Verbesserung der Kundenbindung für effizient, welche für eher kritisch?“**

## Web 2.0 Techniken hinsichtlich ihrer Kundenbindung

Abbildung 2: Ranking der Web2.0 Techniken



An erster Stelle steht die Technik, welche den größten Nutzen liefert, um die digitale Kundenbindung zu verbessern. An letzter Stelle stehen die Techniken, welche, laut der Meinungen der Befragten, keine Verbesserung der digitalen Kundenbindung hervorrufen. Online Produktschulungen, Audio- und Videoinhalte sowie Bewertungs- und Kommentierungsfunktionen wurden von den Befragten als äußerst effektiv bewertet. Da hier das persönliche Involvement des Kunden als überdurchschnittlich eingestuft werden kann, wird deren Wirkung auf die Kundenbindung als sehr hoch bewertet. Das Mittelfeld umfasst Techniken wie RSS-Feeds und Foren, welchen ebenfalls eine eher positiven Effekt auf die digitale Kundenbindung haben. Dies begründet sich vermutlich auf die etwas geringere Involvement des Kunden, da zum Beispiel nach der Abunierung eines RSS-Feeds eine eher passive konsumierende Haltung eingenommen wird. Hingegen werden Fanblogs und Tagging als eher kritische Techniken angesehen, um die digitale Kundenbindung zu steigern. Diese Einstufungen waren unabhängig von Alter und Geschlecht der Befragten.

### Projektphase 3: Expertenbefragung

In der Projektphase 3 wurden die Marketingverantwortlichen der in Projektphase 1 evaluierten Unternehmen nach ihrer persönlichen Einschätzung der Web 2.0. Relevanz für Ihr Unternehmen befragt. Anbei ein Auszug der 12 Fragen für die Online-Expertenbefragung:

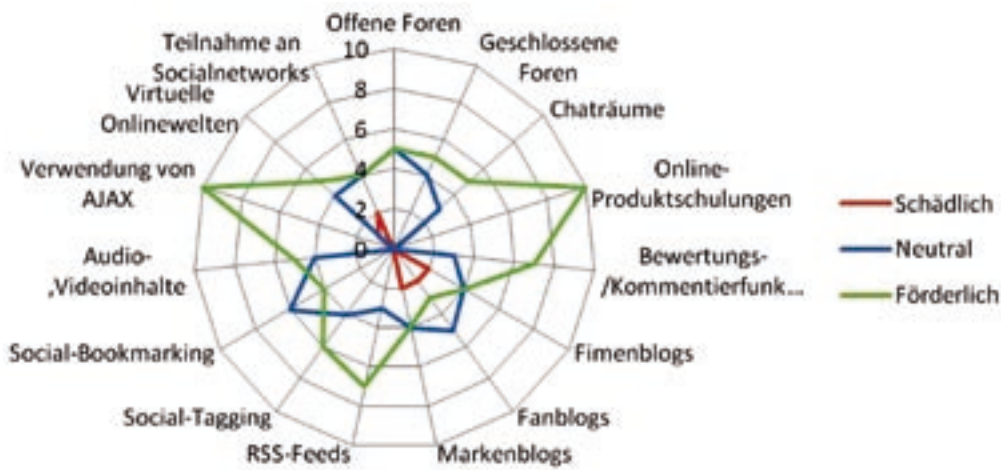
#### Wie schätzen Sie die Wirkung der folgenden Web 2.0 Techniken auf die digitale Kundenbindung ein?

Auch die Experten aus den untersuchten Unternehmen bewerten die Online Produktschulungen, Bewertungsfunktionen und RSS Feeds in Bezug auf die Kundenbindung äußerst förderlich, da

- 01.) Was erwarten Sie sich durch den Einsatz von Web 2.0 Techniken für Ihr Marketing?
- 04.) Wie schätzen Sie die Wirkung der folgenden Web 2.0 Techniken auf den Bekanntheitsgrad Ihres Unternehmens im WWW ein?
- 06.) Denken Sie, dass durch die Verwendung von Web2.0 Techniken die „Customer Energy“ aktivieren lässt?
- 08.) Haben Sie in der Vergangenheit virale Kampagnen durchgeführt und unter anderem User-Generated-Content-Portale für den Kampagnenstart genutzt?

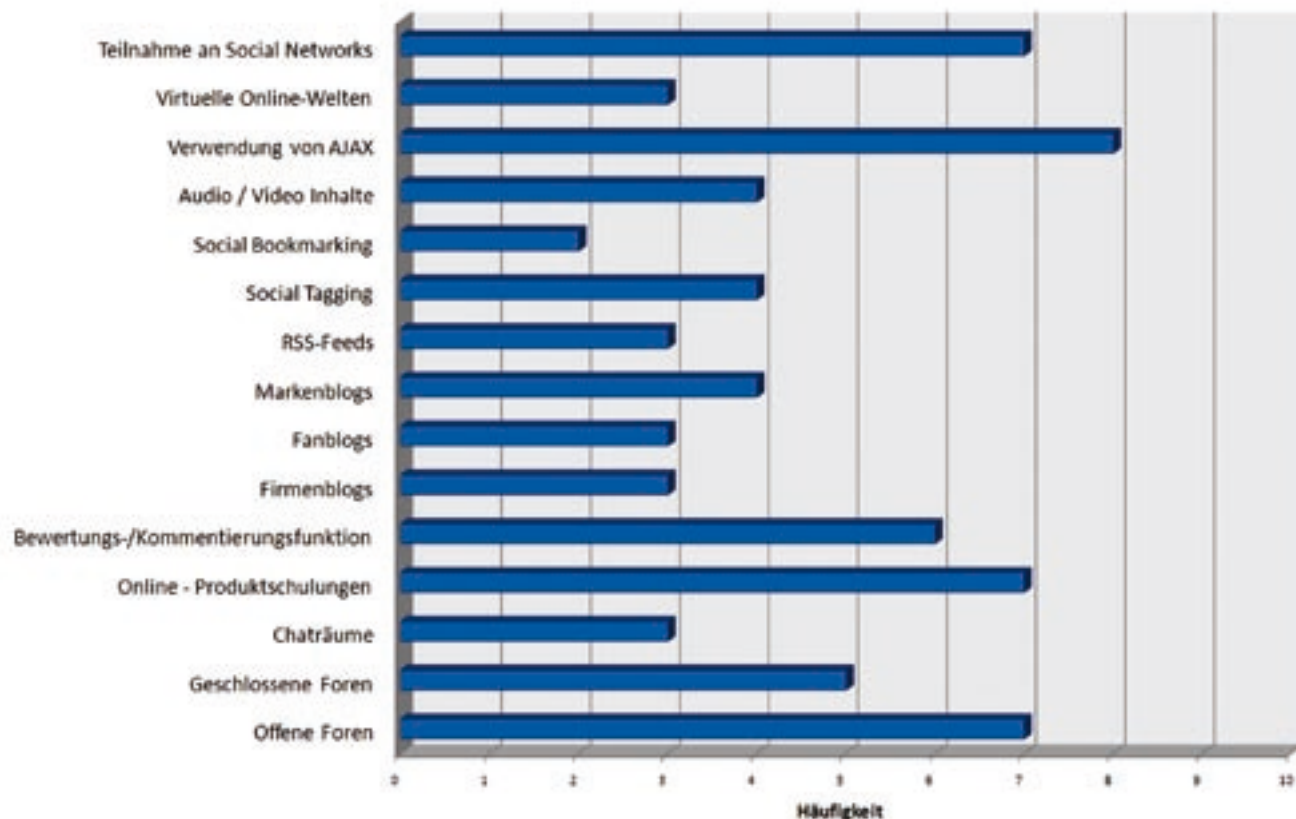
Nutzer hier aktiv Inhalte fordern, was wesentlich zur Kundenbindung beiträgt. AJAX Funktionen hingegen repräsentieren mittlerweile einen Quasi-Standard und sind nur schwer von Webseiten wegzudenken. Eine eher kritische Einstufung teilweise sogar schädliche Wirkung auf die Kundenbindung bekommen hier nicht nur die Fanblogs, sondern auch die Firmen- und Markenblogs. Diese negative Einschätzung der Marketer lässt sich u. a. auf die nur eingeschränkte „Berechenbarkeit“ der publizierten Inhalte sowie Interpretationen von Markenbotschaften durch die Fangemeinde erklären.

Aus Unternehmenssicht empfiehlt es sich, zeitnah eine auf nachvollziehbaren Tatsachen beruhende Gegendarstellung in den jeweils führenden relevanten Themenblogs unter Angabe des Unternehmens und der Person zu publizieren. Abzuraten ist von einer direkten Konfrontation sowie Unterlassungsklagen gegenüber dem Diffamierer, da dieser durch vermehrten Widerspruch sicherlich noch aggressiver reagieren wird und noch mehr Awareness auf sich zieht. Zielsetzung eines Kri-



**Abbildung 3:** Web 2.0 Techniken und deren Auswirkung auf digitale Kundenbindung

**Welche der folgenden Web 2.0 Techniken ermöglichen ihrer Meinung nach die kommerzielle Nutzung des "Customer Empowerment" ?**



**Abbildung 4:** Web 2.0 Techniken, die Nutzung von „Customer Empowerment“ ermöglichen

senmanagements sollte daher sein, weitere zentrale digitale Meinungsbildner zu verifizieren und diese für sich positiv einzunehmen. Diese könnte zum Beispiel durch Anerkennung der fachlichen Wertschätzung des Meinungsbildners z.B. durch eine Einladung zu einer Jahrestagung, Vorstandssitzung, einer Firmenfeier sowie Unternehmensmesse erfolgen. Auf gar keinen Fall empfiehlt es sich Meinungsbildner im Web 2.0 durch finanzielle Zuwendungen positiv stimmen zu wollen. AJAX, Online-Produktschulungen, offene Foren und die Teilnahme an Social Networks ermöglichen am besten die Nutzung des „Customer Empowerment“.

Hier sei darauf hingewiesen, dass ein Kunde die Ausdehnung seines Aufgabenspektrums durch Einsatz von Web 2.0 Techniken nur dann positiv wahrnimmt, wenn er sich fähig bzw. kompetent fühlt, mit diesen neuen Bedingungen auch umgehen zu können. Daher ist ein strukturiertes Vorgehen in Form einer „vorab“ Customer Education z.B. im Rahmen von Online-Produktschulungen eine zentrale Stellgröße für den Erfolg bei der Verlagerung von Tätigkeiten auf den Kunden.



**Denken Sie, dass durch die Verwendung von Web 2.0 Techniken die „Customer Energy“ aktivieren lässt?**

Die Aktivierung der „Customer Energy“ durch Web 2.0 Techniken führt maßgeblich zu einer höheren digitalen Kundenbindung. Auch wirken sich diese positiv auf das Unternehmensimage aus. Kritisch anzumerken ist hier, dass spezielle Kundengruppen einen nur geringen Handlungsspielraum anstreben können, sei es aufgrund mangelnden Interesses oder kognitiver Überforderung. Dementsprechend wichtig ist es für Unternehmen, sich permanent Feedback von den Kunden einzuholen, welche Informationen sie benötigen, welches Level an Kontrolle sie wünschen und welche Art von Entscheidungen sowie Tätigkeiten sie ausführen möchten. Daher kann in bestimmten Fällen bzw. für bestimmte Kundengruppen beispielsweise „Silver Surfer“ ein Customer Depowerment im Gegensatz zum „Customer Empowerment“ die durchaus sinnvollere Strategie sein.

In der Praxis stellt sich nun die Frage welche Techniken sich für die Erhöhung der Kundenbindung im Web 2.0 in welcher Reihenfolge besonders empfehlen?

Zu allererst gilt es die aktuellen Aktivitäten und Ziele des Kunden in einem initialen Audit zu screenen, zu bewerten und zu ranken. Die Erkenntnisse aus dem Audit verhelfen anschließend zu einer Erstellung einer detaillierten „RoadMap“, aus der hervorgeht, ob der Kunde zum Beispiel zuerst Bewertung- und Kommentierungsfunktionen, Firmen/Markenblogs oder Audio und Videoinhalte zur Verfügung stellen sollte. Allgemein lässt sich an der Stelle nur sagen, dass der Einsatz der Techniken immer in Abhängigkeit der jeweiligen Branchen steht. So ist beispielsweise für einen Automobilhersteller ein Vorgehen mit Einsatz von Audio/Videoinhalten, gefolgt von Foren bzw. Firmen und Markenblogs im Sinne von Kundenbindung über Schaffung eines hohen emotionalen Produktbezugs und des Kunden-Empowerment über die Einrichtung einer „öffentlichen Plattform“ ein sinnvolles Vorgehen.

Um allerdings ein sinnvolles Vorgehen zu definieren, empfiehlt sich auf jeden Fall erst ein „Quick Check“ seiner aktuellen Online-Marketingaktivitäten über beispielweise Beratungstools wie auf der Werbsite des Steinbeis Beratungszentrums Electronic Business [www.sbz-eb.de](http://www.sbz-eb.de) kostenfrei durchführen zu lassen.

**Ausblick**

Der Kunde des 21. Jahrhunderts will nicht unnötige Energie und wertvolle Lebenszeit für die Suche nach dem passenden Objekt auf verschiedenen Plattformen verschwenden, sonder direkt ein auf seine aktuellen persönlichen Anforderungen zugeschnittenes Angebot vorfinden. Daher wird es zukünftig zunehmen wichtiger, über innovative Requestsysteme zur Erfassung der Nachfrage zu verfügen und damit einen Pulsschlag näher am Kunden zu sein. Wie aus der Studie hervorgeht, stehen einige deutschen Unternehmen dem Web 2.0 –Trend bereits aufgeschlossen gegenüber und sind schon mehr oder weniger erfolgreich ihn dabei für Ihre Marketingaktivitäten zu nutzen.

Es ist erfreulich zu sehen, dass sich Customer Empowerment ebenfalls eindeutig durch den Einsatz von Social Networks, Ajax, Online-Produktschulung und offene Foren kommerziell nutzen lässt. Weiter sieht man, dass Unternehmen ihre Artikel bei Wikipedia schon heute meistens durch die Marketing- oder PR-Abteilung pflegen lassen, weil man die Bedeutung des Wissensmanagement für ein Unternehmen erkannt hat.

Für die Zukunft lässt sich folgendes prognostizieren: Im technischen Bereich werden neue Interaktionsmodelle auf Basis neuer Geräteklassen entstehen. Auch die Verschmelzung von mobiler und stationärer Nutzung des Internets wird ein wichtiger Faktor des Web 3.0 sein. Darüber hinaus ist eine Weiterentwicklung in Richtung Semantisches Web zu erwarten. Dem Kunden wird weiterhin mehr Macht zugesprochen und er wird stärker an der Wertschöpfungskette beteiligt werden. Schließlich wird die

**Denken sie, dass sich durch die Verwendung von Web 2.0 Techniken die "Customer Energy" aktivieren lässt?**

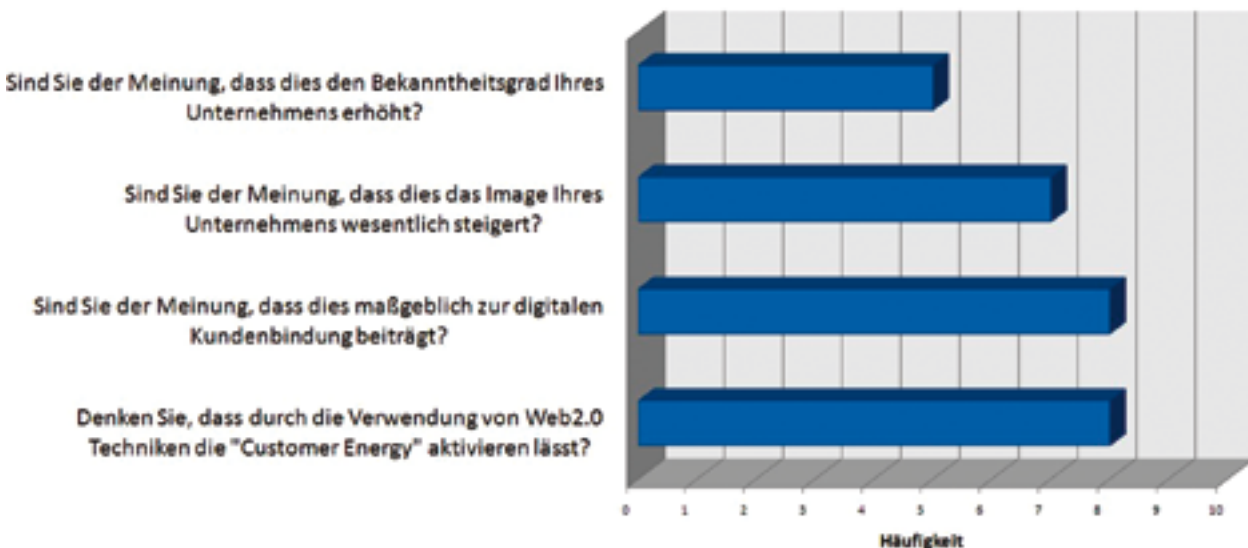


Abbildung 5: Aktivierung von „Customer Energy“ durch Web2.0 Techniken

Involvierung des Kunden in den Kaufprozess durch seinen intelligenten Softwareagenten reduziert und vereinfacht. Allerdings wird die Performance der untersuchten Unternehmen gemessen an den Möglichkeiten und brachliegenden Potenzialen aus Sicht der Autoren als nicht zufriedenstellend eingeschätzt. Es gilt sich klar vor Augen zu halten, dass sich die Weiterentwicklung des digitalen Umfeldes in den letzten beiden Dekaden exponential vollzogen hat. Auf Basis dieser Erkenntnis nehmen heute schon viele junge, innovative Unternehmen, die Herausforderungen des „neuen Internets“ an und setzen diese bereits hervorragend um, wie zum Beispiel die Firma sharwise.com.

**Literatur:**

Salmen, Sonja; Schober-Schmutz, Brigitte; Huber, Robert (2008): Customer Empowerment im Zeitalter des Web 2.0: Wieviel digitale Kundennähe verträgt Ihr Marketing?

**Testen Sie kostenlos den Ausschöpfungsgrad Ihrer Marketingpotenziale im Web 2.0!**

Unter dem nachstehenden Link können Sie sich schnell und kostenlos einen Überblick zu den von Ihnen bereits genutzten Marketingpotenziale des Web 2.0 verschaffen.

[www.sbz-eb.de](http://www.sbz-eb.de)

Die gesamten Ergebnisse der Studie „Customer Empowerment im Zeitalter des Web 2.0 – Wieviel digitale Kundennähe traut sich ihr Marketing?“ können Sie als eBook unter Printaussagegabe im Steinbeis Verlag Stuttgart beziehen.

Herausgeber:  
 Prof. Dr. Sonja Salmen, Dr. Schober-Schmutz, Robert Huber  
**„Customer Empowerment im Zeitalter des Web 2.0 –  
 Wie viel digitale Kundennähe verträgt Ihr Marketing?“**  
 ISBN: 978-3-938062-66-1  
 Verlag: Steinbeis Verlag, Stuttgart



## Hefen auf der Spur

### Molekularbiologische Methoden zur Diagnose von Weinhefen

Armin R. Gemmrich und Martin Seidel

Hochschule Heilbronn, Phytotechnologisches Labor  
gemmrich@hs-heilbronn.de

Dem französischen Mikrobiologen Louis Pasteur (1822–1895) gelang 1857 der erste Beweis, dass bei der alkoholischen Gärung Mikroorganismen insbesondere Hefen notwendig sind. Die Hefe *Saccharomyces cerevisiae* wurde aber erst 1888 von Emil Christian Hansen aus gärendem Bier isoliert. Lange Zeit war das Mikroskop das einzige Mittel um die winzigen Mikroorganismen zu identifizieren, handelt es sich doch um Größenbereiche zwischen 0,2 µm bei Bakterien und bis zu 3 µm bei Hefen. Die mikroskopische Unterscheidung der einzelnen Hefearten ist allerdings nur dem Spezialisten möglich. Deshalb werden bis heute die von dem niederländischen Mikrobiologen Albert Jan Kluyver (1888 - 1956) zu Beginn des 20. Jahrhunderts eingeführten Gärversuche zur ergänzenden Diagnose eingesetzt. Diese physiologische Methode ist nicht nur zeitaufwändig, sondern liefert oftmals kein eindeutiges Ergebnis. Erst mit der Entwicklung von molekularbiologischen Methoden zu Beginn der achtziger Jahre stehen der Wissenschaft und der Praxis schnelle und zuverlässige Methoden zur Diagnose von Hefen und Bakterien zur Verfügung. So konnte 2003 in einem Weingefäß aus einem ägyptischen Grab von 3000 v.Chr. *S. cerevisiae* als Gärungserreger molekularbiologisch nachgewiesen werden (Cavaliere et al. 2003).

Heute wissen wir, dass auf der reifen Traube sich bereits eine vielfältige Mikroflora entwickelt, deren Spektrum vom Standort und besonders vom Witterungsverlauf abhängt. Vorherrschend sind die so genannten wilden Hefen der Gattungen *Hanseniospora*, *Kloeckera*, *Candida* sowie Milchsäure- und Essigsäurebakterien. Aber auch Hefen der Gattungen *Brettanomyces*, *Zygosaccharomyces*, *Schizosaccharomyces*, und *Saccharomyces* können auf der Beere, im Most und später im Wein vorhanden sein. Die eigentliche Weinhefe *Saccharomyces cerevisiae* ist auf den Beeren relativ selten und wenn, dann nur in wenigen Exemplaren zu finden. Trotzdem setzt sich diese alkoholtolerante Art bei der traditionellen Spontangärung in der Regel rasch durch und macht am Ende der Gärung über neunzig Prozent der Hefen aus. In den sechziger Jahren des letzten Jahrhunderts entwickelten kalifornische Hefehersteller die Trockenhefen. Dabei werden ausgewählte Hefestämme unter kontrollierten Bedingungen vermehrt, getrocknet und unter Vakuum verpackt. Inzwischen bietet der Hefemarkt eine nahezu unübersehbare Zahl von selektierten Hochleistungsrassen der Art *Saccharomyces cerevisiae*, die keine Wünsche mehr offen lassen und dem Praktiker die Wahl schwer machen. Konsequenterweise bietet die Forschungsanstalt Geisenheim einen „Hefefinder“ im Internet an. Neben den klassischen Sektheften findet man spezielle Hefen für die Weißwein- und Rotweinbereitung im Angebot. Außer alkohol-, kälte- und schwefeltoleranten Rassen werden Stämme mit besonderen Leistungen angeboten wie zum Beispiel Aromahefen und Farb-



**Prof. Dr. rer. nat. habil. Dipl. Biologe**

**Armin R. Gemmrich** ist seit 1988 im Studiengang Weinbetriebswirtschaft verantwortlich für die weinbaulichen/ kellerwirtschaftlichen Fächer. Seine Arbeits- und Forschungsschwerpunkte sind: Pathogendiagnose, Rebenzüchtung, Umweltschutz, Umweltanalyse.



**Dipl.-Biol. Martin Seidel** ist seit 1988

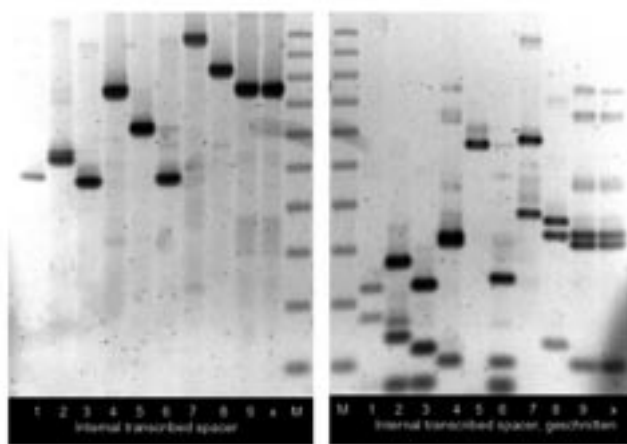
Hochschulassistent im Studiengang Weinbetriebswirtschaft. Sein Forschungsschwerpunkt ist die Identifizierung und Charakterisierung von weinrelevanten Mikroorganismen mittels molekularbiologischer Methoden.

hefen oder Hefen mit erhöhter Glycerinbildung und verminderter Essigsäurebildung. In jüngster Zeit wurde mit Hilfe der Gentechnik das natürliche Leistungsspektrum der Weinhefe um einige interessante Leistungen erweitert. Am bedeutendsten ist der Hefestamm ML01, dem die Eigenschaft der Milchsäurebakterien – Äpfelsäure in Milchsäure umzuwandeln – übertragen wurde. Der Stamm ist inzwischen patentiert, von der Food and Drug Administration als unbedenklich eingestuft und auf dem amerikanischen Markt ohne Auflagen erhältlich. Die Designer-Hefen sind eine Entwicklung des 21. Jahrhunderts, sie werden der gesamten Gärungsindustrie neue Möglichkeiten eröffnen aber auch die Frage der Akzeptanz beim Verbraucher wieder aktualisieren. In der EU sind 2006 keine gentechnisch veränderten Weinhefen im Einsatz. Weder die einzelnen Reinzuchtheften noch die gentechnisch hergestellten Designer-Hefen sind mikroskopisch oder physiologisch zu unterscheiden. Hier sind neue, schnelle und verlässliche Methoden erforderlich. Die molekularbiologischen Methoden sind bestens geeignet Hefestämme, die ähnliche physiologische Eigenschaften besitzen zu differenzieren. Die heute am häufigsten benutzten Methoden sind meist PCR-basierend (polymerase chain reaction) wie Mikrosatelliten, ITS-Analyse (internal transcribe spacer), AFLP (amplified fragment length polymorphisms), und RAPD (random amplified polymorphic DNA) (Spooner et al. 2005).

Das große Potenzial der neuen Methoden soll anhand einiger exemplarischer Fragen aus der täglichen Praxis der Weinherstellung erläutert werden.

#### Um welche Hefeart handelt es sich?

Werden in einer abgefüllten Flasche Hefen gefunden, dann stellt sich immer die Frage: Handelt es sich um Wein schädigende Arten und können diese Nachgärung und Trübungen



**Abbildung 1:** zeigt das Ergebnis einer Hefeart-Identifizierung.

Die Hefen 1-9 sind Referenzstämme zum Vergleich.

1 = *Candida vini*, 2 = *Dekkera anomala*, 3 = *Brettanomyces bruxellensis*,  
 4 = *Kloeckera spec.*, 5 = *Pichia anomala*, 6 = *Pichia membranaefaciens*,  
 7 = *Schizosaccharomyces pombe*, 8 = *Saccharomyces cerevisiae*,  
 9 = *Saccharomyces ludwigii* X = unidentifizierte Hefe aus Wein,  
 M = Molekulargewichtsmarker

verursachen? Durch Vergleich mit den DNA-Mustern bekannter Hefen lässt sich eine unbekannte Hefe sicher identifizieren.

Aus den Hefekolonien wird direkt ohne weitere Zwischenkultivierung die Erbsubstanz der Hefe, die DNA, isoliert. Danach wird nur ein sehr kleiner Genabschnitt der DNA mit Hilfe der Polymerasekettenreaktion (PCR) im Reagenzglas millionenfach vermehrt. Dieser Abschnitt wird als internal transcribed spacer (ITS) bezeichnet. Er enthält die Information für einen Teil der Ribosomen an denen in der Hefezelle Eiweiß synthetisiert wird. Dieser DNA-Abschnitt ist lebenswichtig für die Hefe und daher in allen Hefearten vorhanden. Da der DNA-Abschnitt bei jeder Hefeart jedoch unterschiedlich lang ist, kann er zur sicheren Identifizierung der Hefe herangezogen werden. Die Längenbestimmung erfolgt mit Hilfe der Elektrophorese. Dabei werden die durch die PCR vermehrten ITS-Moleküle mit Hilfe eines elektrischen Feldes durch ein Gel bewegt und dabei nach ihrer Größe aufgetrennt.

Auf der linken Abbildung befindet sich die gesuchte Hefe X exakt an der gleichen Position wie Hefe 9, es handelt sich also um *Saccharomyces ludwigii*.

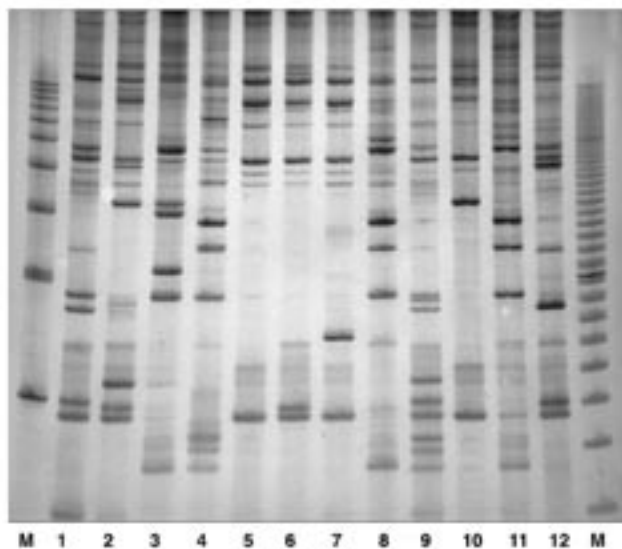
Die geschilderte Methode hat jedoch eine Einschränkung: Es gibt Hefen, die eine nur leicht abweichende oder gar identische ITS-Länge besitzen (in der linken Abbildung z.B. Hefe 3 und Hefe 6 oder Hefe 4 und Hefe 9). Dadurch wird eine eindeutige Identifizierung kritisch. In solchen Fällen wird nach PCR die ITS-DNA mit Hilfe von so genannten Restriktionsenzymen in kleinere Stücke „geschnitten“. Das Ergebnis zeigt der rechte Teil der Abbildung: Durch den Restriktionsschnitt entsteht für jede Hefe ein komplexeres Bandenmuster. Es sind nun auch Hefe 3 und Hefe 6 oder Hefe 4 und Hefe 9 deutlich voneinander unterscheidbar. Die zu identifizierende Hefe x hat das identische Bandenmuster wie Hefe 9 (*Saccharomyces ludwigii*). Dies ist eine Bestätigung der reinen ITS-Analyse auf der linken Seite der Abbildung.

In vorliegendem Fall handelt es sich bei der Weinkontamination also eindeutig um *Saccharomyces ludwigii*. Dies bedeutet, dass der Wein gegenüber Nachgärung und Trübung potentiell gefährdet ist und entsprechende kellertechnische Maßnahmen zu ergreifen sind. Die geschilderte Methode lässt sich in ca. acht Stunden durchführen. Wird die Kolonie also morgens auf dem Nährmedium entdeckt, so ist die Hefe am Nachmittag sicher identifiziert.

### Um welchen Hefestamm handelt es sich?

In der Kellertechnik werden heute vorwiegend Reinzuchthefen verwendet. Zur Qualitätssicherung können genetische Fingerabdrücke, wie sie auch in der Kriminaltechnik eingesetzt werden, zur Hefestamm-Identifizierung herangezogen werden. Neben der Mikrosatelliten-Analyse (Seidel und Gemrich 2003) kommt die Delta-Sequenz-Analyse in Frage (Schuller et al. 2004). Die PCR-basierende Analyse der Delta-Sequenzen ist eine hervorragend geeignete Methode zur Unterscheidung von kommerziellen Hefestämmen. Delta-Sequenzen sind repetitive Sequenzen, die mit dem Ty1-Transposon assoziiert sind und einer hohen Längenvariabilität unterliegen.

Die Abbildung 2 zeigt die Analyse von 12 Reinzuchthefen von *S. cerevisiae*. Dabei zeigt sich, dass man für jeden Hefestamm einen individuellen Fingerabdruck erhält. Da die Delta-Sequenz-Analyse relative schnell innerhalb von 8 Stunden zum Ergebnis führt, eignet sich diese Methode gut für Routineanalyse im Rahmen der Qualitätskontrolle.



**Abbildung 2:** zeigt das Ergebnis einer Hefestamm-Identifizierung von *S. cerevisiae*. M= Molekulargewichtsmarker, 1-12 = zwölf kommerziell erhältliche Reinzuchthefen von *S. cerevisiae*.

### Sind Sekthefen wirklich *S. bayanus*?

Zu dieser Fragestellung schreibt Ribereau-Gayon (2006): Für Taxonomen sind *S. bayanus* und *S. cerevisiae* verschiedene Arten. Von Önologen und Winzern wird *S. bayanus* als eine physiologische Rasse von *S. cerevisiae* angesehen, die Galaktose nicht vergären kann und eine stärkere Alkoholresistenz besitzt.



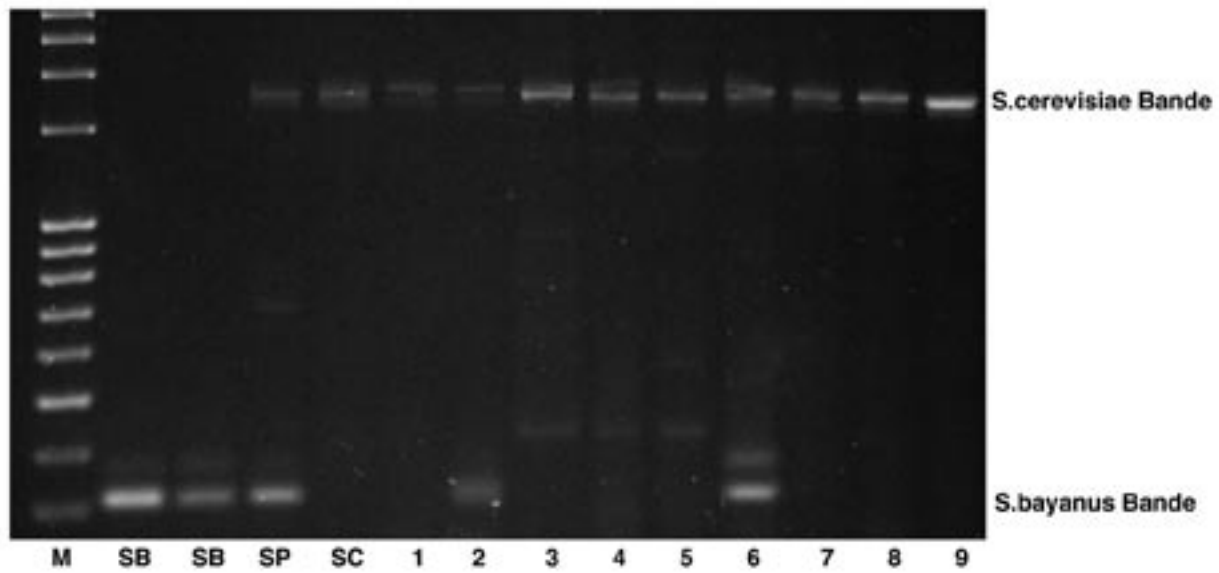


Abbildung 3

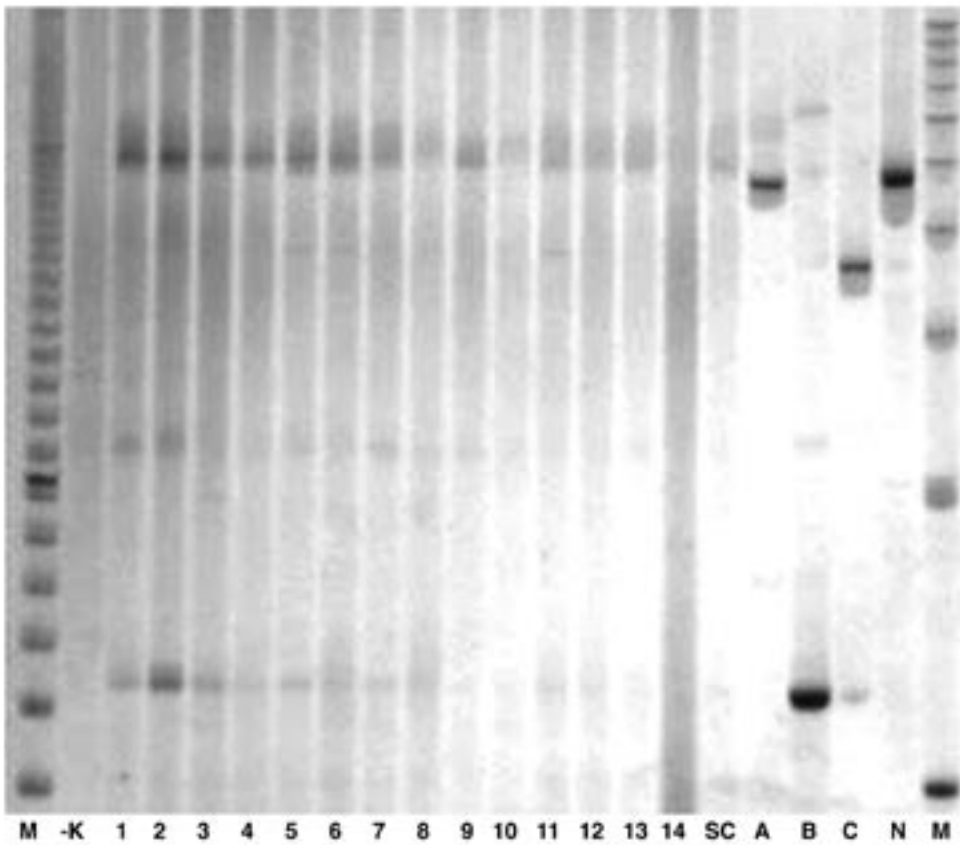


Abbildung 4: zeigt spezifische Bande für *B. bruxellensis* (B) in einem Teil der Fässer M= Molekulargewichtsmarker, 1-14= Barriquefassproben, SC= *Saccharomyces cerevisiae*, A= *Dekkera anomala*, B= *Brettanomyces bruxellensis*, C= *Dekkera custersiana*, N= *Dekkera naardeiensis*, -K= Negativkontrolle, Fass nicht infiziert

Auf dem Markt sind verschiedene Sekthefen erhältlich unter dem Namen *S. bayanus*. Mit den neuen molekularbiologischen Methoden ergibt sich nun die Möglichkeit die Identität der angezeigten Hefeart zu überprüfen. Bei der Methode werden Primer eingesetzt, die durch Sequenzvergleich ermittelt wurden und somit spezifisch für die jeweilige *Saccharomyces*-Art sind (TORRIANI et al. 2004). Als Vergleichshefen dienen Referenzstämme der Deutschen Sammlung von Mikroorganismen und Zellkulturen, Göttingen. Aus dem vielfältigen Angebot an Sekthefen wurden stichprobenartig neun häufig eingesetzte Präparate mit der Bezeichnung *S. bayanus* untersucht.

Der *S. cerevisiae* Referenzstamm auf Abbildung 3 SC zeigt eine spezifische Bande bei 1700 bp, die *S. bayanus* Stämme SB1 und SB2 bei 330 bp. Referenzstamm *S. pastorianus* SP, ein Hybrid aus beiden Hefearten zeigt, wie zu erwarten, beide Banden. Unter den in unserm Labor untersuchten Sekthefen findet sich keine *S. bayanus*, nur zwei Präparate (2 und 6) konnten als *S. pastorianus* identifiziert werden, bei der Mehrzahl handelt es sich um *S. cerevisiae*. Also, die Sekthefen sind nur selten *S. bayanus*. Daher sollte die Bezeichnung nach einer molekularbiologischen Analyse angepasst werden.

### Sind *Brettanomyces* Hefen im Barriquefass?

Die Entstehung unerwünschter Fehltöne in Barrique-Weinen ist vorwiegend auf das Vorhandensein von *Brettanomyces*/Dekkera Hefen zurückzuführen. Diese lassen sich mit genetischen Methoden schnell und sicher nachweisen: Vom Grund des Fasses wird aus dem Sediment eine Probe genommen und die DNA extrahiert.

Bei der nachfolgenden PCR werden Primer verwendet, die spezifisch für *Brettanomyces* sind und eine exakte Unterscheidung verschiedener *Brettanomyces* Arten ermöglichen (EGLI und KLING, 2001). Abbildung 4 zeigt Proben aus vierzehn Barriquefässern. In mehr als der Hälfte der Proben konnte die Schadhefe *Brettanomyces bruxellensis* nachgewiesen werden. Auch dieser Nachweis kann binnen eines Tages durchgeführt werden.

### Fazit

Anhand der vorgestellten Methoden lässt sich das Potenzial der molekularbiologischen Hefetypisierung deutlich demonstrieren: Unterschiedliche Fragestellungen zur Qualitätssicherung und zur Hefebiologie lassen sich sicher und in kurzer Zeit beantworten. Damit ist die Anwendung von DNA-Typisierungsverfahren sowohl für die Hefeindustrie als auch für den Winzer von großem Nutzen und stellt einen wichtigen Fortschritt in der Hefediagnostik dar.

### Literatur:

- Cavalieri, D., McGovern, P.E., Hartl, D.L., Mortimer, R. und Polsinelli, M. (2003): Evidence for *S. cerevisiae* Fermentation in Ancient Wine. *Journal of Molecular Evolution* 57, 226-232.
- Egli, C.M. und Henick-Kling, T. (2001): Identification of *Brettanomyces*/Dekkera Species Based on Polymorphism in the rRNA Internal Transcribed Spacer Region. *American Journal of Enology and Viticulture* 52, 241-247.

- Gemrich, A.R. und Seidel, M. (2003): Genetischer Fingerabdruck zur Hefe-Identifizierung. *Der Deutsche Weinbau* Nr. 13, 18-19.
- Ribéreau-Gayon, P. (2006): *The Handbook of enology, Volume 1: Microbiology of Wine*. John Wiley and Sons Ltd. 22 ff.
- Schuller, D., Valero, E., Dequin, S. und Casal, M. (2004): Survey of molecular methods for the typing of wine yeast strains. *Fems Microbiology Letters* 231, 19-26
- Spooner, D., van Treuren, R. und de Vicente, M.C.: Molecular markers for genebank management. IPGRI Technical Bulletin No. 10. Online Publication
- Torriani, S., Zapparoli, G., Malacrino, P., Suzzi, G. und Dellaglio, F. (2004): Rapid identification and differentiation of *Saccharomyces cerevisiae*, *Saccharomyces bayanus* and their hybrids by multiplex PCR. *Letters in Applied Microbiology* 38, 239-244a

# Zur Didaktik von Software-Engineering-Praktika aus Sicht der Studierenden

Nicola Marsden, Dominikus Herzberg, Franziska Drescher

## Zusammenfassung

Die Bereitstellung von Lernbühnen im Software Engineering, auf denen Studierende die notwendigen Kompetenzen praxisnah und handlungsorientiert entwickeln können, stellt hohe Anforderungen an die Lehrenden. Dieser Beitrag zeigt auf, an welchen Stellen es sich lohnt, didaktischen und organisatorischen Aufwand zu betreiben – und welcher Aufwand den Lernerfolg der Studierenden nicht steigert. Grundlage sind die Lehrevaluierungen einer speziellen Art des Software-Engineering-Praktikums, der sogenannten Lernbühne, die derzeit zum zehnten Mal im Studiengang Software Engineering an der Hochschule Heilbronn durchgeführt wird.

## Das didaktische Konzept der Lernbühne

Die praxisnahe Vermittlung von Software-Engineering-Wissen und -Fertigkeiten stellt eine besondere Herausforderung dar. Idealerweise werden hierzu die facettenreichen Herausforderungen des Software-Engineering-Prozesses im Rahmen des Studiums simuliert, in Software-Engineering-Praktika (Stoyan & Glinz, 2005) oder auf einer „Lernbühne“ (Herzberg & Marsden, 2005). Es gilt, den Studierenden die personalen, sozialen, methodischen und fachlichen Kompetenzen praxisnah und handlungsorientiert zu vermitteln. Ziel ist, dass sie sowohl den technischen als auch den sozialen Prozess des Software Engineering aktiv gestalten können. Wir wenden an der Hochschule Heilbronn seit dem Sommersemester 2003 den von uns entwickelten Ansatz der „Lernbühne“ zur integrativen Vermittlung von Handlungskompetenzen im Software Engineering an (Herzberg & Marsden, 2005). Auf dieser Lernbühne entwickeln die Studierenden unter realitätsnahen Bedingungen eine Software. Die Herangehensweisen und Interventionen der Lernbühne basieren auf einem systemischen Ansatz und der Prozessbegleitung (Sherwood, 2003). Was das bedeutet, soll mit den folgenden Punkten kurz umrissen werden.

## Neue Teamstrukturen provozieren

Durch die zufällige Einteilung der Studierenden in Gruppen zu rund fünf Personen werden neue soziale Strukturen geschaffen. Die Studierenden werden gezielt aus ihren vertrauten, meist freundschaftlichen und auf ähnlichem Leistungsniveau angesiedelten Bindungen gelöst. Stattdessen müssen sie den neuen sozialen Kontext aktiv gestalten.

## Rahmen zur Selbstorganisation bereitstellen

Das „Was“, die Aufgabenstellung, wird den Studierenden vorgegeben. Das „Wie“ wird weitestgehend den Studierenden überlassen, wodurch ein hohes Maß an Beteiligung, Selbstorganisation, Selbststeuerung, Eigenaktivität etc. ermöglicht wird und die Notwendigkeit besteht, das bisher im Studium Gelernte selbstständig zur Anwendung kommen zu lassen.



**Nicola Marsden** war selbstständig als Personal- und Organisationsentwicklerin bevor sie 2002 als Professorin an die Hochschule Heilbronn berufen wurde. Sie lehrt Medien- und Sozialpsychologie in der Fakultät für Informatik, ihre Schwerpunkte sind Management und soziale Prozesse im Software Engineering, computervermittelte Kommunikation und Wissensmanagement. Sie ist verantwortlich für die sozialwissenschaftliche Evaluation der Einführung der elektronischen Gesundheitskarte in der Testregion Heilbronn. marsden@hs-heilbronn.de



**Prof. Dr. Dominikus Herzberg** ist Professor für „Methoden des Software Engineering“ an der Hochschule Heilbronn im Studiengang Software Engineering und Mitglied des Instituts für Gesundheitsökonomie und Medizinische Informatik. Zu seinen Schwerpunkten gehören Entwicklungsmethodiken, Softwarearchitekturen und Beherrschung komplexer Systeme. herzberg@hs-heilbronn.de



**Franziska Drescher** hat an der Eberhard Karls Universität Tübingen Psychologie studiert und ist seit Januar 2007 an der Hochschule Heilbronn als wissenschaftliche Mitarbeiterin tätig. Zusammen mit Prof. Dr. Nicola Marsden evaluiert sie u. a. die Einführung der elektronischen Gesundheitskarte in Heilbronn sozialwissenschaftlich. drescher@hs-heilbronn.de

## Stören statt steuern

Der Lernprozess wird nicht direktiv gesteuert, sondern durch Impulse und Interventionen gezielt beeinflusst. Beispielsweise indem die Lehrenden in der Rolle als Kunden ihre Wünsche an die „Auftragnehmer“ kurzfristig ändern. So werden Gruppenprozesse und thematische Auseinandersetzungen gezielt durch „Störung“ des Systems in Gang gesetzt.

## Gezielte Überforderung

Entsprechend den Voraussetzungen für das Erleben von Flow (Csikszentmihalyi, 2005) wird das Anspruchsniveau der Aufgabe so gestaltet, dass es eine für das Lernen optimale Passung zum Kompetenzlevel der Studierenden gibt. Die Projektaufgabe ist darauf ausgelegt, die Studierenden gezielt zu überfordern und sie darin zu unterstützen, ihren Kompetenzlevel aktiv selbst zu erhöhen.

### Lehrende als Teil des Systems

In dem während des Projekts entstehenden lernenden Systems sind die Lehrenden nicht außen vor. Vielmehr sind sie Teil des Systems – was bedeutet, dass auch sie das eigene Tun permanent reflektieren und den eigenen Lernprozess vorantreiben müssen. Hier sind sie gleichzeitig Vorbild für die Studierenden, bezogen auf das aktive Einholen und Verarbeiten von Feedback, Ambiguitätstoleranz, Ansprechen von Konflikten etc.

### Lernen auf allen Ebenen

Impulse und Interventionen, die wir als Lehrende setzen, um den Lernprozess bei den Studierenden in Gang zu setzen, lassen sich auf den verschiedenen Lernebenen verorten: Es geht zum einen darum, dass die Studierenden ihr Wissen erweitern, zum zweiten darum, dass sie dieses Wissen auch in Aktionen umsetzen können, also um Können und Fähigkeiten. Als dritte Lernebene wird die individuelle Herangehensweise, das Mindset, adressiert. Und als vierte Ebene die Persönlichkeit des Einzelnen.

### Die Lernbühne in der Wahrnehmung der Studierenden

Das Einrichten einer Lernbühne mit den genannten Elementen ist organisatorisch aufwändig und didaktisch anspruchsvoll. Umso wichtiger ist es, im Rahmen von Qualitätsmanagement sicher zu stellen, dass die avisierten Ziele erreicht werden und sich der Aufwand tatsächlich lohnt. Es gilt im Rahmen der Lehrevaluation den subjektiven Lernerfolg der Studierenden und deren Einschätzung der Valenz verschiedener Faktoren zu betrachten und mit unserem Konzept und unseren Erwartungen abzugleichen. Die Lernbühnen der vergangenen sieben Semester wurden mit unterschiedlichen, überwiegend qualitativen Verfahren evaluiert. Die Rückmeldungen der Studierenden waren dabei ein wesentliches Element in der Optimierung des Konzepts. Sie bieten auch eine Reihe von Erkenntnissen darüber, welcher organisatorische und didaktische Aufwand sich lohnt – von denen einige hier kurz dargestellt werden.

### Auswirkungen der Realitätsnähe des Projektauftrags

Im Lernsetting gibt es verschiedene Abstufung der Realitätsnähe: In der höchsten Stufe der Realitätsnähe gibt es einen externen Kunden, der den Projektauftrag erteilt und auch als Auftraggeber kontinuierlich in Erscheinung tritt. Als nächste Abstufung gibt es das echte Anliegen eines externen Auftraggebers als Auftrag, allerdings tritt dieser Kunde nicht oder nur punktuell mit den Studierenden in Kontakt. Zuletzt gibt es das Szenario, in dem die Lehrenden die Rolle eines Kunden übernehmen und als solcher einen Projektauftrag geben und somit neben der Professorenrolle auch die Kundenrolle innehaben.

Die Lehrevaluation zeigt, dass die Studierenden die gezielte Überforderung umso positiver wahrnehmen, je realitätsnäher das Gesamtsetting ist: Wird der Projektauftrag von den Lehrenden erteilt, so ist die Bereitschaft, Zeit zu investieren geringer, und die Arbeitsbelastung wird eher negativ empfunden. Bei einer echten Aufgabenstellung eines externen Kunden, der aber im Rahmen der Lehrveranstaltung nicht in Erscheinung tritt, ist die Bereitschaft, Zeit zu investieren, größer und die Belastung wird von den Studierenden positiver wahrgenommen. Gibt es

einen externen Kunden, der auch als solcher den Projektfortschritt verfolgt, Kundengespräche führt, Status- und Abschlusspräsentationen abnimmt etc., so stellen die Studierenden extrem hohe Anforderungen an sich selbst. Sie loten die Grenzen der eigenen Belastbarkeit und der eigenen Kompetenz aus – und erleben dies, häufig schon im Laufe des Semesters und spätestens in der Evaluation am Ende des Semesters, als sehr positiv. Mit einem echten Projekt sind die Studierenden zudem eher motiviert, sich in eine Problemzone einzuarbeiten, die schwierig, neu und weit entfernt von der eigenen Interessenslage ist. Bei Aufgaben, die nicht von einem externen Kunden, sondern von uns Lehrenden kamen, haben wir Projektthemen gesucht, die uns und idealerweise auch die Studierenden interessieren. Hier waren Motivation und Frustration der Studierenden in der Lehrveranstaltung häufig eng gekoppelt mit der persönlichen Nähe zum Thema. Bei externen Projektaufgaben war die für Software Engineers so wichtige Bereitschaft, sich in fremde Denkwelten hineinzubegeben, eher vorhanden und konnte so – als eine wichtige Entwicklungsaufgabe auf der Lernebene "Mindset" – auch weiter verbessert werden.

### Die Bereitschaft zur Verhaltensänderung durch Realitätsnähe

Wir haben die Lernbühne in den vergangenen sieben Semestern bereits in verschiedenen Varianten der Besetzung der Kundenrolle durchgeführt. Sehr interessant ist dabei zu beobachten, inwiefern welche Art von Kundenrolle welches Potenzial birgt, die Studierenden zu einer Reflexion über ihr Verhalten, ihre Rolle im Team etc. zu bewegen und wie wahrscheinlich Verhaltensänderungen sind.

Treten die Lehrenden in der Doppelrolle als Professoren und Kunden auf, so leiden die Studierenden konstant unter der Schwierigkeit, die jeweilige Rolle situativ zu trennen. Das ist selbst dann der Fall, wenn das Rollenspiel als Kunde einen eigenen Rahmen erhält und explizit und klar trennbar von der prozessbegleitenden Professorenrolle ist. Die dennoch vorhandene Verwirrung hat Einfluss auf die Wahrnehmung und Verarbeitung von Feedback, insbesondere wenn es aus der Kundenrolle gegeben wird. Durchaus authentische Kundenreaktion wie Verärgerung, kritische Fragen bei einer Kunden-Präsentation etc. werden immer wieder nicht der Kundenrolle, sondern der Professorenrolle zugeordnet: „Der Professor bzw. die Professorin ist unzufrieden mit mir; ich kann es ihr/ihm nicht recht machen.“ Vermutlich spielt an dieser Stelle mit rein, dass Professoren auch die Notengebenden sind, so dass die vermeintliche Kundenrolle als Deckmantel für die Bewertenden gesehen wird. Das hat einen erheblichen Einfluss auf die Annahme und die positive Verarbeitung von „Kunden“-Feedback. Es erreicht die Studierenden weniger intensiv und muss erheblich behutsamer und vorsichtiger formuliert werden. Die Impulse zu Reflexion und Verhaltensänderung fallen schwach aus. Damit wird die Kundenrolle aber auch weniger stark auf der Lernbühne „gespielt“, als es der Rolle gerecht wäre. Was wiederum die Kundenrolle weniger klar abgrenzt – ein Teufelskreis.

Wir haben in einem Semester die Erfahrung gemacht, dass dieser Effekt zu einem gewissen Grad kompensiert werden kann durch ein Einzelcoaching. Wir haben jeden Studierenden gebeten, sich



selbst gemäß einem vorgegebenen Formularbogen bezüglich verschiedener Kriterien einzuschätzen. Wir taten dasselbe und besprachen in einer ausführlichen Gesprächssitzung Fremd- und Selbstbild und gaben Feedback zu unserer Wahrnehmung der Entwicklung des Studierenden in seinem Team, seiner Aufgaben und seines Verhaltens. Etwa vier Fünftel der Studierenden waren sehr angetan von diesem Coaching, betrachteten es als wertvoll, da sie nun Talente, Begabungen, Stärken an sich sahen, die ihnen zum Teil gar nicht bewusst waren. Das stärkte und stimulierte sie, sich aktiv und mit neuen Verhaltensweisen auf der Lernbühne einzubringen.

Der Aufwand für das Coaching ist beachtlich und sehr zeitintensiv. Es bedarf einer Ausbildung und/oder Erfahrung im Coaching, um solche Gespräche verantwortungsvoll und nicht kontraproduktiv für die Studierenden zu gestalten. Diesem Verfahren sind von daher Grenzen gesetzt: Der nötige Aufwand und die Coaching-Erfahrung der Lehrenden machen es schwer, es zu einem Regelwerkzeug für die Lernbühne werden zu lassen.

Die Besetzung der Kundenrolle durch einen „echten“, externen Kunden, löst praktisch alle beschriebenen Schwierigkeiten auf. Allerdings muss der Kunde bzw. die Kundin aktiv und kontinuierlich in die Lernbühne eingebunden sein und sich an Rückmeldungsprozessen beteiligen. Es hat sich als einfach und für die Studierenden als vollkommen annehmbar erwiesen, wenn z.B. nach einer Kundenpräsentation per Ankündigung auf die Meta-Ebene gewechselt wird und Kunde und Professoren Rückmeldung geben. Dabei wird das Feedback von einem „echten“ Kunden sehr ernst genommen. Es verbindet sich mit einer hohen motivationalen Herausforderung an die Studierenden. Man hat Interessantes, Wichtiges und Wertvolles aus dem Arbeitsleben und der Erfahrungswelt eines „echten“ Kunden erfahren, und will ihm bzw. ihr zeigen, dass man lernfähig ist und es besser machen kann. Unsere Evaluationen haben das deutlich gezeigt.

#### **Wahrnehmung der didaktischen Methoden durch die Studierenden**

Das Gesamtsetting der Lernbühne mit den oben skizzierten Elementen, die auf der systemischen Prozessbegleitung basieren, setzt voraus, dass die Lehrenden über eine umfangreiche Palette an Methoden und Interventionsmöglichkeiten verfügen, die sie situativ einzusetzen in der Lage sind. Es handelt sich also um eine methodisch anspruchsvolle didaktische Herangehensweise in unserem Studiengang nicht zuletzt dadurch möglich, dass es auf Seiten der Lehrenden die nötige psychologische und Prozessbegleitungskompetenz gibt.

Im Gegensatz zu herkömmlichen didaktischen Herangehensweisen, beispielsweise einer klassischen Vorlesung, wird die Bereitstellung und Begleitung der Lernbühne aber von Studierenden nur bedingt als geplantes didaktisches Handeln der Lehrenden wahrgenommen. In der Lehrevaluation kam es durchaus schon vor, dass Studierende auf die Frage, wie zufrieden sie mit den Lehr-/Lernmethoden der Veranstaltung seien, rückfragten: „Welche Lehr-/Lernmethoden?!“. Damit einher gehen Evaluationsergebnisse, bei denen eine mittelmäßige Bewertung der Vorgehensweise und

Didaktik der Veranstaltung durch die Studierenden gekoppelt ist mit einer fast optimalen Einschätzung des subjektiven Lernerfolgs. Dies deckt sich mit Erkenntnissen der Evaluationsforschung, dass Studierende bei der Lehrevaluation solche Lehrmethoden positiv bewerten, die mit ihren „naiven“ Lehrkonzepten konform gehen. Wie auch in unseren Evaluierungen führen neue, wissenschaftlich fundierte Lehr-/Lernmethoden häufig zu höherem Lernerfolg aber schlechteren Bewertungen durch die Studierenden (Sonderheft zur Lehrevaluation, 1996).

Das didaktische Setting hatte noch in einem weiteren Punkt deutliche Auswirkungen auf die Einschätzungen der Studierenden: Waren die Lehrenden in einer Doppelrolle als Kunden und Professorin und/oder Professor, so war die Gesamteinschätzung der Studierenden deutlich negativer als wenn es einen externen Kunden gab und wir Lehrende in erster Linie Prozessbegleiter und Coachs waren. Dieser Faktor hatte einen entscheidenden Einfluss darauf, wie wir als Person in der Evaluation beurteilt wurden, aber auch darauf, wie wirksam unsere Interventionen waren und in welchem Ausmaß unsere Hinweise von den Studierenden angenommen wurde und unser Feedback Wirkung zeigte.

#### **Welcher Aufwand lohnt sich? Fazit aus den Rückmeldungen der Studierenden**

Die Rückmeldungen der Studierenden im Rahmen der Lehrevaluation bestätigen uns darin, den eingeschlagenen Weg weiter zu gehen. Sie zeigen zudem auf, welcher didaktische und organisatorische Aufwand sich lohnt – und welcher nicht.

Es lohnt sich, einem externen Partner zu finden, der einen Projektauftrag an die Studierenden erteilt, an dem die Kundenorganisation ein echtes Interesse hat. Wichtig ist zudem die Bereitschaft der Kundenorganisation, Personen für Kundengespräche, Statuspräsentationen etc. bereit zu stellen. Das Projektthema kann inhaltlich durchaus in einer Problemdomäne liegen, in die die Studierenden sich erst einarbeiten müssen – und diese Fähigkeit so weiter entwickeln.

Die Tatsache, dass die Studierenden den hohen didaktischen Aufwand nicht als solchen erkennen oder die Lehr-/Lernmethoden nur mittelmäßig beurteilen, ist bei einer gleichzeitig hohen Einschätzung des subjektiven Lernerfolgs aus den dargestellten Gründen für uns kein Anlass, hier den investierten Aufwand oder die Herangehensweise zu ändern.

Eine große Anstrengung, die sich offensichtlich nicht lohnt, ist es, in dem ohnehin schon anspruchsvollem didaktischen Setting auch noch als Professorin bzw. Professor die Doppelrolle von Kunden und Lehrenden inne zu haben. Die konstruktive Begleitung eines Prozesses, der die gezielte Überforderung der Studierenden zum Ziel hat, stellt schon für sich genommen hohe Anforderungen an das Selbstmanagement der Lehrenden. Durch die Doppelrolle und die dadurch bedingte negative Rückkoppelung der Studierenden erhöhen sich diese Anforderungen noch deutlich. Da diese Zusatzbelastung der Lehrenden den Lernerfolg der Studierenden nicht erhöht, scheint es sinnvoller, Aufwand in die Suche und Organisation eines externen Kunden zu investieren.

Die Rückmeldungen der Studierenden zeigen also, dass die Zusammenarbeit mit externen Kunden den Lernerfolg bei Studierenden in Software-Engineering-Praktika deutlich erhöhen, die Studierenden zufriedener mit der Veranstaltung sind und eher bereit, mit der gezielten Überforderung dieses Settings umzugehen.

### Danksagung

Wir danken unseren Studierenden für ihre Rückmeldungen. Und wir danken Bosch Engineering, insbesondere Dr. Uwe Kipke, der mittlerweile mehrfach als externer Kunde leidenschaftlich daran mitarbeitet, dass die Studierenden nicht nur eine echte Kunden-Lieferanten-Beziehung erleben, sondern diese auch konstruktiv reflektieren können.

### Literatur

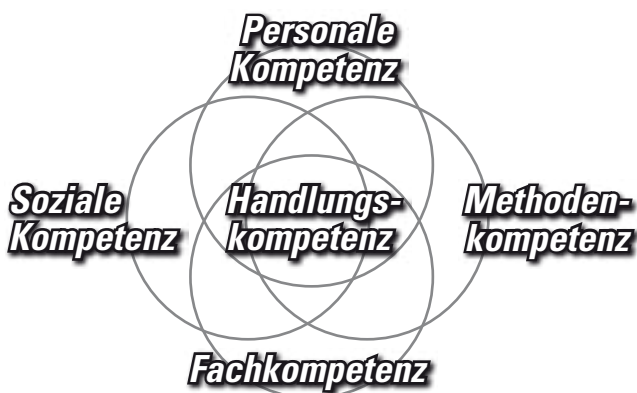
- Csikszentmihalyi, Mihaly (2005). Flow – Das Geheimnis des Glücks, Stuttgart: Klett-Cotta.
- Herzberg, Dominikus und Marsden, Nicola (2005). Das Softwarelabor als Lernbühne – Soziale Kompetenzen im Studiengang Software Engineering praxisnah vermitteln. In: Brigitte Berendt; Hans-Peter Voss & Johannes Wildt (Hrsg.): Neues Handbuch Hochschullehre. Lehren und Lernen effizient gestalten (G.5.3). Berlin: Raabe.
- Sonderheft zur Lehrevaluation (1996). Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 10 (3/4).
- Sherwood, Dennis (2003). Den Wald vor lauter Bäumen sehen. Reduktion von Komplexität - Anleitung zum Systemischen Denken im Management. London: Wiley.
- Stoyan, Rober & Glinz, Martin (2005). Methoden und Techniken zum Erreichen didaktischer Ziele in Software-Engineering-Praktika. In: K.-P. Löhr, H. Lichter (Hrsg.): Software Engineering im Unterricht der Hochschulen, SEUH-9. Heidelberg: dpunkt-Verlag

# Erstellung und Nutzung von Fallstudien (Case studies) in den technischen Studiengängen der Hochschule Heilbronn

Susanne Wilpers

## 1 Situation und Ausgangslage

Bachelorstudiengänge müssen dem Bologna-Abkommen entsprechend berufsqualifizierend sein. Voraussetzung für Berufsqualifizierung eines Studiengangs ist, dass es im Rahmen des Curriculums gelingt, Handlungskompetenz in einem Fach aufzubauen. Handlungskompetenz bedeutet, dass vier Kompetenzbereiche vorhanden sind und erfolgreich zusammenwirken:



Fachkompetenz, Sozialkompetenz, Personale Kompetenz und Methodenkompetenz. Die beiden technischen Fakultäten der Hochschule Heilbronn sind derzeit dabei, auf Bachelor- und Masterstudiengänge umzustellen. Die Grundannahme der technischen Fachbereiche bei der Entwicklung der Curricula und der Gestaltung der Bachelor- und Master-Module ist, dass die Kompetenzbereiche ineinander wirken und gemeinsam vermittelt werden sollten. Es soll somit keine isolierten Lernfelder für einzelne Dimensionen der Handlungskompetenz geben. Vielmehr werden die Curricula so gestaltet, dass in den einzelnen Modulen die Weiterentwicklung der Studierenden in allen Kompetenzbereichen gefordert und gefördert wird. Qualifizierung im Bereich der sozialen, methodischen und personalen Kompetenz ist also immer in Verbindung mit der fachlichen Kompetenz aufzubauen. Ebenso sind Fachkompetenzen, sollen sie über theoretisches Wissen hinaus zur Handlungsfähigkeit in einem Gebiet führen, immer mit methodischen, sozialen und personalen Kompetenzen gekoppelt zu vermitteln.

Die beschleunigten Veränderungen in den Rahmenbedingungen von Unternehmen wirken sich also auch auf die Lehrinhalte der technischen Studiengänge aus. Es geht nicht mehr nur um die Vermittlung einzelner Wissensbausteine, sondern zunehmend um deren Vernetzung und Anwendung. Die **Fallstudienmethodik** stellt ein solches Instrument dar; es eignet sich hervorragend dazu komplexe und fachübergreifende Zusammenhänge aus der Praxis in der Lehre zu vermitteln.



**Prof. Dr. Susanne Wilpers** lehrt seit September 2005 im Studiengang Verfahrens- und Umwelttechnik (VU) die Fachgebiete Personalmanagement und Kommunikation. Ihre Forschungsschwerpunkte sind: Wirtschaftspsychologie, Schlüsselqualifikationen, Integration von Schlüsselqualifikationen in die Lehre, Kompetenzentwicklung, Mensch-Maschine-Interaktion, Personalmanagement, soziale Netzwerke, Beziehungspsychologie, Organisationsentwicklung

Im Rahmen der Förderung der Berufsfähigkeit von Studierenden wurde in diesem Projekt in Anlehnung an den didaktischen Einsatz von Fallstudien bei den betriebswirtschaftlichen Studiengängen das Prinzip der Vertiefung des theoretischen Inhalts durch die Anwendung von praktischen Beispielen in Fallstudien auf die **technischen** Studiengänge erweitert.

Im Rahmen der Erstsemesterveranstaltung „Arbeitsgrundlagen“ der Studiengänge Verfahrens- und Umwelttechnik sowie Produktion und Logistik der Hochschule Heilbronn werden den Bachelor Studierenden Inhalte wie Lerntechniken, Problemlösetechniken, Wahrnehmungsgrundlagen aber auch Präsentationstechniken und Teamarbeit vermittelt. Um diese theoretischen Grundlagen bereits vom ersten Semester an nachhaltig vermitteln zu können, benötigen die Studierenden Beispiele aus der betrieblichen Praxis, um anhand von realen Problemstellungen die theoretischen Inhalte anwenden zu können.

Zu diesem Zweck wurden in dem Projekt **Casetech** Fallstudien aus relevanten Bereichen der späteren Berufspraxis von Verfahrens- und Umwelttechnikern sowie Produktions- und Logistikern erstellt. Um die Themenbreite der Fälle zu gewährleisten, war es notwendig nicht nur aus den Bereichen des Managements, die für die Erstellung von Fällen für bsp. Führungsfähigkeit notwendig sind sondern insbesondere aus der Produktion Praxiserfahrungen zu sammeln.

Die Fallstudien wurden in Anlehnung der „Critical Incidents Technique (CIT)“ (Flanagan, 1963) erarbeitet. Dazu wurden reale Beschreibungen von erfolgskritischen Verhaltensereignissen wie besonders erfolgreiches bzw. erfolgloses Verhalten von Führungskräften beschrieben und die Ableitung von tätigkeitsrelevanten Verhaltensanforderungen in Fallstudien zusammengefasst. Zur Datenerhebung wurden ‚face to face‘ Interviews, Telefoninterviews und auch die teilnehmende Beobachtung eingesetzt.

Durch die Fallmethode werden hochschuldidaktisch folgende Fähigkeiten besonders gefördert (vgl auch Thom, Wenger, Zaugg (1999)):

- analytische und diagnostische Kompetenzen:  
Fähigkeit, Handlungsmöglichkeiten unter Berücksichtigung der unmittelbaren Realität und versteckter Situationsprobleme zu entwickeln und zu bewerten. Förderung der Problemlösefähigkeit
- soziale Kompetenzen:  
Vermittlung der Grundfähigkeit, Unternehmen nicht nur als ökonomische, erfolgsorientierte Institution zu verstehen, sondern auch als kommunikative und soziale Institution. Dementsprechend werden die Konfliktaustragungsfähigkeit, die Kommunikationsfähigkeit, die Teamfähigkeit und die Überzeugungskompetenz gefördert.
- Verbindung von Theorie und Praxis:  
Fähigkeit das Gelernte auf neue Situationen zu übertragen, sowie Theorien und Modelle auf praktische Fragestellungen anzuwenden (Transferfähigkeit)

## 2 Ziel des Gesamtprojekts

Das Projektgesamtziel war die Erstellung und Nutzung von Fallstudien in den technischen Studiengängen Verfahrens- und Umwelttechnik sowie Produktion und Logistik.

Die mit der Fallmethode angestrebten Lernziele sind vielfältig: Neben dem Lernziel Probleme kritisch analysieren zu können, wurde die Kooperationsbereitschaft, das Erkennen von komplexen Zusammenhängen sowie das Beherrschen von Managementtechniken gefördert als auch das Lernen durch das Sammeln von problemrelevanten Daten und Informationen intensiviert sowie die Fähigkeit, das Gelernte in der Praxis anwenden zu können verstärkt.

## 3 Maßnahmen in 2006, 2007, 2008

Seit dem SS 2006 wurden die Fallstudien im Rahmen der Veranstaltungen Arbeitsgrundlagen II der technischen Studiengängen Verfahrens- und Umwelttechnik sowie Produktion und Logistik erstellt. Das Projekt wurde von LARS finanziert.

### 3.1 Konzeption/ Vorbereitung

Im ersten Schritt wurde im Rahmen der Recherche und Kontaktierung das Projekt im Rahmen einer Gemeinderatssitzung des Gemeinderat der Stadt Heilbronn sowie in den Fachbeiratssitzungen Produktion & Logistik sowie Verfahrens- und Umwelttechnik vorgestellt. Daraufhin wurden ein Online- Flyer ins Internet gesetzt und nach Kontaktierung der Unternehmen erarbeiteten die Studierenden für jede Fragestellung einen Interviewleitfaden für Mitarbeiter im Management und Produktion in Anlehnung an die inhaltlichen Themen der Veranstaltung Arbeitsgrundlagen.

### 3.2 Datenerhebung

In den Unternehmen wurden Befragungen (persönliches 'face to face' interview, Online Fragebogen, Telefoninterviews, nichtteilnehmende Beobachtung) durchgeführt.

### 3.3 Fallstudienherstellung

Zunächst wurden die Fallstudien in Zusammenarbeit mit den Ansprechpartnern in den Partnerunternehmen bearbeitet. Neben

der schriftlichen Erarbeitung der Fallstudien wurden die Ergebnisse dann abschließend von den Studierenden in den Partnerunternehmen präsentiert.

### 3.4 Anwendung der Fallstudien

In den Veranstaltungen Arbeitsgrundlagen II der Studiengänge „Verfahrens- und Umwelttechnik“ sowie „Produktion und Logistik“ der Hochschule Heilbronn wurden die Fallstudien in Ergänzung zu den theoretischen Inhalten benutzt. So wurden die Fallstudienpräsentationen zusätzlich zu den Präsentationen in den Firmen mittels Videoanalyse auch zum Präsentationstraining benutzt und die Studierenden, die keine Fallstudie erhalten hatten, erarbeiteten begleitende Themen (wie z.Bsp. „Arbeitspsychologische Auswirkungen von Schichtarbeit“) und schulten Ihre Kommilitonen in einem Peer-Prozess.

### 3.5 Teilnehmerinnen und Teilnehmer

Partnerunternehmen waren unter anderen folgende: Audi AG, Schunk GmbH & Co. KG, MAHLE Filtersysteme GmbH Industrie-filtration, Blanco GmbH & Co.KG oder Alkan Automotive.

4 Evaluierung und Konsequenzen

Mit 17 Fallstudien in acht Unternehmen war die Implementierung der Fallstudien als Pilotprojekt sehr erfolgreich. An dieser Stelle möchten wir uns noch mal für die Unterstützung der Unternehmen herzlich bedanken; ohne sie hätte diese Studie nicht stattfinden können. Als Konsequenz erhielten mehrere Studierende Praktikumsplätze sowie Werkstudentenverträge bei den verschiedenen Unternehmen. Dennoch konnten nicht einige Fallstudien wegen Geheimhaltungspflichten nicht für den weiteren Gebrauch verwendet werden.

## Literatur

- Flanagan, J.C. (1963): The Definition and Measurement of Ingenuity. In: Taylor, C.W., Ed., Scientific Creativity, New York: John Wiley, p. 89-98.
- Thom, E; Wenger A.P.; Zaugg RJ (Hrsg) (1999): Fälle zu Organisation und Personal. Haupt, Bern.

### Autorin

Prof. Dr. Susanne Wilpers  
Hochschule Heilbronn  
Max-Planck-Str. 39  
D-74081 Heilbronn  
wilpers@hs-heilbronn.de  
<http://mitarbeiter.hs-heilbronn.de/~wilpers/>



# Vertrauen im interkulturellen Kontext – Fokus: Deutsch-arabische Wirtschaftsbeziehungen<sup>\*)</sup>

Elias Jammal

## Einleitung

Die nachfolgenden Ausführungen basieren auf dem von der Landesstiftung Baden-Württemberg geförderten Forschungsprojekt „Determinanten deutsch-arabischer Vertrauensbildung“ des Orient Instituts für Interkulturelle Studien (OIS) an der Hochschule Heilbronn. Das dreijährige Projekt begann im Januar 2006 und es befindet sich nun am Ende des zweiten Jahrs. Das Projekt untersucht folgende Fragestellungen:

Existieren Unterschiede hinsichtlich Vertrauenssemantik und Vertrauensgenese zwischen deutschen und arabischen Fach- und Führungskräften sowie zwischen den arabischen Fach- und Führungskräften selbst (bezogen auf die vier Länder Ägypten, Katar, Libyen und die VAE)? Und wenn ja, welche und wie lassen sich diese erklären?

Ausgeklammert wurde bislang die Rolle der Sprache und eine Diskursanalyse steht ebenfalls noch aus (vgl. Busch in Jammal 2008). Diese Auslassung ist schwerwiegend, da das Sprechen über Vertrauen im globalisierten Geschäftskontext eine diskursive Interkulturalität impliziert (vgl. Müller-Jacquier 2000; Thijs, J.D. ten 2002).

## Das Forschungsprojekt

### Datenquellen

Neben Literaturstudium sowohl in Deutschland als auch in den o.g. vier Ländern wurden ca. 90 Tiefeninterviews – nach einem pre-getesteten Interviewleitfaden – durch Projektmitarbeiter und externe Interviewexperten in den vier Ländern durchgeführt (in deutscher und arabischer Sprache). Die Interviews wurden transkribiert und die Transkriptionen wurden zweifach überprüft.

Verwertbar waren am Ende 80 Interviews mit je 10 Deutschen und 10 Arabern in einem Land. Die Interviewpartner (Ip) waren durchweg in leitenden Positionen und sie arbeiteten überwiegend in Multinational Companies (MNC) in den Branchen Anlagentechnik/Maschinenbau/Elektrotechnik. Die Mitarbeiterzahl der Unternehmen bzw. Unternehmensvertretungen oder Niederlassungen / Tochtergesellschaften im jeweiligen Land variierte stark (von vier bis 500). Nähere Angaben zu den Interviews bzw. zu den Interviewpartnern finden sich in Jammal 2008.

### Datenerhebung und -aufbereitung

Als Methode der Datenerhebung wurde das teilstrukturierte, problemzentrierte Interview gewählt, das sich an das Verfahren der „Grounded Theory“ anlehnt.



**Dr. Elias Jammal**

Master-Programm International Business & Intercultural Management.  
Bachelor-Programm Internationale Betriebswirtschaft und Interkulturelle Studien.

Wie bereits erwähnt, sollte durch die empirische Forschung zweierlei erreicht werden: einerseits sollte die Semantik des Vertrauens in deutsch-arabischen Kooperationen ermittelt und andererseits sollten die Prozesse der Vertrauensbildung identifiziert werden.

Um sich dem ersten Ziel der Forschungsarbeit (Erfassung der Semantik des Vertrauens) zu nähern, wurde nach drei unterschiedlichen Merkmalen gefragt. Erstens nach dem, was Vertrauen „eigentlich ist“, also dem Wesen des Vertrauens (vgl. Nuissl 2002), zweitens, nach den konstituierenden Merkmalen von Vertrauen, also Interdependenz und Risiko (vgl. Möllering 2006) und drittens, nach dem Phänomen des „Sich Verlassens“. Für das zweite Ziel (Vertrauensgenese, d.h. Identifizierung der Prozesse der Vertrauensbildung) wurden drei Merkmale erfasst: a) die Erwartungen und Erwartungs-Erwartungen an den Kooperationspartner (vgl. Schweer 2003); b) das Phänomen des aktiven Vertrauens (vgl. Child und Möllering 2003); c) Kein Vertrauen bzw. Misstrauen.

Die der Datenaufbereitung zugrunde liegende Grounded Theory (vgl. hierzu Lamnek 2005; Strübing 2004; Kelle 2005; Strauss und Corbin 1996) betont drei systematische Kodierungsschritte:

- das offene Kodieren,
- das axiale Kodieren
- das selektive Kodieren.

Diese wurden in einem iterativen Verfahren durchgeführt (Näheres dazu: Jammal 2008).

## Begriffstheoretische Eingrenzung

Das Wort Vertrauen ist als Wort seit dem 16. Jahrhundert bekannt (althoch-deutsch: „fertruen“; mittelhochdeutsch: „vertruwen“) und geht auf das gotische „trauan“ zurück. Das Wort „trauen“ gehört zu der Wortgruppe um „treu“ = „stark“, „fest“, „dick“ (vgl. Frevert 2003).

<sup>\*)</sup> Der vorliegende Text stellt eine gekürzte Fassung des Beitrags „Vertrauen in deutsch-arabischen Wirtschaftsbeziehungen“ dar, erschienen in Jammal 2008. Eine detaillierte Darstellung der Forschungsergebnisse findet sich in einem englischsprachigen Aufsatz, der sich zurzeit im Prozess der „peer reviewing“ der Zeitschrift „Journal of International Business Studies“ befindet.

Ein flüchtiger Blick auf die inzwischen zahlreichen Definitionen von Vertrauen zeigt, dass die zwei Begriffe Sich-verlassen-auf (so z.B. im Konzept der sozialen Lerntheorie der Persönlichkeit von Rotter (siehe Thomas 2004) und Anvertrauen implizit oder explizit häufig vorkommen (Baier 2001). Daher wird nachfolgend auf die arabischen Begriffe für Sichverlassen-auf, Vertrauen und Anvertrauen eingegangen.

Für das häufig in Definitionen auftauchende „Sich-verlassen-auf“ gibt es im Arabischen den Begriff „I’timad“. I’timad hat die Struktur: A verlässt sich darauf, dass B mit einem konkreten Sachverhalt C angemessen umgeht (vgl. Baier 2001). Beispiel: Person A verlässt sich darauf, dass Person B die Arbeit (C) termingerecht, sprich angemessen, erledigt.

Im Arabischen gibt es im engen Sinne zwei Begriffe, die mit dem deutschen Begriff „Vertrauen“ übersetzt werden:

1. Thiqa (das meist gebräuchliche Wort). Es bedeutet wie bei I’timad sich auf jemand verlassen und es hat die dreifache Struktur von I’timad, jedoch mit dem Unterschied, dass das Sich-verlassen-auf von Zuversicht begleitet ist. Wie im deutschen Begriff bedeutet Thiqa auch sich binden, fest machen, eine feste Basis geben. Als Verb besagt Thiqa Konsolidierung von Beziehungen und Herstellung fester Bindungen, so z.B. durch Gaben und Gegengaben, seien es materieller oder emotionaler Art.
2. „Tawakkul“ Die dem Verb zugrunde liegende Wurzel taucht 44mal im Koran auf und hat die Bedeutung von „sich überantworten“ (istaslama ilayhi), „sich stützen auf/abhängig sein von“ (i’tamada ‘alayhi) oder „einem anderen“ als „Wakil“ (Hüter, Beschützer) „vertrauen“ (waThiqa bihi). „Wakil“, ist derjenige, auf den sich „Tawakkul“ richtet. Im Koran geht es bei diesem Begriff stets um das Vertrauen des Menschen zu Gott. Im heutigen Sprachgebrauch ist Wakil auch derjenige, der eine Institution vertritt und mithin die Rechte und Pflichten derselben übernommen hat. So gibt es den Wakil Al wizara (Staatssekretär) oder den Firmen – Wakil (das ist z.B. der Peugeot-Agent).

Anvertrauen findet sich im arabischen Begriff „Amana“. „Amana“ ist eine Substantiv-Ableitung, sie hat ebenfalls die dreifache Struktur (A-B-C), bezieht sich jedoch primär auf den Umgang mit dem anvertrauten Gut (wadi’a) in dem Sinne, dass der andere das Gute in rechten Händen weiß. Das Wort „Amana“ kommt im Koran 6mal vor. Aber nur einmal bezieht sich „Amana“ auf die direkte Beziehung zwischen Gott und den Menschen (Sure 33/72). Amin ist derjenige, der mit ihm anvertrauten Gütern ehrlich bzw. aufrichtig umgeht. Dabei geht es nicht mehr um den Umgang mit einem bestimmten Gut, sondern um den Umgang mit anvertrauten Gütern schlechthin. Amana ist für die arabischen Ip maßgeblich Ehrlichkeit („honesty“) bzw. Aufrichtigkeit.

Nach Rosen ist Amin primär eine Persönlichkeitseigenschaft (vgl. Rosen 2000). Demzufolge ist Amin derjenige, der aufrichtig ist und diese Aufrichtigkeit im Umgang mit anvertrauten Gütern wird als Persönlichkeitseigenschaft gesehen.

Das mit Amana bzw. Aman verwandte Wort „Iman“ meint darüber hinaus Glaube an Gott und die Gemeinschaft der Gläubigen sind die Mu’uminin. Im weltlichen Kontext taucht das Wort Amin aber auch in den Begriffen Schatzmeister, Bürgermeister, Kämmerer etc. auf.

## Vertrauenssphären

Sowohl die deutschen als auch die arabischen Ip unterscheiden zwischen zwei Sphären des Vertrauens: Zum einen Vertrauen im privaten und zum anderen Vertrauen im geschäftlichen Kontext:

„There is a difference between ...business trust and private trust“.

Ein deutscher Ip in Katar unterscheidet ebenfalls zwischen den zwei Vertrauenssphären und kommt dabei auf das Verhältnis zwischen Vertrauen und Vertrautheit zu sprechen:

„Das ist eine geschäftliche Beziehung ... Inwieweit das mit Vertrauen zu tun hat, das weiß ich nicht, keine Ahnung. Sie können zu jemand, den Sie nicht kennen, nur sehr schlecht großes Vertrauen aufbauen“.

Die bei Luhmann (vgl. Luhmann 2000) zu findende Beziehung zwischen Vertrautheit und Vertrauen (wonach Vertrauen ein gewisses Maß an Vertrautheit voraussetzt), wird auffallend häufig bei den Ip in Dubai und Katar thematisiert. In diesen beiden Fällen sind die geschäftlichen Beziehungen überwiegend interorganisational geprägt und der geschäftliche Kontext ist von Undurchsichtigkeit und Heterogenität des hohen Anteils nicht einheimischer Arbeitskräfte gekennzeichnet. Hierbei spielt die hohe Fluktuationsrate der ausländischen Arbeitskräfte eine Rolle. Hinzu kommt eine Goldgräberstimmung, die den schnellen Profit zur Maxime erhebt. Letzteres beruht auf dem wirtschaftlichen Boom, so z.B. durch die immensen Renten aus dem Gasgeschäft in Katar.

## Erwartungen, Erwartungserwartungen und die autologische Perspektive

Generell kann festgestellt werden, dass der Aufbau von „initial Trust“ (vgl. McKnight 1996) bei den arabischen Ip durch positive stereotypische Erwartungen („deutsche“ Eigenschaften) begünstigt wird. Die positiven Zuschreibungen der arabischen Ip beziehen sich auf Verlässlichkeit, Kompetenz, hohe Produktqualität, Pünktlichkeit etc. Auf die Frage, was die Deutschen von ihnen erwarten würden, antworten die arabischen Ip überwiegend mit:

„Respect of deadlines, punctuality and reliability“.

„Doing my business properly. Giving back the information, carrying the right information back to them, be honest and give respect“.

Zu den Erwartungserwartungen der arabischen Ip: Es wird wohl von einem eher negativ gefärbten Bild der deutschen Ip ausgegangen und es lassen sich zwei Reaktionsmuster darauf in den Interviews identifizieren: Kritik und Selbstkritik.

Zur Kritik: Wie den nachfolgenden Aussagen zu entnehmen ist, bemängeln einige arabische Ip – vor allem in Dubai – bei den Deutschen eine Übertreibung in der Geradlinigkeit, Ernsthaftigkeit und in der Überzeugung von der Richtigkeit eigener Konzepte, Methoden etc..

„They [the Germans] are very serious business oriented people, they want to get things done, they want exactly what you are supposed to give them and they expect themselves to give you the same. But they are very active“.

„It is known about German people that - being straight, sometimes in the business they are being over- straight, if you want ... They rather have it done this way. They are not very much human, have not very much of humor, they don't really joke about things and sometimes I mean, they are over-serious if you want“.

Zur Selbstkritik: Andere arabische Ip versuchen, angenommene stereotypische Vorstellungen der deutschen Ip von ihnen zu korrigieren. Dieser Reaktionstypus lässt sich z.B. am Begriff „Inshallah“ (= so Gott will) verdeutlichen: Einige arabische Ip gehen davon aus, dass die deutschen Ip das Konzept nicht gerade schätzen und inkorporieren diese Beurteilung in einer Selbstkritik:

„These German managers we have in our trainings seem to be a little bit helpless about the expression “Inshallah” ... [The Germans] have for everything a deadline, even before you read it, you get the deadline and they say stick to the deadline. I mean in general, in all third world, that is why we are behind you. Because we don't respect time. This is one thing. Here we say “inshallah“.

Die deutschen Ip gehen von positiven Erwartungen der arabischen Ip aus, die sich mit den o.g. stereotypischen Vorstellungen der arabischen Ip von ihnen decken und sie sind der Ansicht, dass eine Erfüllung der Stereotypischen Erwartungen genau das ist, was die arabischen Ip von ihnen erwarten.

„Ich kann hier keinen arabischen Vertreter hinschicken. Die Erwartungshaltung ist einfach anders. Ich glaube, das hängt aber auch mit unserem Kundenkreis zusammen, weil die erwarten halt eine gewisse Qualität, die wir bringen. Und assoziieren damit, dass dann auch ein Deutscher hier sein muss, oder sollte. Sagen wir es mal so“.

„Sie erwarten sicherlich Pünktlichkeit. Pünktlichkeit ist ganz wichtig. Ja, und dann natürlich Kompetenz, und dass wir gut organisieren können, das hat man ja bei der WM gesehen“.

„Aber von den Deutschen wird so was aber eben auch erwartet, gute Qualität und dass sie zu ihrem Wort stehen und ja, das ist so das Hauptthema“.

„Eigentlich sollten die Deutschen mehr deutsch sein, also das was man von ihnen erwartet, also nicht immer versuchen, sich zu verbiegen für den anderen und sie sollten deutsch sein für das wofür wir Deutsche im Ausland stehen, ob gerechtfertigt oder nicht“.

Den deutschen Ip sind dabei die Schwierigkeiten bewusst, die damit verbunden sind. M.a.W.: Wird die Erwartungserwartung bei den deutschen Ip reflektiert, so zeigt sich darin ein Problem für sie:

„Sie erwarten, ... dass wir uns sehr deutsch verhalten, auf der einen Seite. Andererseits auch aber diese kulturellen Unterschiede verstehen. Also man ist immer so auch... zum schmalen Pfad zwischen Verständnis für die Kultur, andererseits aber auch unsere tradierten Formen weiterzugeben. Was Pünktlichkeit angeht, Struktur und... aber auch Zuverlässigkeit. Auch, das zu liefern, was wir versprechen. Und das sind Tugenden, die man uns zuschreibt, ja, und sie dann auch erwarten“.

Eine Selbstkritik ist bei den deutschen Ip allerdings nicht festzustellen.

Zum Zusammenhang der Erwartungen mit Vertrauen heißt es:

„Vertrauen kommt von dem, was ich leiste, was die von uns erwarten ... und wenn ich in dieses Schema passe, dann hab ich gute Karten ... dass wir typisch deutsch sind, das ist gut“.

### Vertrauen: Annäherung an eine Typologie

Der meist gebrauchte arabische Vertrauensbegriff in den Interviews mit den arabischen Ip ist Thiqa, gefolgt von Amana, wenn es um Ehrlichkeit bzw. Aufrichtigkeit im Umgang mit anvertrauten Gütern geht. In den Erläuterungen der arabischen Ip taucht immer wieder der Begriff I'timad auf. Der Begriff Tawakul kommt so gut wie gar nicht vor.

I'timad wird von den arabischen Ip zum einen verwendet, wenn von „initial trust“ (vgl. McKnight 1996) bzw. wenn von den Anfängen einer Vertrauensbeziehung die Rede ist. Zum anderen wird I'timad im Sinne von Verlässlichkeit verstanden, teilweise aber auch von Thiqa unterschieden:

„If you rely on a person, it means that you have something to do and you ask him to do these things. They work and they do it. I can say this person is reliable. But to trust a person is different“.

Amana bezeichnet für die arabischen Ip eher solides und persönliches Anvertrauen im Sinne von Ehrlichkeit bzw. Aufrichtigkeit des anderen. Dabei gilt die Amana-Zuschreibung (dass jemand Amin - ehrlich - ist) als Ideal oder Prototyp die Amana innerhalb des engen Freundeskreises oder innerhalb des engen Familienkreises:

„No, Amana is different [than Thiqa], that's honesty... if you are honest then there is trust. It is the same word as well when it comes to private trust. You trust your brother, you trust your father, your friend“.

Es lassen sich drei Vertrauentypen aus den Interviews wie folgt beschreiben:

#### Typ 1 von Thiqa: Schiere Verlässlichkeit

Vertrauen (Thiqa) ist hier eigentlich I'timad (Verlässlichkeit) durch dosierte und gelungene direkte Reziprozität (ein wohl überlegtes Verhalten des „give and take“). Voraus- und Begleit-Kontrolle sind

wichtig und eigentlich handelt es sich dabei um „controlled exposure“: Man fängt in kleinen Schritten der Reziprozität in eingegrenzten Bereichen an. Dieser Vertrauentypus ist eng mit Kontrolle verflochten, wobei diese abnehmen kann, je mehr die Reziprozität gelingt und die Vertraulichkeit wächst. Vor allem bei interorganisationalen Beziehungen handelt es sich bei der Kontrolle um Voraus-Kontrolle. Es wird strikt zwischen der privaten und der Geschäftssphäre getrennt. Vertrauen, das über Verlässlichkeit hinaus geht, wird für das geschäftliche Miteinander nicht gewünscht.

Der Prototyp für Vertrauen im Geschäftskontext ist hier die schiere Verlässlichkeit im Geschäftskontext.

Kommt es im Laufe der Zusammenarbeit nicht zur erwarteten Verlässlichkeit, so werden die Erwartungen enttäuscht. Auch darüber berichten arabische und deutsche Ip. Typus 1 findet sich bei den deutschen Ip in allen vier Ländern. Bei den arabischen Ip ist er ebenfalls zu finden.

### **Typ 2 von Thiqā: Vertrauen ist Verlässlichkeit, Amana und ein Vertrauensgefühl - Freundschaft**

Thiqā ist zwar auch hier l'itimād durch gelungene Reziprozität, jedoch wird darüber hinaus eine Amana-Zuschreibung und ein Gefühl erwartet und angestrebt, welches die Beziehung zu einer Vertrauensbeziehung werden lässt. Dafür dient das Vertrauen zwischen Freunden als Prototyp. Begleit-Kontrolle ist zwar ebenfalls wichtig, jedoch wird die Kontrolle mit der Zeit nicht nur durch gelungene Reziprozität, sondern durch die Herstellung von Beziehungen abgebaut. Die eigene Verletzbarkeit wird somit weitgehend in Kauf genommen (vgl. Möllering in Jammal 2008). Das Leitbild besteht darin, dass auf beiden Seiten eine Amana-Zuschreibung und ein Vertrauensgefühl entstehen. Im Unterschied zum ersten Typus richtet sich der Vertrauensaufbau auch auf die Herstellung von Beziehungen. Vertrauen ist hier also Verlässlichkeit mit Zuversicht auf eine Amana-Zuschreibung und auf ein Gefühl, ähnlich dem Gefühl zwischen Freunden. Gelingt die Reziprozität und stellen sich die Amana-Zuschreibung und ein entsprechendes Gefühl ein, dann ist der Geschäftspartner ein Freund. Es kommt also zu einer Übertretung von der Geschäftssphäre in die Privatsphäre.

Viele Aussagen der arabischen Ip legen die Vermutung nahe, dass eine Enttäuschung der Erwartungen nicht nur durch misslungene Reziprozität oder durch andere handlungsbezogene Gründe zustande kommen kann, sondern auch durch eine Übertragung eines idealisierten Prototyps von Vertrauen unter Freunden auf die Geschäftssphäre. In solchen Fällen misslingt die Vermittlung zwischen Erwartung und „Realität“ weil der Prototyp überzogen, bzw. der Geschäftssphäre unangemessen ist.

Typus 2 taucht nicht nur bei den arabischen Ip sondern auch bei den deutschen Ip auf. Bei den deutschen Ip scheint er dann aufzutauchen wenn die Auslandsmitarbeiter fehlende private soziale Kontakte durch soziale Kontakte im geschäftlichen Bereich auszugleichen versuchen.

### **Typ 3 von Thiqā: Echtes Vertrauen und unechtes Vertrauen**

Dieser Typ ist auf den ersten Blick kaum vom zweiten Typ zu unterscheiden. Auch hier wird Verlässlichkeit angestrebt und ein Vertrauensgefühl sowie eine Amana-Zuschreibung erwartet und gewünscht. Im Ergebnis scheint es jedoch beim Typ 3

durchweg auf das Ergebnis enttäuschter Erwartungen hinauszulaufen. Diese Enttäuschung führt wohl dazu, dass zwischen echtem und unechtem Vertrauen unterschieden wird. Vertrauen in der Geschäftssphäre ist unechtes, Vertrauen innerhalb der engen Familie ist echtes Vertrauen. Abgesehen von der Enttäuschung ist unechtes Vertrauen die schiere Verlässlichkeit. Der Grund für das Scheitern scheint der Prototyp zu sein, der in der Amana-Zuschreibung und im Vertrauensgefühl besteht. Der Prototyp entstammt nämlich der engen Familie. Ein aktiver Vertrauensaufbau scheitert an der Unerreichbarkeit des Prototyps. Es liegt auf der Hand, dass der arabische Geschäftsmann zum deutschen Geschäftspartner kein Vertrauensgefühl und keine Amana-Zuschreibung entwickeln kann, welches dem halbwegs nahe kommt, was durch die Blutsverwandtschaft gegeben ist. „Echtes“ Vertrauen bleibt dann der Familiensphäre vorbehalten, so denn es so tatsächlich existiert.

Typ 3 taucht am häufigsten bei den arabischen Ip, aber nicht bei den deutschen Ip auf.

### **Fazit**

Die vorläufigen Ergebnisse haben gezeigt, dass es zu einem Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen den Vertrauenskonzepten der deutschen und arabischen Ip gibt. Zum anderen ist klar erkennbar, dass Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen den arabischen Ip bzw. zwischen den vier Ländern bestehen.

Wenn von interkulturellen Unterschieden in Bezug auf Vertrauen die Rede sein soll, dann bestehen sie nach dem derzeitigen Stand der Ergebnisse a) in dem Stellenwert des Respekts für den Vertrauensaufbau, b) in der Bildung von Prototypen bzw. in der Idealisierung von Erwartungen an eine vertrauenswürdige Person und c) in der Vermischung der privaten Sphäre (vor allem der engen Familie) und der Geschäftssphäre. Dies gilt jedoch nicht für alle vier Länder in gleichem Maße.

Ein Problem des Themas „Vertrauen im interkulturellen Kontext“ ist, dass es zumindest auf den ersten Blick lediglich Differenzen suggeriert. Die hier vorgestellten Ergebnisse zeigen jedoch eindeutig auf, dass es nicht nur Differenzen, sondern auch Gemeinsamkeiten gibt. Zu meinen, es gebe so etwas wie interkulturelles Vertrauen, das sich grundsätzlich und immer vom Vertrauen im nationalen Kontext unterscheidet, ist so nicht haltbar.

Um Missverständnisse zu vermeiden: Hier geht es keineswegs darum, Unterschiede im Verhalten von Menschen unterschiedlicher Nationalitäten etc. zu nivellieren oder den Kulturbegriff ad acta zu legen. Dass es offensichtliche Unterschiede im Verhalten, in der Sprache und Sprachverwendung, in der Gestik etc. geben kann, wird hier keineswegs bestritten. Es wird vielmehr darauf aufmerksam gemacht, dass die Erklärung von Unterschieden durch das Konstrukt Kultur zuweilen mehr verdunkeln als es erhellen kann. Man müsste eigentlich immer sagen, was man mit „Kultur“ meint und das ist bekanntlich äußerst schwierig. Bezieht man sich dabei auf einen Kern genannte „kulturelle Werte“, so werden „handfeste“ Faktoren aus dem Blickwinkel ausgeblendet. Allzu oft nämlich werden Unterschiede auf „Kul-



tur“ zurückgeführt, die, bei Lichte besehen, durch wirtschaftliche und soziale Faktoren ein Stück weit plausibel gemacht werden können. Das Verstehen des Phänomens Vertrauen im interkulturellen Kontext setzt somit nicht nur Kenntnisse von und Erfahrungen in Gesellschaften, nicht nur der Traditionen und Gebräuche, sondern auch der Sozialisationsmilieus, der Politik, der Machtkonstellationen, der Wirtschaft etc. voraus.

Und schließlich: Das Konstrukt „kulturelle Werte“ wird zuweilen statisch verstanden. Wer heute Dubai, Kairo, Beirut, Tunis, und andere Städte des Nahen und Mittleren Ostens bereist, der findet interessante neue Konfigurationen, die so nicht immer da waren. Dies gilt es zu sehen, zu verstehen und nicht ständig Grenzen zum anderen zu markieren und eine Vertrautheit zu konstruieren, die bestenfalls auf „sophisticated stereotypes“ (vgl. Osland & Bird 2000) beruht.

## Literatur

- Baier, Annette (2001): Vertrauen und seine Grenzen. In Hartmann, M., Offe, C. (Hg.). *Vertrauen. Die Grundlage des sozialen Zusammenhalts*. Frankfurt a.M.: Campus Verlag, 37-84
- Branzei, Oana/ Vertinsky, Ilan / Camp, Ronald D. II (2007): Culture-contingent signs of trust in emergent relationships. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 104, 61-82
- Child, John, Möllering, Guido (2003): Contextual Confidence and Active Trust Development in the Chinese Business Environment. In: *Organization Science* 14(1): 69-80
- Endres, Martin (2002): *Vertrauen*. Bielefeld: Transcript
- Frevert, Ute (2003): *Vertrauen. Historische Annäherungen*. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht
- Glaser, Barney G./ Strauss, Anselm L. (2005): *Grounded Theory. Strategien qualitativer Forschung*. Bern: Huber
- Hartmann, Martin, Offe, Claus (Hg.) (2001): *Vertrauen. Die Grundlage des sozialen Zusammenhalts*. Frankfurt a.M.: Campus Verlag
- Jammal, Elias (Hrsg.) (2008): *Vertrauen im interkulturellen Kontext*. Wiesbaden: VS Verlag
- Jammal, Elias & Schwegler, Ulrike (2007): *Interkulturelle Kompetenz. Interkulturelle Kompetenz im Umgang mit arabischen Geschäftspartnern. Ein Trainingsprogramm*. Bielefeld: Transcript Verlag
- Jammal, Elias (2003): *Kulturelle Befangenheit und Anpassung. Deutsche Auslandsentsandte in arabisch-islamischen Ländern*. Wiesbaden: DUV
- Kramer, Roderick M./ Tyler, Tom R. (Hrsg.) (1996): *Trust in organizations. Frontiers of theory and research*. Thousand Oaks: Sage
- Kelle, Udo (2005): "Emergence" vs. "Forcing"? Ein grundlegendes Problem der Methodologie der "Grounded Theory" – neu überdacht. *FQS* 6(2)
- Lamnek, Siegfried (2005): *Qualitative Sozialforschung*, 4., vollständig überarbeitete Auflage. Weinheim, Basel: Beltz Verlag
- Luhmann, Niklas (2000): *Vertrauen. Ein Mechanismus der Reduktion sozialer Komplexität* (4. Aufl.). Stuttgart: Lucius & Lucius
- Mayer, Roger C., Davis, James H. & Schoorman, F. David (1995): An integrative model of organizational trust. *Academy of Management Review*, Vol. 20 (3), 709-734
- McKnight, D. Harrison & Chervany, Norman L. (1998): Initial trust formation in new organizational relationships. *Academy of Management Review*, Vol. 23 (3), 473-490
- Möllering, Guido (2001): The nature of trust: From Georg Simmel to a theory of expectation, interpretation and suspension. *Sociology*, Vol. 35 (2), 403-420
- Möllering, Guido, Stache, Florian (2007): German-Ukrainian business relationships. Trust development in the face of institutional uncertainty and cultural differences. MPIfG Discussion Paper 07/11. Köln: Max-Planck-Institut für Gesellschaftsforschung
- Möllering, Guido (2006): *Trust: Reason, Routine, Reflexivity*. Amsterdam: Elsevier
- Müller-Jacquier, Bernd (2000): Linguistic awareness of cultures. Grundlagen eines Trainingsmoduls. In Bolten, J. *Studien zur interkulturellen Unternehmenskommunikation*. Leipzig: Popp, 20-49
- Osland, Joyce S & Bird, Allan (2000): Beyond sophisticated stereotyping: Cultural sensemaking. In *Academy of Management Executive*. February 2000, Vol. 14, Issue 1
- Rosen, Laurence (2000): *the Justice of Islam*. New York: Oxford University Press
- Schweer, Martin, Thies, Barbara (2003): *Vertrauen als Organisationsprinzip. Perspektiven für komplexe Systeme*. Bern: Huber
- Thijje, J.D. ten (2002): Stufen des Verstehens in der Analyse interkultureller Kommunikation. In: H. Kotthoff, (Hg.) *Kultur(en) im Gespräch. Studien zur Fremdheit und Interaktion*. Tübingen: Narr, 57-97
- Stegbauer, Christian (2002): *Reziprozität. Einführung in soziale Formen der Gegenseitigkeit*. Wiesbaden: Westdeutscher Verlag
- Strauss, Anselm, Corbin, Juliet (1994): Grounded theory methodology. An Overview. In Denzin, N. K., Lincoln, Y. S. (Hrsg.). *Handbook of qualitative research*. Thousand Oaks: Sage Publications, 273-285
- Strübing, Jürgen (2004): *Grounded Theory. Zur sozialtheoretischen und epistemologischen Fundierung des Verfahrens der empirisch begründeten Theoriebildung*. Wiesbaden: VS Verlag.

## Inserentenverzeichnis

Schenker Deutschland AG.....	Umschlagseite 2
Siemens AG.....	6
Robert Bosch GmbH.....	11
ebm-papst Mulfingen GmbH & Co. KG.....	21
KACO GmbH + Co. KG Dichtungswerke.....	22
Bertrandt Ingenieurbüro GmbH.....	22
B&R Industrie-Elektronik GmbH.....	35
Gerhard Heiche GmbH.....	35
Germann Kunststofftechnik GmbH.....	35
GEMÜ Gebr. Müller Apparatebau GmbH & Co. KG.....	36
Brüggemann Chemical KG.....	36
Hopfengärtner Elektro – Systemtechnik GmbH.....	59
Armaturenfabrik Franz Schneider GmbH & Co. KG.....	59
Lutz Holding GmbH.....	60
EnBW Energie Baden-Württemberg AG.....	60
E.G.O. Elektro-Gerätebau GmbH.....	60
W. Gessmann GmbH.....	Umschlagseite 3
MANN+HUMMEL GMBH.....	Umschlagseite 4



# – Erfrischend anders!

Laden Sie Ihre Bürger und Besucher auf eine **virtuelle Reise** durch Ihre Kommune ein. cityinfoclip **bewegt** keine Bilder, cityinfoclip bewegt **die Sinne** und stellt die lebens- und liebenswerten Seiten Ihrer Stadt oder Gemeinde dar.

**cityinfoclip – macht neugierig!**

Wir haben Sie neugierig gemacht? cityinfoclips finden Sie auf der Internetseite von [www.cityinfoclip.de](http://www.cityinfoclip.de)



# Der Commander

## Fahrgeber für Luxusliner und Containerschiffe

Mit Entwicklungsunterstützung der Hochschule Heilbronn



- Ansprechendes und ergonomisches Design
- Spielfreies Feingetriebe
- Geräuschlose Schrittmotorensteuerung
- Redundante Sensorik mit CAN-Open-Bussystem
- Master-Slave-Betrieb
- Über Software kommunizieren mehrere Commander untereinander
- Automatisches Dimmsystem für Skalen-Beleuchtung

Wir bieten interessante Positionen für  
Dipl. Ingenieure (FH), Diplomarbeiten und  
Praktikplätze in den Fachrichtungen  
Maschinenbau, Mechatronik und Elektronik.

Ein Synonym für  
Präzision, Kompetenz und Innovation



**GESSMANN**

Industrieschaltgeräte

# Karriere-Aussichten bei MANN+HUMMEL



Das Streben, Dinge zu erneuern und sie ständig zu optimieren, gehört zu den wichtigsten Triebkräften der Forschung und Entwicklung.

Durch ständige Innovationen und Verbesserungen baut MANN+HUMMEL seine Stellung am Markt kontinuierlich aus. Hinter dieser Erfolgsmaxime steht eine einfache und klare Vision:

**Global Leadership with Filtration in Liquid and Air Systems.**

**Möchten Sie daran mitarbeiten?**

Neben zahlreichen Praktika und Diplomarbeiten für Studenten bieten wir Einsteigern und Profis spannende Herausforderungen, zum Beispiel für:

- **Entwicklungsverantwortliche**
- **Konstruktionsingenieure**
- **Fertigungsplaner**
- **Vertriebsprojektleiter**
- **Patentingenieure (m/w)**

Sie studieren oder haben ein abgeschlossenes Studium der Fachrichtung Maschinenbau, Verfahrenstechnik, Chemieingenieurwesen, Elektrotechnik oder einer ähnlichen Ausrichtung. Technisch anspruchsvolle Produkte begeistern Sie! Sie haben den Mut, auch mal neue Wege zu beschreiten und sind mit ihren guten Englischkenntnissen (gerne auch einer weiteren Fremdsprache) offen für Entwicklungsmöglichkeiten an einem unserer internationalen Standorte?

Sozialleistungen eines Großunternehmens, viel kreativer Freiraum und jede Menge interessante Aufgaben erwarten Sie. Ihre berufliche Entwicklung unterstützen wir durch qualifizierte Weiterbildung!

**Wir freuen uns auf Ihre Bewerbung:**

MANN+HUMMEL GMBH, Zentralrecruiting, Grönerstr. 50, 71636 Ludwigsburg  
E-Mail: [karriere@mann-hummel.com](mailto:karriere@mann-hummel.com), Telefon: +49 7141 98-3684

**MANN+HUMMEL ist mit rund 10.500 Mitarbeitern weltweit innovativer Partner der Automobilindustrie und anerkanntes Unternehmen im Industriefilterbau und in der Verfahrenstechnik für die Kunststoffindustrie.**

